

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

С.Н. Букин, Е.С. Денисова

ГЕОДЕЗИЯ

Учебно-методическое пособие
к лабораторным работам
по направлению подготовки 21.03.02
«Землеустройство и кадастры»
(2 семестр)

Пенза 2016

УДК 528.4(075.8)

ББК 26.12.Я73

Б90

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – доктор экономических наук, профессор кафедры «Землеустройство и геодезия» Т.И. Хаметов (ПГУАС)

Букин С.Н.

Б90 Геодезия: учеб.-метод. пособие к лабораторным работам по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» (2 семестр) / С.Н. Букин, Е.С. Денисова. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 104 с.

Рассмотрены теоретические аспекты, задания и контрольные вопросы для выполнения лабораторных работ.

Подготовлено на кафедре «Землеустройство и геодезия» и предназначено для использования студентами, обучающимися по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Геодезия» во 2 семестре.

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016

© Букин С.Н., Денисова Е.С., 2016

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с рабочей программой подготовки бакалавра по направлению 21.03.02 «Землеустройство и кадастры». Целью дисциплины «Геодезия» заключается в формировании у студента четкого представления о средствах и методах геодезических работ при топографо-геодезических изысканиях, создании и корректировке топографических планов, для решения инженерных задач при землеустройстве и кадастровых работах в производственно-технологической, проектно изыскательской, организационно-управленческой и научно-исследовательской деятельности.

Лабораторные работы, проводимые во втором семестре, также как и в первом семестре обеспечивают формирование базового уровня компетенций, но в большей степени направлены на формирование профессиональных компетенций.

– способностью к самоорганизации и самообразованию;
– способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования»;

– способностью использовать знание современных технологий топографо-геодезических работ при проведении инвентаризации и межевания, землеустроительных и кадастровых работ, методов обработки результатов геодезических измерений, перенесения проектов землеустройства в натуру и определения площадей земельных участков.

После защиты зачета по дисциплине «Геодезия» студент должен:

знать: системы координат, системы построения опорных геодезических сетей; методы проведения геодезических измерений, оценку их точности, сведения из теории погрешностей; основы геометрии и математического анализа; формулы преобразования тригонометрических функций; виды и способы геодезических съемок, устройство и применение геодезических приборов, современные геодезические приборы, способы и методы выполнения измерений с ними, поверки и юстировки приборов и методику их исследования; методы и средства составления топографических карт и планов, использование карт и планов и другой геодезической информации при решении инженерных задач в строительстве; порядок ведения, правила и требования, предъявляемые к качеству и оформлению результатов полевых измерений, материалов, документации и отчетности, систему топографических условных знаков;

уметь: пользоваться геодезическими приборами, производить измерения на практических занятиях и в процессе проведения геодезических съемок, а так же при решении инженерно-геодезических задач; выполнять

топографо-геодезические работы и обеспечивать необходимую точность геодезических измерений, анализировать полевую топографо-геодезическую информацию; сопоставлять практические и расчетные результаты, оценивать точность результатов геодезических измерений, уравнивать геодезические построения типовых видов; использовать пакеты прикладных программ, проводить необходимые расчеты на ЭВМ;

владеть: навыками выполнения угловых, линейных, высотных измерений для выполнения геодезических съемок; технологиями в области геодезии на уровне самостоятельного решения практических вопросов специальности, творческого применения этих знаний при решении конкретных задач, методами проведения топографо-геодезических работ и навыками использования современных приборов, оборудования и технологий; методикой оформления планов с использованием современных компьютерных технологий;

иметь представление: о строении и свойствах земной поверхности; о способах применения геодезических приборов на строительной площадке; о теории погрешностей, о влиянии кривизны земли на точность геодезических измерений; о требованиях, предъявляемых к качеству геодезических работ на различных этапах строительства.

Всего на проведение лабораторных работ во втором семестре отводится 30 часов. Все лабораторные работы связаны между собой и дополняют друг друга, что позволяет студентам закрепить теоретические знания, полученные на лекционных занятиях.

Лабораторная работа №1

СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА УЧАСТКА. РАСЧЕТ КООРДИНАТНОЙ ВЕДОМОСТИ

Получение контурного плана местности с помощью теодолита и мерной ленты (или дальномера) называется теодолитной съемкой. При теодолитной съемке рельеф не изображается. Съемка ведется по принципу от общего к частному, т.е. на местности выбираются и закрепляются опорные точки, определяются их координаты, а с них ведется съемка подробностей. Совокупность таких точек называется съемочной сетью, которая строится в виде теодолитных ходов, представляющих с собой систему ломаных линий, в которых углы измеряются теодолитом, а стороны мерной лентой или дальномером.

Исходные данные

При съемке участка местности был проложен замкнутый теодолитный ход. Точка ПП1 теодолитного хода, является точкой опорной геодезической сети с известными координатами. Пятиугольный теодолитный ход (полигон) проложен по часовой стрелке (рис.1). В нем измерены длины всех сторон D и правые по ходу внутренние углы β . Определены горизонтальные проложения сторон хода d . Средние значения измеренных внутренних углов хода и горизонтальные проложения его сторон приведены в табл. 1.

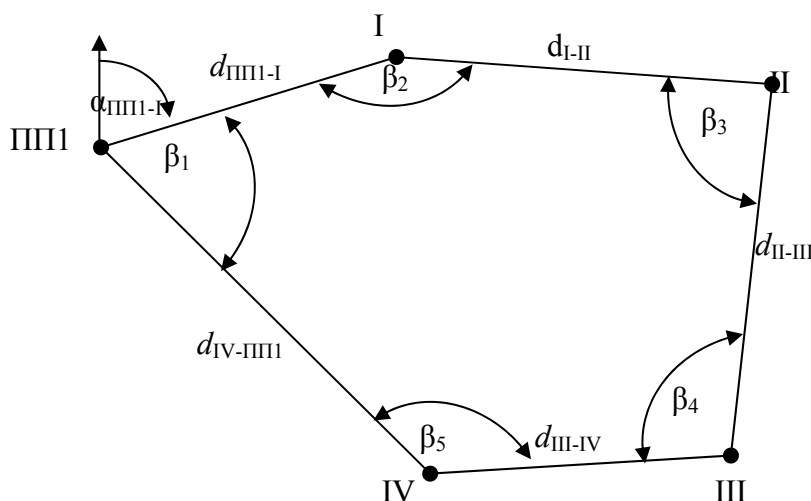


Рис. 1. Схема теодолитного хода

Если угол наклона меньше или равен 2° , то поправка за наклон не вносится и $D = d$. Поэтому в табл. 1 измеренные длины сторон равны горизонтальным проложениям.

Исходными данными, для обработки измерений, по замкнутому теодолитному ходу являются:

- а) дирекционный угол $\alpha_{\text{ПП1-I}}$ стороны ПП1-I (Рис 1)
- б) внутренние горизонтальные углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$
- в) горизонтальные проложения сторон $d_{\text{ПП1-I}}, d_{\text{I-II}}, d_{\text{II-III}}, d_{\text{III-IV}}, d_{\text{IV-ПП1}}$
- г) координаты исходной точки I.

Т а б л и ц а 1

Номера точек	Измеренные углы (правые)	Наименование сторон	Измеренные длины сторон $D, \text{ м}$	Горизонтальные проложения $d, \text{ м}$
ПП1	$\beta_1 = 71^\circ 34.5'$			
		ПП1- I	144,22	144,22
I	$\beta_2 = 149^\circ 20.5'$			
		I-II	190,26	190,26
II	$\beta_3 = 90^\circ 10.5'$			
		II-III	180,28	180,28
III	$\beta_4 = 106^\circ 28.5'$			
		III-IV	148,64	148,64
IV	$\beta_5 = 122^\circ 28'$			
		IV-ПП1	228,04	228,04

Исходный дирекционный угол $\alpha_{\text{ПП1-I}}$ студенты вычисляют по формуле, заданной преподавателем, согласно порядковому номеру в списке группы. Например: номер студента в списке группы 22, тогда

$$\alpha_{\text{ПП1-I}} = 5 \cdot N + 36^\circ 18' = 110^\circ + 36^\circ 18' = 146^\circ 18'.$$

Координаты точки I студенты вычисляют по формуле:

$$X_I = 700 + N.N; Y_I = 800 + N.N,$$

где N – порядковый номер в списке группы.

$$X_I = 700 + 22,22 = 722,22,$$

$$Y_I = 800 + 22,22 = 822,22.$$

Определение правильности измерения внутренних углов теодолитного хода (полигона)

Расчет координатной ведомости начинается с определения суммы внутренних углов теодолитного хода. Предварительно в теодолитную ведомость вносятся номера вершин теодолитного хода и значения внутренних углов, которые выписываются из табл. 1.

Вычисляем сумму внутренних углов:

$$\Sigma\beta_{\text{пол}} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 = 540^\circ 02'.$$

Определяем теоретическую сумму углов четырехугольного теодолитного хода (полигона) по формуле:

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (n - 2) = 180^\circ(5-2) = 540^\circ,$$

где n – количество углов полигона.

Определяем разность между полученной и теоретической суммами углов.

$$f\beta_{\text{пол}} = \Sigma\beta_{\text{пол}} - \Sigma\beta_{\text{теор}} = 540^\circ 02' - 540^\circ = 2'.$$

Полученная разность является угловой невязкой теодолитного хода.

Для того, чтобы определить правильность измерения углов теодолитного хода, необходимо определить допустимую угловую невязку теодолитного хода по формуле:

$$f\beta_{\text{доп}} = \pm 1' \sqrt{n} = 1' \sqrt{5} = 2,24'.$$

где n – число углов полигона.

Если полученная невязка меньше или равна допустимой невязке, то измерения признаются правильными.

$$f\beta_{\text{пол}} = 2' \leq f\beta_{\text{доп}} = 2,24'.$$

Следовательно, измерения углов полигона произведены правильно. Полученная невязка $f\beta_{\text{пол}}$ разбрасывается равномерно на все углы с обратным знаком. Для удобства расчетов вносим поправки только в те углы, где имеются доли минуты. Вычисляем исправленные углы. Сумма исправленных углов должна быть равна $\Sigma\beta_{\text{теор}}$. Вносим все полученные данные в табл. 2.

Вычисление дирекционных углов и румбов

Понятие дирекционных углов и румбов подробно рассмотрены в лабораторной работе №5 (1 семестр). Определяем дирекционные углы всех сторон теодолитного хода по формулам:

для правых углов:

$$\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} + 180^\circ - \beta_{\text{п}};$$

для левых углов:

$$\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} - 180^\circ + \beta_{\text{л}},$$

где $\alpha_{\text{пред}}$ – дирекционный угол первоначального направления; $\alpha_{\text{посл}}$ – дирекционный угол последующего направления; $\beta_{\text{п}}$ – правый внутренний угол, образованный этими направлениями; $\beta_{\text{л}}$ – левый внутренний угол, образованный двумя направлениями.

В нашем задании все внутренние углы правые, поэтому расчет дирекционных углов производится по первой формуле.

Например:

$$\alpha_{III-I} = 146^{\circ}18',$$

$$\alpha_{I-II} = 146^{\circ}18' + 180^{\circ} - 149^{\circ}20' = 176^{\circ}58',$$

$$\alpha_{II-III} = 176^{\circ}58' + 180^{\circ} - 90^{\circ}10' = 266^{\circ}48',$$

$$\alpha_{III-IV} = 266^{\circ}48' + 180^{\circ} - 106^{\circ}28' = 340^{\circ}20',$$

$\alpha_{IV-III} = 340^{\circ}20' + 180^{\circ} - 122^{\circ}28' = 398^{\circ}52' - 360^{\circ} = 37^{\circ}52'$, если полученный дирекционный угол больше 360° , то из него вычитаем 360° ,

$$\alpha_{III-I} = 37^{\circ}52' + 180^{\circ} - 71^{\circ}34' = 146^{\circ}18'.$$

Если значение полученного дирекционного угла α_{III-I} равно исходному значению, то расчет выполнен верно. Вносим значения дирекционных углов в координатную ведомость. Определяем румбы всех направлений и вносим их значения в координатную ведомость (табл. 2).

Вычисление приращений координат

Для определения приращений координат вершин теодолитного хода, решаем прямые геодезические задачи. Решение прямых геодезических задач подробно рассмотрено лабораторной работе №6 (1 семестр).

Решая прямые геодезические задачи, находим приращения координат всех сторон теодолитного хода, например:

$$\Delta X_{III-I} = \cos 146^{\circ}18' \cdot 144,22 \text{ м} = 0,832 \cdot 144,22 = -119,98 \text{ м},$$

$$\Delta Y_{III-I} = \sin 146^{\circ}18' \cdot 144,22 = -0,555 \cdot 144,22 = 80,02 \text{ м}.$$

Значения приращений координат округляем до сотых долей. Аналогичным образом определяем приращения координат других направлений и вносим эти значения в координатную ведомость (табл. 2).

Определяем суммы положительных и отрицательных приращений координат ΔX и ΔY . Например:

$$\Sigma -\Delta X = (-119,98) + (-189,99) + (-10,06) = -320,03,$$

$$\Sigma +\Delta X = 139,97 + 180,02 = 319,99,$$

$$\Sigma -\Delta Y = (-179,99) + (-50,06) = -230,01,$$

$$\Sigma +\Delta Y = 80,02 + 10,07 + 139,98 = 230,07.$$

Вносим эти данные в координатную ведомость (табл. 2).

Оценка точности проведенных измерений

Определяем периметр хода, как сумму горизонтальных проложений

$$P = \Sigma d = 891,44 \text{ м}.$$

Определяем разницу между положительными и отрицательными суммами приращений координат.

$$f_x = \Sigma +\Delta X - \Sigma -\Delta X = 319,99 - 320,03 = -0,04,$$

$$f_y = \Sigma + \Delta Y - \Sigma - \Delta Y = 230,07 - 230,01 = 0,06.$$

Полученные разности являются невязками по осям X и Y .

Вносим эти данные в координатную ведомость (табл. 2).

Определяем абсолютную невязку теодолитного хода по формуле

$$f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,04^2 + 0,06^2} = 0,07.$$

Определяем относительную невязку хода по формуле

$$f_{\text{отн.}} = f_p / P = 0,07 / 891,44 = 0,000079.$$

Для удобства сравнения относительную невязку удобно представить в виде простой дроби, где в числителе стоит 1. Для этого во второй части формулы и числитель, и знаменатель делим на f_p .

$$1 / N_{\text{пол}} = (f_p : f_p) / (P : f_p) = (0,07:0,07) / 891,44 : 0,07 = 1 / 12735.$$

Для проверки правильности проведенных расчетов сравниваем полученную относительную невязку с допустимой невязкой. Допустимая относительная невязка для слабо расчлененного рельефа, характерного для нашего региона равна: $1 / N_{\text{доп}} = 1 / 2000$. Сравниваем полученную относительную невязку с допустимой невязкой:

$$1 / N_{\text{пол}} = 1 / 12735 < 1 / N_{\text{доп}} = 1 / 2000.$$

Если полученная относительная невязка меньше или равна допустимой невязке, то измерения и расчеты проведены правильно.

Вычисление поправок в приращения координат

После того как мы определили, что угловые и линейные измерения произведены правильно, в приращения координат следует внести поправки. Поправки в приращения координат вносятся пропорционально длине хода, с обратным знаком и рассчитываются по формулам:

$$\delta_x = \frac{f_x}{P} \cdot d; \delta_y = \frac{f_y}{P} \cdot d.$$

Например: определяем поправки в приращения координат по оси X :

$$\begin{aligned} \delta_{x1} &= (0,04/891,44) \cdot 144,22 = 0, \\ \delta_{x2} &= (0,04/891,44) \cdot 190,26 = 0,01, \\ \delta_{x3} &= (0,04/891,44) \cdot 180,28 = 0,01, \\ \delta_{x4} &= (0,04/891,44) \cdot 148,64 = 0,01, \\ \delta_{x5} &= (0,04/891,44) \cdot 228,04 = 0,01. \end{aligned}$$

Значения поправок округляются до сотых, но необходимо помнить, что сумма поправок должна быть равна невязке f_x с обратным знаком.

$$-0,04 = 0 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01.$$

Таблица 2

Ведомость вычисления координат точек теодолитного хода

№ точки	Измеренные углы β	Поправки в углы	Исправленные углы $\beta_{и}$	Дирекционные углы α	Румбы		Горизонтальные Проложения d	Вычисленные Приращения координат		Поправки в приращения координат		Исправленные приращения координат		Координаты точек				
					Наименование	Величина		$\pm\Delta X$	$\pm\Delta Y$	$\pm\delta_x$	$\pm\delta_y$	$\pm\Delta X_{уп}$	$\pm\Delta Y_{уп}$	X	Y			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
пп1	71°34.5'	-0.5'	71°34'											722,22	822,22			
				146°18'	ЮВ	33°42'	144,22	-119,98	80,02	0	-0,01	-119,98	80,01					
I	149°20.5'	-0.5'	149°20'											602,24	902,23			
				176°58'	ЮВ	3°02'	190,26	-189,99	10,07	0,01	-0,01	-189,98	10,06					
II	90°10.5'	-0.5'	90°10'											412,26	912,29			
				266°48'	ЮЗ	86°48'	180,28	-10,06	-179,99	0,01	-0,01	-10,05	-180,0					
III	106°28.5'	-0.5'	106°28'											402,21	732,29			
				340°20'	СЗ	19°40'	148,64	139,97	-50,02	0,01	-0,01	139,98	-50,03					
IV	122°28'		122°28'											542,19	682,26			
				37°52'	СВ	37°52'	228,04	180,02	139,98	0,01	-0,02	180,03	139,96					
														722,22	822,22			
				146°18'														
$\Sigma\beta_{пол.} = 540°02'$				$P = 891,44$			$\Sigma-320,03$	$\Sigma-230,01$				$\Sigma-320,01$	$\Sigma-230,03$					
$\Sigma\beta_{теор.} = 540°$				$fp = 0,07$			$\Sigma+319,99$	$\Sigma+230,07$				$\Sigma+320,011$	$\Sigma+230,03$					
$f\beta_{пол.} = 2'$				$f_{отн} = 0.000078$			$f_x = -0,04$	$f_y = +0,06$										
$f\beta_{доп.} = 2,24'$				$1/N_{пол.} = 1/12734 < 1/N_{доп.} = 1/2000$														

Аналогичным образом определяем поправки по оси Y .

Вычисляем исправленные (уравненные) приращения координат по формулам:

$$\Delta X_{I-II \text{ испр}} = \Delta X_{I-II} \pm \delta_{x2} = -189,99 + 0,01 = -189,98,$$

$$\Delta Y_{I-II \text{ испр}} = \Delta Y_{I-II} \pm \delta_{y2} = 10,07 - 0,01 = 10,06.$$

Аналогичным образом вычисляем другие исправленные приращения координат. Сумма отрицательных и положительных исправленных приращений координат должна быть равна 0. Вносим полученные данные в координатную ведомость (табл. 2).

Определение координат точек теодолитного хода

Например: порядковый номер студента равен 22, тогда координата X точки ПП1 равна:

$$X_{ПП1} = 700 + 22,22 = 722,22.$$

Координата Y точки ПП1 равна:

$$Y_{ПП1} = 800 + 22,22 = 822,22.$$

Координаты последующих точек находятся по формулам:

$$X_{\text{посл}} = X_{\text{пред}} + \Delta X_{\text{испр}},$$

$$Y_{\text{посл}} = Y_{\text{пред}} + \Delta Y_{\text{испр}},$$

где X и $Y_{\text{посл}}$ – координаты последующих точек; X и $Y_{\text{пред}}$ – координаты предыдущих точек; ΔX и ΔY – исправленные приращения координат линии, связывающей эти точки.

Например:

$$X_I = X_{ПП1} + \Delta X_{\text{испр}} = 722,22 - 119,98 = 602,24,$$

$$Y_I = Y_{ПП1} + \Delta Y_{\text{испр}} = 822,22 + 80,01 = 902,23,$$

$$X_{II} = X_I + \Delta X_{\text{испр}} = 602,24 - 189,98 = 412,26,$$

$$Y_{II} = Y_I + \Delta Y_{\text{испр}} = 902,23 + 10,06 = 912,29,$$

$$X_{III} = X_{II} + \Delta X_{\text{испр}} = 412,26 - 10,05 = 402,21,$$

$$Y_{III} = Y_{II} + \Delta Y_{\text{испр}} = 912,29 - 180,00 = 732,29,$$

$$X_{IV} = X_{III} + \Delta X_{\text{испр}} = 402,21 + 139,98 = 542,19,$$

$$Y_{IV} = Y_{III} + \Delta Y_{\text{испр}} = 732,29 - 50,03 = 682,26,$$

$$X_{ПП1} = X_{IV} + \Delta X_{\text{испр}} = 542,19 + 180,03 = 722,22,$$

$$Y_{ПП1} = Y_{IV} + \Delta Y_{\text{испр}} = 682,26 + 139,96 = 822,22.$$

Равенство исходной и конечной координаты X или Y точки ПП1, свидетельствует о правильности расчета.

Вносим полученные координаты в табл. 2.

Задание

По заданным значениям внутренних углов и горизонтальных проложений (табл. 2), а также по заданным преподавателем значению дирекционного угла стороны 1-2 и координатам точки 1 рассчитать координатную ведомость (табл. 2).

Контрольные вопросы

1. Что называется угловой невязкой? Поправки вносимые в углы.
2. Как вычисляются дирекционные углы всех сторон теодолитного хода?
3. Как вычисляются румбы всех сторон теодолитного хода?
4. Прямая геодезическая задача. Как определяются приращения координат?
5. Чему равна абсолютная невязка теодолитного хода?
6. Как вычисляется относительная невязка теодолитного хода?
7. Вычисления поправок в приращения координат.
8. Как разносятся невязки в приращениях координат?
9. Формула определения исправленных приращений координат?
10. Вычисление координат точек теодолитного хода?

Литература

1. Поклад, Г.Г. Геодезия / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М: Академический проект, 2008. – 592 с.
 2. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учебник/ Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
 3. Пономаренко, В.В. Геодезия: учебное пособие / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 164 с.
- Электронные методические указания**
4. Пономаренко В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии для ФАУТ /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.
 5. Пономаренко, В.В. Составление топографического плана участка: мультимедийные методическое пособие / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2014.

Лабораторная работа №2 СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА УЧАСТКА. ПОСТРОЕНИЕ КООРДИНАТНОЙ СЕТКИ. ВЫНОС НА ПЛАН РЕЗУЛЬТАТОВ СЪЕМКИ ПОДРОБНОСТЕЙ

Построение координатной сетки и вынос точек вершин теодолитного хода

Координатную сетку со стороной квадратов 10×10 сантиметров, вычерчивают с помощью линейки Дробышева [3, 5], или с помощью циркуля измерителя и масштабной линейки. Координатная сетка вычерчивается в масштабе 1:1000. Можно рекомендовать первоначально построить координатную сетку в масштабе 1:10000 на тетрадном листе в клетку со стороной квадрата 1см., что позволит достаточно точно оценить положение теодолитного хода внутри координатной сетки, выяснится помещается ли, окружающая полигон ситуация (результаты съемки подробностей), на ваш лист и определить количество необходимых квадратов.

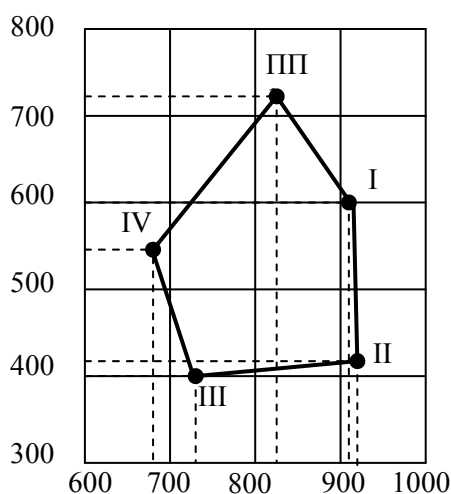


Рис.2. Пример выноса вершин теодолитного хода на план

Производим оцифровку координатной сетки. Для этого выбираем в координатной ведомости координаты по осям X и Y , имеющие наименьшее значение (табл. 2).

Например: для выбранного варианта, такими координатами являются координата точки III по оси X ($X_{III} = 402,21$) и координата точки IV по оси Y ($Y_{IV} = 682,26$). Отсчет координат начинаем с чисел меньше, наименьших координат и кратных 100, так как 10 см. в 1:1000 масштабе соответствуют 100 метров на местности.

Таковыми числами по осям X является 300 или 400, для того, чтобы поместить на план результаты съемки подробностей оцифровку сетки по оси X , начинаем с 300. По оси Y оцифровку начнем с числа 600. Проводим оцифровку остальных линий сетки через 100 метров (рис.2).

Выносим на координатную сетку вершины теодолитного хода по их координатам (табл. 2). При выносе точек, пользуемся угольником, циркулем измерителем и поперечным масштабом. После нанесения вершин теодолитного хода на план, приступаем к выносу на него результатов съемки подробностей.

Вынос на план результатов съемки подробностей

При проведении съемки подробностей было применено несколько способов: способ перпендикуляров, способ угловой засечки, способ линейной засечки, а также способ створов. Во время съемки подробностей составлялся абрис теодолитной съемки.

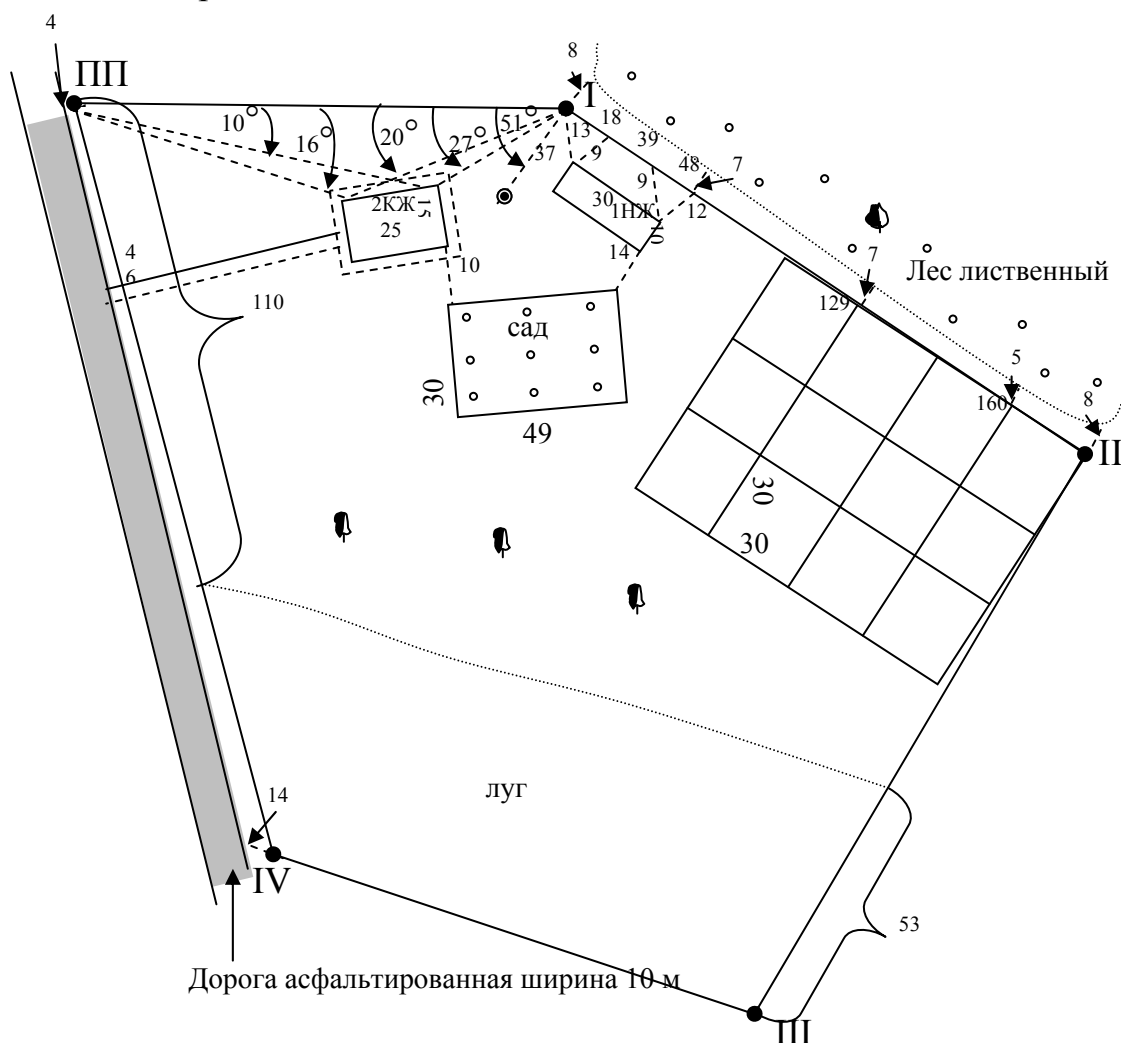


Рис.3. Абрис теодолитной съемки

Абрис теодолитной съемки представляет собой схематичный чертеж съемки, без учета масштаба. На него, выносятся точные значения расстояний сторон, значения углов, как теодолитного хода, так и результатов съемки подробностей (рис.3). Помимо ситуации на абрис вынесена сетка квадратов 30×30 метров, в которых было проведено геометрическое нивелирование, и три дерева, положение которых было определено при тахеометрической съемке.

Способ перпендикуляров

Способ перпендикуляров применяется при съемке ситуации и местных предметов, имеющих правильные геометрические формы, например, зданий, а также криволинейных контуров, например, рек, дорог, кромок леса и других, вытянутых в длину контуров.

Перпендикуляры опускаются из снимаемых точек на стороны теодолитного хода, при помощи эккера или на глаз, если длина перпендикуляра не превышает 10 метров в 1:5000 масштабе, 8 м – в 1:2000, 6м – в 1:1000, и 4 м – в 1:500 масштабах. При применении эккера в 1:1000 масштабе, допускается длина перпендикуляра до 40 метров.

В данном задании способом перпендикуляров были определена граница леса (рис.3, 4).

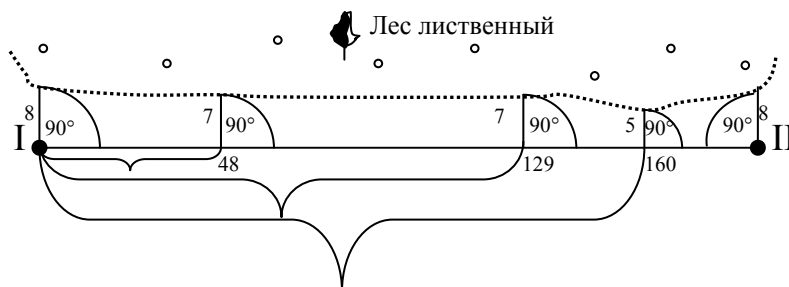


Рис.4. Схема определения границы леса способом перпендикуляров.
Масштаб: горизонтальный 1:2000, вертикальный 1:1000

По линии теодолитного хода I – II, от точки I, откладываются отрезки в 1:1000 масштабе, соответствующие на местности 48; 129; 160 метра. Из полученных точек, а также из точек теодолитного хода I, II восстанавливаются перпендикуляры, и по ним в 1:1000 масштабе, откладываются расстояния до границы леса, равные 8; 7; 7; 5; 8 метров. Полученные точки соединяются плавной линией.

Способ створов

Способ створов применяется в тех случаях, когда определяемая точка, находится на продолжении линии теодолитного хода или линии с четко известным направлением и расстоянием, например на продолжении линии, снятой способом полярных координат. Способом створом определена сторона асфальтированной дороги (рис. 3), а также граница сада.

На плане точка, отвечающая краю дороги, откладывается следующим образом. Продлевается линия теодолитного хода III–IV и по ней в масштабе 1: 1000 откладывается расстояние равное 14 метрам (рис.5).



Рис.5. Схема определения положения стороны дороги способом створов

Аналогичным образом определяется положение других точек снятых способом створов. Единственным отличием определения положения точек, отвечающих границе стороны фруктового сада, является то, что они снимались в створе стен зданий.

Способ угловой засечки

Наиболее выгодно применять этот способ при определении положения точек, расположенных в труднодоступных местах. Угол засечки должен быть не менее 30° и не более 150° . Этим способом в нашем варианте сняты углы левой стены здания 2 КЖ (рис.3).

От линии ПП1–I, из точки ПП1 теодолитного хода с помощью транспортира откладываем углы 10° и 16° , а из точки I от линии I–ПП1, откладываем углы 20° и 27° (рис.6). Пересечение полученных направлений даст положение углов стены здания 2КЖ.

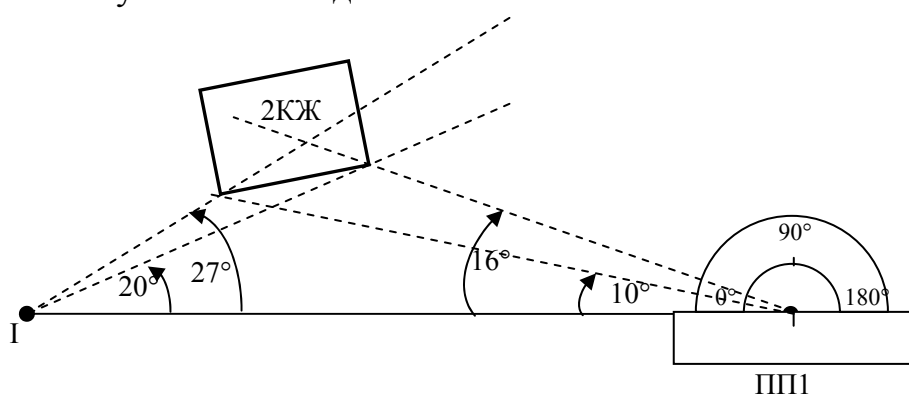


Рис.6. Схема определение положения стены здания способом угловой засечки

Длина полученной линии должна соответствовать длине стены, указанной в абрисе. Используя размеры здания (рис.3), строим его на плане.

Способ линейной засечки

Этот способ наиболее широко применяется при строительных работах, при съемке снаружи и внутри зданий. Этим способом было определено положение стены жилого здания 1НЖ (рис.3). От линии теодолитного хода I – II, из точек, расстояние до которых измерялось от станции I (18; 39; 48 метров), а также из точки соответствующей станции I, с помощью циркуля делаем засечки. Расстояние для засечек берется с абриса с учетом масштаба. Например: расстояние засечки из точки I равно 13 метров, а из точки расположенной в 18 метрах от станции I равно 9 метров.

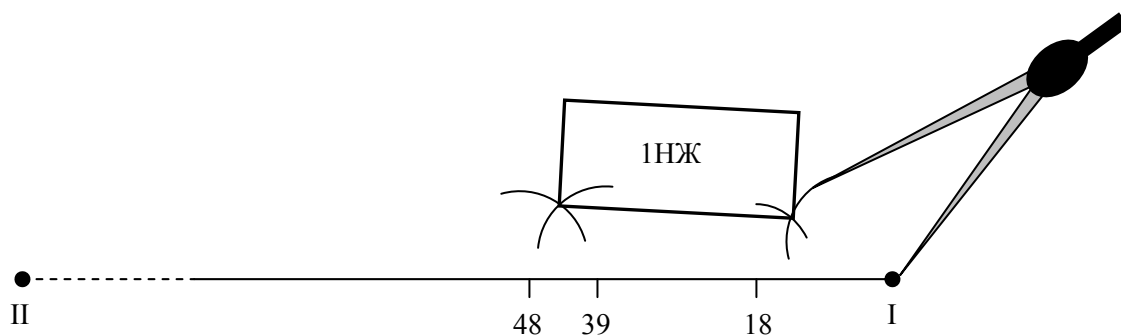


Рис.7. Схема определения положения стены здания способом линейной засечки

Взяв в раствор циркуля 1,3 см, что в 1:1000 масштабе равно 13 метрам, из точки I делаем засечку (рис.7). Из точки расположенной в 18 метрах (1,8 см в масштабе), делаем засечку равную 0,9 см. Пересечение двух дуг даст положение правого угла стены здания 1НЖ. Аналогичным образом делаем засечки из точек расположенных в 39 и 48 метрах от станции I и находим положение левого угла стены здания 1НЖ. Соединив полученные точки между собой, строим стену здания на плане. Длина стены в масштабе должна соответствовать длине стены на абрисе (рис.7). Используя размеры здания (рис.3), строим все здание на плане.

Способ полярных координат

Суть способа полярных координат заключается в том, что положение точки определяется углом, отложенным от известного направления и расстоянием до нее от полюса. На заданном студентам плане теодолитной съемки, способом полярных координат определено положение колодца (рис. 3). Измерения производятся в следующей последовательности:

а. От линии теодолитного хода I–III₁, от точки I, с помощью транспортира откладывается угол 51°.

б. По полученному направлению в 1:1000 масштабе откладывается 37 м = 3,7 см. Полученная точка и определяет положение колодца на плане (рис.8).

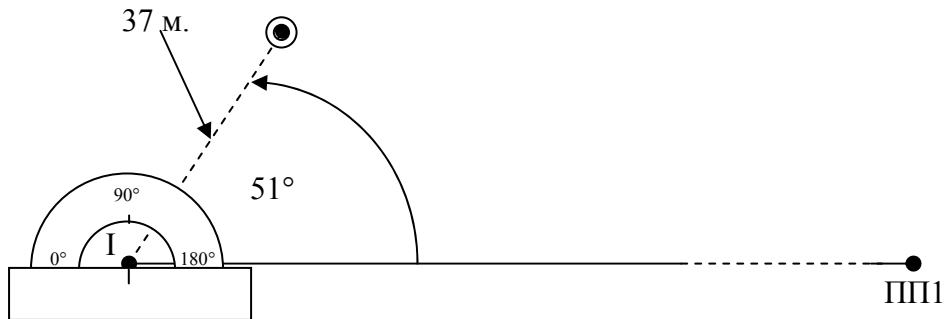


Рис.8. Схема определение положения колодца полярным способом

Помимо колодца полярным способом на плане определено положение трех деревьев, которое осуществлялось в процессе тахеометрической съемки (лабораторная работа №4 (2 семестр)).

Задание

При помощи линейки Дробышева или линейки и циркуля измерителя на листе А3 построить координатную сетку 3·4 квадрата со стороной каждого 10 см. Используя данные табл. 3, оцифровать сетку координат. С помощью поперечного масштаба и циркуля измерителя из табл. 3 вынести на координатную сетку вершины теодолитного хода. Так как координаты у каждого студента отличаются от других, необходимо правильно расположить лист ватмана. По данным абриса (рис.7) вынести на план результаты съемки подробностей в масштабе 1:1000.

Контрольные вопросы

1. Как строится координатная сетка?
2. В какой последовательности производится оцифровка координатной сетки?
3. Каким образом выносятся вершины теодолитного хода на координатную сетку?
4. Что такое абрис теодолитной съемки?
5. Способы съемки подробностей?
6. В каких случаях применяется способ перпендикуляров?
7. Когда применяется способ угловых засечек?
8. На чем основан способ полярных координат?

9. Когда чаще всего применяется способ линейных засечек?
10. Построение плана теодолитной съемки.

Литература

1. Золотова, Е.В. Геодезия с основами кадастра / Е.В.Золотова, Р.Н.Скогорева. – М.: Академический Проект; Трикста, 2011. – 413 с.
2. Неумывакин, Ю.К. Практикум по геодезии / Ю.К.Неумывакин. – М.: КолосС, 2008. – 318 с.
3. Поклад, Г.Г. Геодезия / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М.: Академический проект, 2008. – 592 с.
4. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учебник/ Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
5. Пономаренко, В.В. Геодезия: учебное пособие / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 164 с.
6. Пономаренко В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии для ФАУТ /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.
7. Пономаренко, В.В. Составление топографического плана участка: мультимедийное, учебно-методическое пособие /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС. 2014.

Лабораторная работа №3
СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА УЧАСТКА.
НИВЕЛИРОВАНИЕ ВЕРШИН ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА.
НИВЕЛИРОВАНИЕ ПЛОЩАДКИ

Определение абсолютных отметок вершин теодолитного хода

Для определения абсолютных отметок вершин теодолитного хода, по его точкам был проложен замкнутый нивелирный ход. Точка I нивелирного хода, является точкой опорной нивелирной сети и определяется студентами по формуле

$$H_{\text{III1}} = 60,000 + N, N,$$

где N – порядковый номер студента, который в данном варианте равен 22, тогда $H_{\text{III1}} = 82,220$ м. Определение отметок точек вершин теодолитного хода производилось способом геометрического нивелирования.

Геометрическое нивелирование.

В геометрическом нивелировании, превышения определяются отсчетом горизонтальным лучом визирования по вертикальным рейкам, на которых нанесены сантиметровые деления. Визирование осуществляется нивелиром.

Существует два способа геометрического нивелирования: нивелирование вперед и нивелирование из середины. Оба способа подробно рассмотрены в лабораторной работе №16 (1 семестр).

В результате геометрического нивелирования, были определены средние превышения (h_{cp}), между вершинами теодолитного хода, которые вынесены на схему нивелирного хода (рис.9) и в табл. 3. Между точками I и II, а также между точками IV–III1 превышения равны:

$$h_{\text{cp2}} = -4563 \text{ мм} = 4,563 \text{ метра}, h_{\text{cp5}} = +4585 \text{ мм} = 4,585 \text{ метра}.$$

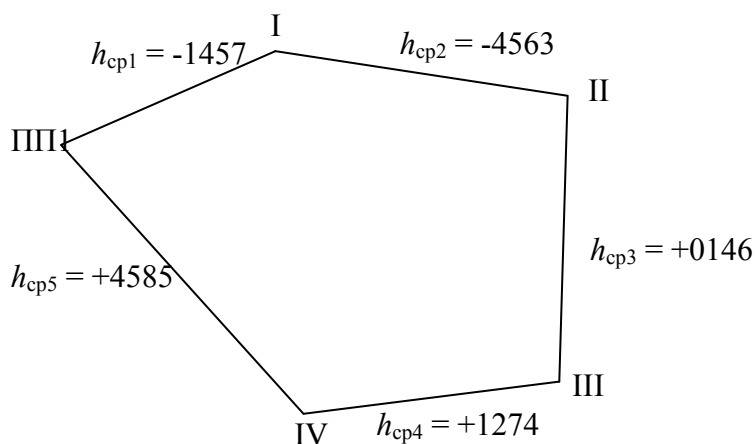


Рис.9. Схема превышений нивелирного хода

В тех случаях, когда превышение между крайними точками превышает высоту рейки или расстояния между точками превышают допустимые значения для нивелира (рис. 10,а), отрезок разбивается на несколько частей и в измерения вводятся дополнительные точки (рис.10,б). Эти точки называются иксовыми.

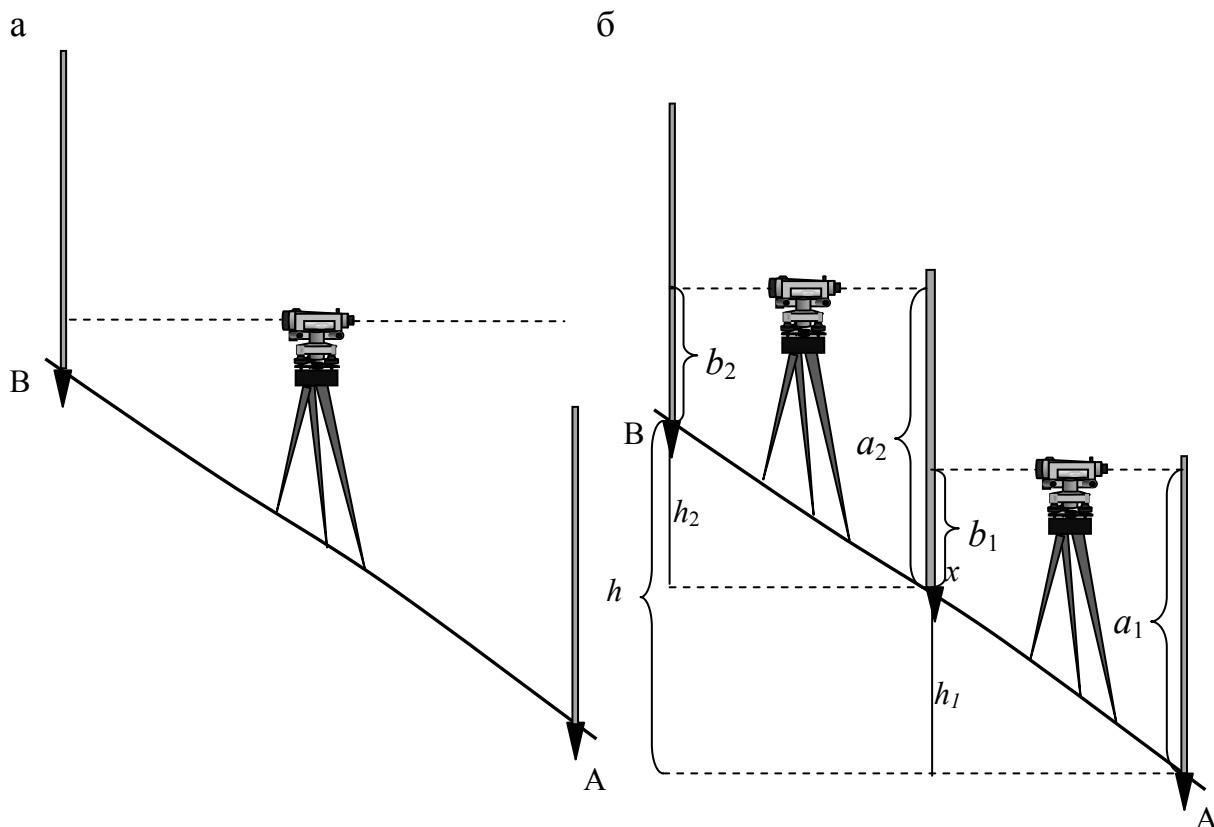


Рис. 10. Схема передачи отметки через x-точку

Нивелирование внутри разбитых отрезков производится тем же способом, как и нивелирование между связующими точками. Превышение h определяется как сумма превышений отрезков составляющих эту линию: $h = h_1 + h_2$ (рис.10,б). Поэтому на Рис.66. приведены суммарные превышения для линий I – II и IV –III1.

Сумма превышений замкнутого нивелирного хода должна быть равна 0, т.е. $\Sigma h_{\text{теор}} = 0$. Определяем сумму превышений:

$$\Sigma h_{\text{ср}} = -1457 - 4563 + 0146 + 1274 + 4585 = -0015 \text{ или } -15 \text{ миллиметров.}$$

Эта величина является невязкой нивелирного хода. Для того, что бы определить, правильность измерения превышений, определяем допустимую невязку нивелирного хода по формуле:

$$fh_{\text{доп}} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{n} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{5} = 22,36 \text{ мм,}$$

где n – число сторон нивелирного хода ($15 \text{ мм} < 22,36 \text{ мм}$). Если полученная невязка меньше или равна допустимой невязке, то измерения

признаются правильными. Полученная невязка разбрасывается равномерно на все превышения с обратным знаком (табл. 15). $-15:5 = +3$ мм.

Т а б л и ц а 3

Ведомость определения абсолютных отметок вершин теодолитно-нивелирного хода

№ станции	Нивелируемые точки	Средние превышения, мм	Поправки в превышения, мм	Исправленные превышения, мм	Отметки точек, м
1	ПП1 I	- 1457	+3	-1454	82,220 80,766
2	I II	-4563	+3	-4560	80,766 76,206
3	II III	0146	+3	0149	76,206 76,355
4	III IV	1274	+3	1277	76,355 77,632
5	IV ПП1	4585	+3	4588	77,632 82,220

Абсолютные отметки вершин полигона определяются по формуле

$$H_{\text{посл}} = H_{\text{пред}} + h_{\text{испр}},$$

где $H_{\text{посл}}$ – отметка определяемой точки; $H_{\text{пред}}$ – отметка предыдущей вершины нивелирного хода; $h_{\text{испр}}$ – исправленное превышение (табл. 3).
Например:

$$H_I = H_{\text{ПП1}} + h_{\text{испр.}} = 82,220 + (- 1,454) = 80,766 \text{ м.}$$

Равенство начальной отметки $H_{\text{ПП1}}$ и полученной в результате расчета, свидетельствует о правильности проведенных расчетов.

Нивелирование поверхности

Нивелирование поверхности производится для детального изображения рельефа местности, на которой предполагается строительство каких либо инженерных сооружений. В зависимости от характера рельефа и площади проектируемых работ, могут быть применены следующие способы нивелирования: по квадратам, параллельных линий и магистралей.

Нивелирование по квадратам

Способ нивелирования по квадратам применяется в тех случаях, когда съемке подлежат небольшие открытые участки местности со спокойным рельефом. Нивелирование производится по сетке квадратов, разбиваемой в пределах снимаемой площади. Для этого через точку в центре участка

проводят две перпендикулярные прямые X и Y . Для удобства линию X проводят параллельно осевому меридиану. Иногда эти линии располагают по основным осям будущего сооружения. По осям X и Y откладывают равные отрезки от 10 до 100 метров. С помощью теодолита из крайних точек на оси X проводят перпендикуляры к ней. Перпендикуляры, также разбиваются на равные отрезки, аналогичные тем, которые откладывались по осям X и Y . Далее, с помощью мерной ленты, весь участок разбивается на квадраты.

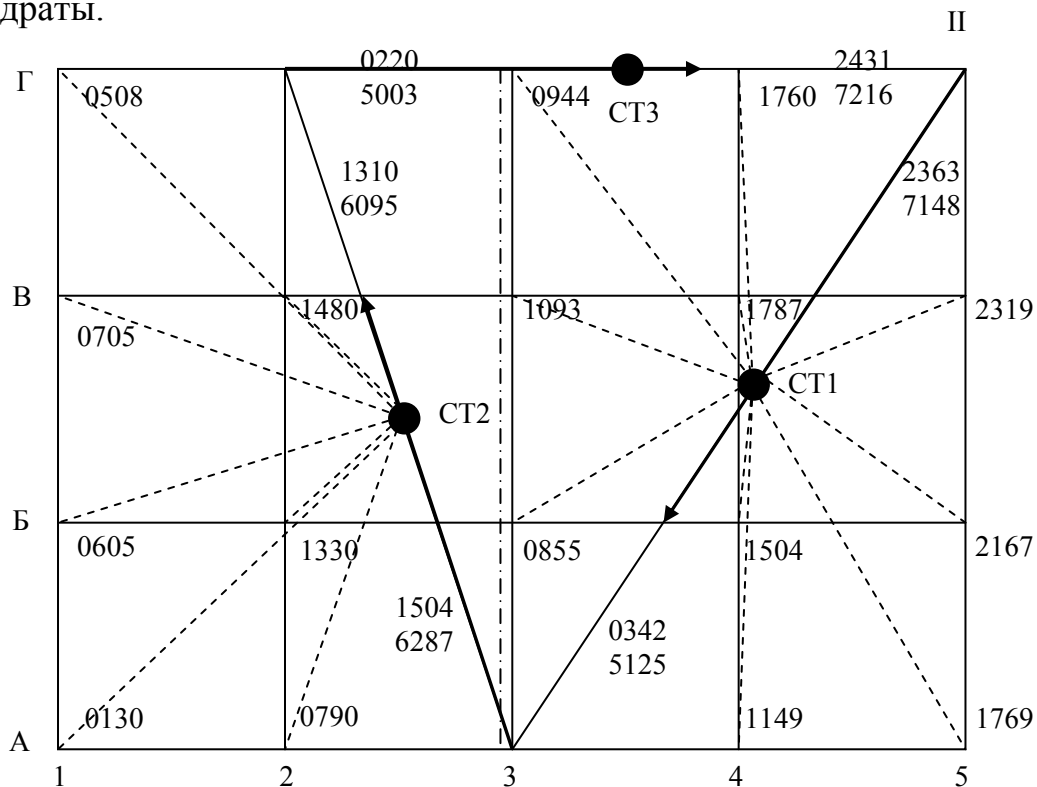


Рис. 11. Схема нивелирования площадки (способ квадратов)

На абрисе теодолитной съемки (рис.3) показана сетка из 12 квадратов (30×30 м), разбитых от линии теодолитного хода I–II. Внутри сетки квадратов проложен замкнутый нивелирный ход, разбитый по часовой стрелке.

За начальную точку отсчета принята вершина теодолитно-нивелирного хода II, с отметкой 76,206 (см. табл. 3).

Определяем превышения между вершинами нивелирного хода, полученными на станциях №1; 2; 3.

Например:

CT1: $h_{cp1} = 2022$; CT2: $h_{cp2} = 0193$; CT3: $h_{cp3} = - 2212$.

Сумма превышений замкнутого нивелирного хода должна быть равна 0. Определяем сумму превышений:

$$\Sigma h_{cp} = 2022 + 0193 - 2212 = 0003 = 3 \text{ мм.}$$

Определяем допустимую невязку нивелирного хода:

$$fh_{\text{доп}} = \pm 10\text{мм} \sqrt{n} = \pm 10\text{мм} \sqrt{3} = 17,3 \text{ мм.}$$

Сравнив допустимую невязку с полученной, убеждаемся, что $3 \text{ м} < 17,3 \text{ мм}$ и следовательно измерения проведены с достаточной точностью. Разбрасываем полученную невязку равномерно на все превышения с обратным знаком.

$$\begin{aligned}h_{\text{ср1исп}} &= 2022 - 0001 = 2021; \\h_{\text{ср2исп}} &= 0193 - 0001 = 0192; \\h_{\text{ср3исп}} &= -2212 - 0001 = -2213.\end{aligned}$$

Сумма исправленных превышений должна быть равна 0:

$$\Sigma h_{\text{исп}} = 2021 + 0192 - 2213 = 0.$$

Определяем отметки вершин замкнутого нивелирного хода по формуле

$$H_{\text{посл}} = H_{\text{пред}} + h_{\text{испр.}}$$

Например: $H_{\text{А3}} = H_{\text{II}} + h_{\text{испр1}} = 76,206 + 2,021 = 78,227;$

$$H_{\text{Г2}} = H_{\text{А3}} + h_{\text{испр2}} = 78,227 + 0,192 = 78,419;$$

$$H_{\text{II}} = H_{\text{Г2}} + h_{\text{испр3}} = 78,419 + (-2,213) = 76,206.$$

Равенство начального и полученного значения H_{II} свидетельствует о правильности расчета.

Определение отметок промежуточных точек осуществляется через горизонт прибора.

$$H_{\text{пр}} = \text{ГП} - c,$$

где $H_{\text{пр}}$ – абсолютная отметка промежуточной точки; ГП – горизонт прибора; c – отсчет по черной стороне рейки, установленной на промежуточной точке.

Так как превышения между крайними точками площадки превышает 3 метра, нивелирование промежуточных точек производилось с двух станций (СТ1 и СТ2). Схема нивелирования промежуточных точек приведена на рис. 11.

Вычисляем горизонт прибора на станциях №1 и №2 по формулам:

СТ1 $\text{ГП}_1 = H_{\text{II}} + 2,363 = 76,206 + 2,363 = 78,569;$

$$\text{ГП}_2 = H_{\text{А3}} + 0,342 = 78,227 + 0,342 = 78,569;$$

$$\text{ГП}_{\text{ср}} = \text{ГП}_1 + \text{ГП}_2 / 2 = 78,569.$$

Разность между двумя значениями ГП не должна превышать 5 миллиметров.

СТ2 $\text{ГП}_1 = H_{\text{А3}} + 1,504 = 78,227 + 1,504 = 79,731;$

$$\text{ГП}_2 = H_{\text{Г2}} + 1,310 = 78,419 + 1,310 = 79,729;$$

$$\text{ГП}_{\text{ср}} = \text{ГП}_1 + \text{ГП}_2 / 2 = 79,730.$$

Определяем абсолютные отметки вершин квадратов, например:

$$H_{Г1} = \Gamma\Pi_{\text{срСТ2}} - 0,508 = 79,730 - 0,508 = 79,222;$$

$$H_{Г4} = \Gamma\Pi_{\text{срСТ1}} - 1,760 = 78,569 - 1,760 = 76,809.$$

Вычисленные отметки выносим на схему площадки (рис.12).

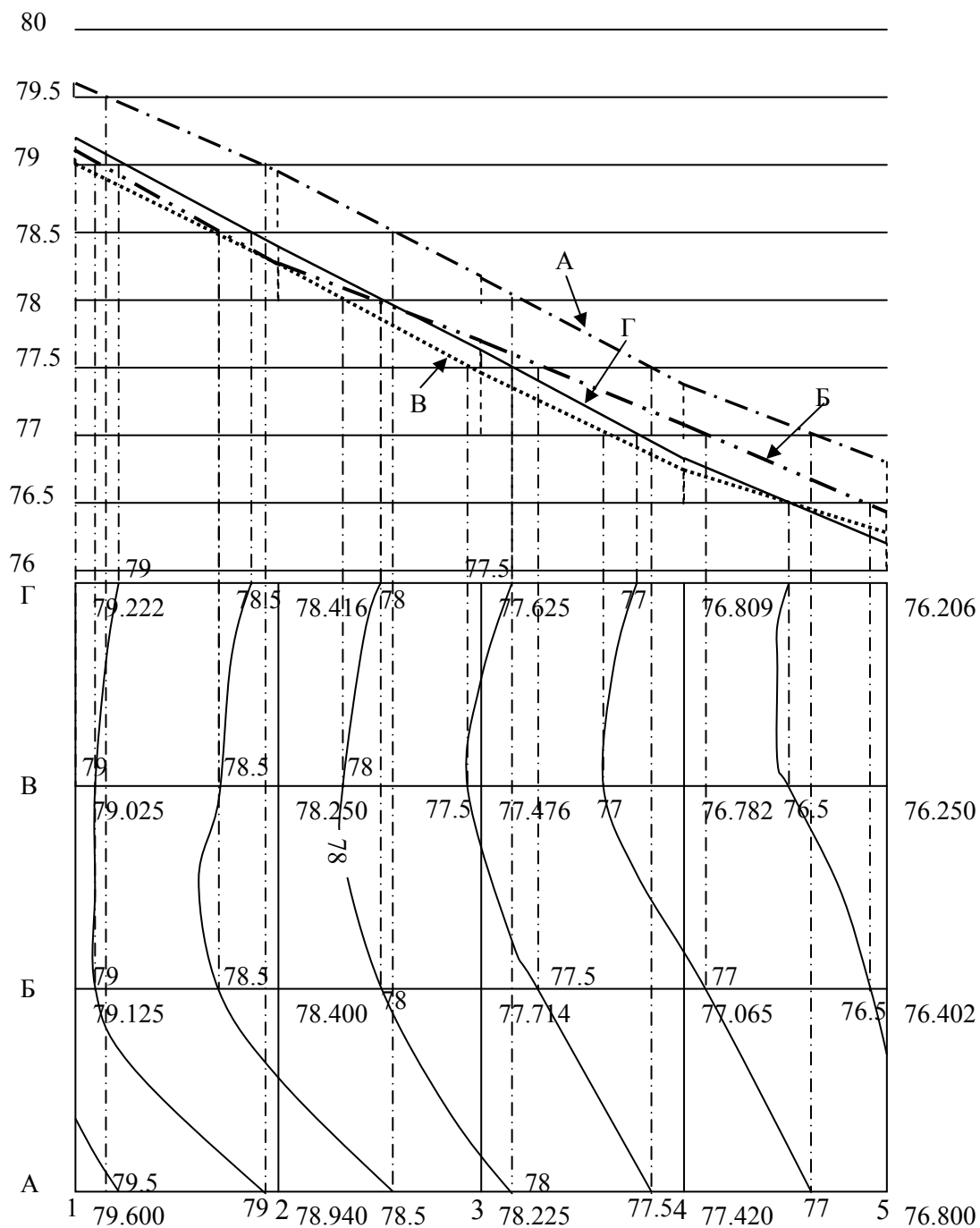


Рис.12. Схема построения горизонталей графическим способом

Построение горизонталей

Существует два способа построения горизонталей графический и аналитический.

Графический способ

При графическом способе строится палетка, т.е. проводится ряд параллельных линий через 1 или 0,5 см. Производится оцифровка палетки. Для этого на сетке квадратов выбирается наименьшая отметка, такой отметкой в нашем варианте является отметка точки $H_{II} = 76,206$ м (рис.12).

Оцифровку начинаем с числа, которое меньше, наименьшей отметки и нацело, делиться на 0,5 метра (высота сечения рельефа в данном задании). Таким числом является 76,000 м. Оцифровку производим через 0,5 м. На перпендикулярах, восстановленных из вершин квадратов, последовательно, откладываем значения отметок, по линии Г. Соединив полученные точки, получаем ломаную линию. Ее пересечение с линиями палетки, дает положение горизонталей на линиях палетки (рис.12). Опустив перпендикуляры из точек пересечения на линию Г, определяем на ней положение горизонталей. Числовое значение горизонтали равно, числовому значению линии палетки, с которой опущен перпендикуляр. Аналогичным образом находим положение горизонталей на линиях В, Б и А. При более сложном рисунке рельефа, линии палетки строятся также параллельно линиям 1 или 5 и находится положение горизонталей на осях 1; 2; 3; 4; 5. В нашем варианте подобных построений не требуется.

Соединяя точки с одинаковыми отметками, строим горизонтали. Горизонтали наносятся коричневым цветом. Подписываем только целые четные горизонтали, верх цифры направлен в сторону увеличения рельефа. Можно рекомендовать студентам построить горизонтали на отдельном листе, а затем перенести их на план.

Задание

По заданной отметке $H_{III} = 82,220$ м определить абсолютные отметки всех вершин теодолитного хода. Уравнять нивелирный ход. По данным нивелирования площадки вычислить абсолютные отметки всех вершин квадратов. По результатам нивелирования площадки построить горизонтали графическим способом через 0,5 метра. Вынести горизонтали на план.

Контрольные вопросы

1. Как вычисляются абсолютные отметки нивелирного хода?
2. Что такое иксовые точки?
3. Для чего они служат?
4. Какие способы нивелирования поверхности вы знаете?
5. В каких случаях применяется способ нивелирования по квадратам?
6. В каких случаях применяется способ параллельных линий?
7. Когда применяется способ магистралей?
8. Как определяются связующие и промежуточные точки, при нивелировании поверхности способом квадратов?
9. Какие точки вычисляются через горизонт прибора?
10. Правила вычисления невязок и уравнения превышений замкнутого нивелирного хода?
11. Что такое горизонтали?
12. Способы построения горизонталей.

Литература

1. Золотова, Е.В. Геодезия с основами кадастра / Е.В.Золотова, Р.Н.Скогорева. – М.: Академический Проект; Трикста, 2011. – 413 с.
2. Неумывакин, Ю.К. Практикум по геодезии / Ю.К.Неумывакин. – М.: КолосС, 2008. – 318 с.
3. Поклад, Г.Г. Геодезия / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М.: Академический проект, 2008. – 592 с.
4. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учебник/ Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
5. Пономаренко, В.В. Геодезия: учебное пособие / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 164 с.
6. Пономаренко В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии для ФАУТ /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.
7. Пономаренко, В.В. Составление топографического плана участка: мультимедийное, учебно-методическое пособие /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС. 2014.

Лабораторная работа №4
СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА УЧАСТКА.
РАСЧЕТ ВЕДОМОСТИ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ.
ВЫНОС ТОЧЕК ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ НА ПЛАН

Тахеометрическая съемка

Целью тахеометрической съемки является получение топографического плана местности. Съемка контуров и рельефа с пунктов (станций) выполняется, как правило, полярным способом. При этом одно наведение на рейку, установленную на точке местности, позволяет получить расстояние, направление и превышение, по которым определяются пространственные координаты этой точки.

Высотное положение точек получаем способом тригонометрического нивелирования. В данном задании тахеометрическая съемка выполнена в комплексе с теодолитной съемкой и геометрическим нивелированием.

Тахеометрическая съемка выполнялась с точек IV теодолитного хода, от линии IV– ПП1 и с точки ПП1 от линии ПП1–I.

Порядок работы на станции, при тахеометрической съемке следующий:

а. Устанавливаем теодолит на станции IV, приводим его в рабочее положение и измеряем высоту прибора i с точностью до 1 см. На рейке делаем отметку равную высоте прибора (рис.13).

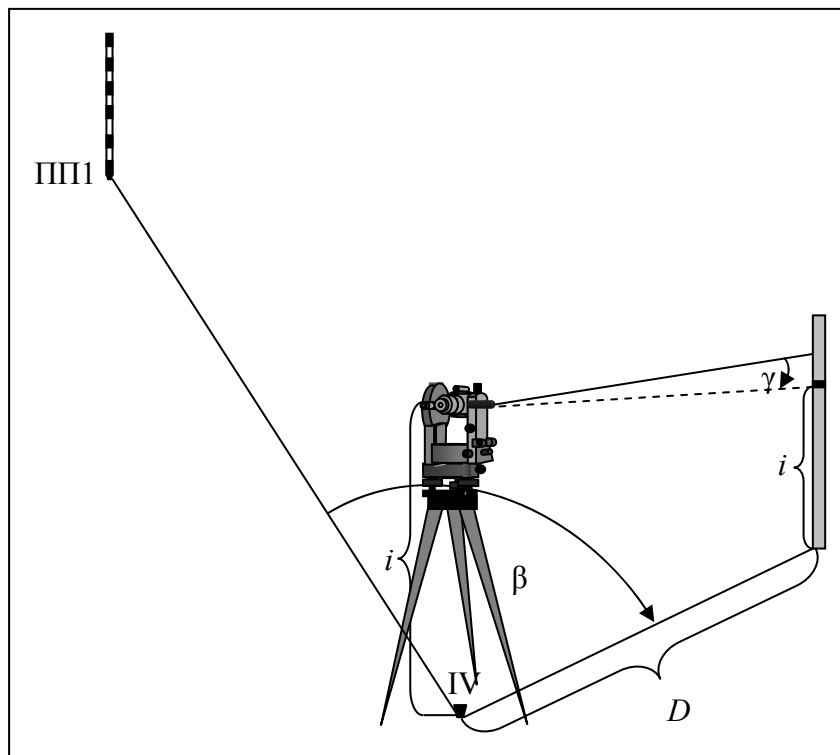


Рис. 13. Схема определения координат точки при тахеометрической съемке

б. Наводим теодолит на точку ПП1 теодолитного хода и определяем место нуля вертикального круга по формуле: $МО = (КЛ + КП) / 2$. Для контроля место нуля вертикального круга определяется и с точки ПП1 на точку IV.

При помощи рукоятки лимба, обнуляем отсчет по горизонтальному кругу. Устанавливаем рейку на первую снимаемую точку и наводим теодолит на отметку равную высоте прибора. Берем отсчет по горизонтальному кругу при круге «лево». В этом случае отсчет по горизонтальному кругу будет равен горизонтальному углу β , отсчитываемому от линии IV–ПП1.

в. При круге «лево», берем отсчет по вертикальному кругу. В случае когда, $МО < 1'$, МО принимается равным нулю и углы наклона γ на соответствующие точки равны отсчетам по вертикальному кругу при круге «лево», с учетом знака.

г. Значения горизонтальных проложений d от станции до реечных точек вычисляем по значениям наклонных расстояний D , полученных по нитяному дальномеру. Определяем расстояние до рейки с помощью дальномера. Вычисляем горизонтальные проложения по формуле

$$d = D \cdot \cos \gamma.$$

Если угол наклона меньше 2° , то горизонтальное проложение принимают равным дальномерному расстоянию, т.е. $d = D$.

д. В процессе тахеометрической съемки составляется абрис тахеометрической съемки (рис.14).

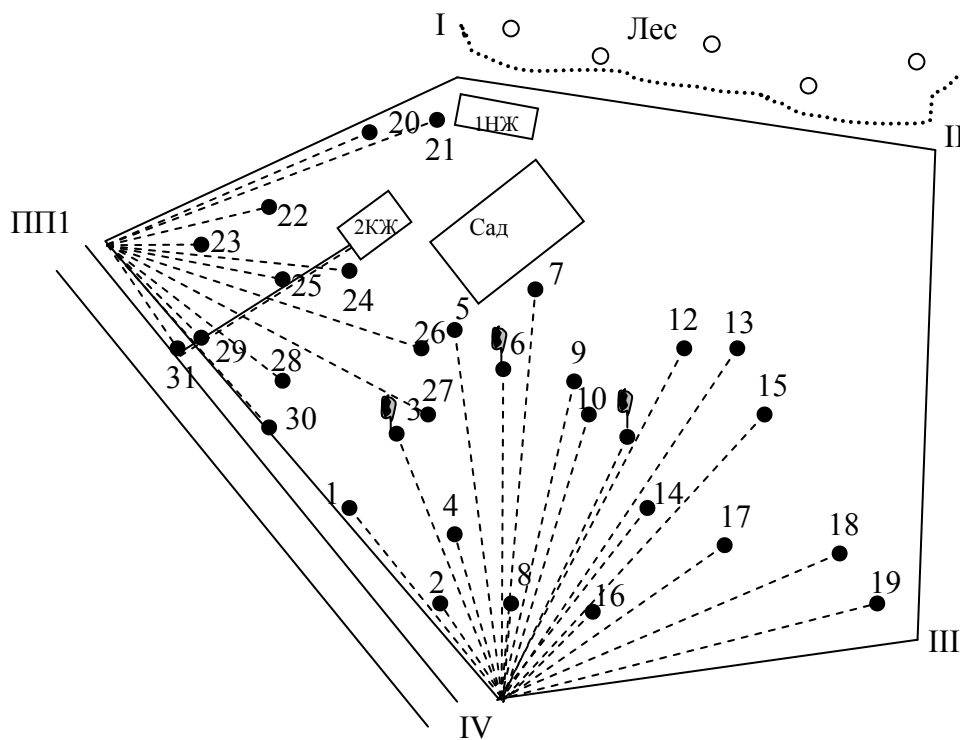


Рис.14. Абрис тахеометрической съемки

е. Данные тахеометрической съемки заносятся в специальный журнал табл. 4-5.

После заполнения журнала и расчета превышений и абсолютных отметок, полученных со станции IV (табл. 4), заполняем вторую часть тахеометрического журнала, точек снятых со станции ПП1 (табл. 5).

ж. Превышения h определяются по формуле

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \gamma + i - \ell,$$

где i – высота прибора; ℓ – отсчет по рейке.

Так как теодолит наводился на отметку на рейке, равную высоте прибора, то $i = \ell$. Превышения в этом случае определяются по формуле

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \gamma \text{ или } h = d \cdot \sin 2\gamma.$$

Т а б л и ц а 4

Тахеометрический журнал

Станция IV		$H_{IV}=77,632 \text{ м}$				$i = 1.42$			$MO = 0^{\circ}00'$		
№ точки	Дальномерные расстояния (м)	Отсчеты по горизонтальному кругу		Отсчеты по вертикальному кругу		Вертикальный угол. γ	$d = D \cdot \cos \gamma, \text{ м}$	$i = \ell$	$h = d \cdot \operatorname{tg} \gamma, \text{ м}$	$H_i = H_{II} + h, \text{ м}$	Примечание
		КП	КЛ	КП	КЛ						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
на ПП1			0°00'	- 1°09'	+1°09'						
1	93,06		3°00'		+1°20'30"	+1°20'30"	93,06	1,42	2,168	79,80	рельеф
2	42,12		13°10'		+1°24'	+1°24'	42,12	1,42	1,026	78,66	рельеф
3	112,20		22°12'		+1°21'30"	+1°21'30"	112,15	1,42	2,648	80,28	дерево
4	62,20		27°30'		+1°28'	+1°28'	62,20	1,42	1,593	79,23	рельеф
5	142,08		39°00'		+1°10'30"	+1°10'30"	142,08	1,42	2,911	80,54	рельеф
6	127,21		47°06'		+1°08'	+1°08'	127,21	1,42	2,524	80,16	дерево
7	158,09		52°05'		+0°45'	+0°45'	158,09	1,42	2,050	79,68	рельеф
8	27,13		54°15'		+1°17'	+1°17'	27,13	1,42	0,605	78,24	рельеф
9	122,23		61°02'		+0°56'	+0°56'	122,23	1,42	1,983	79,62	рельеф
10	109,09		67°11'		+0°53'	+0°53'	109,09	1,42	1,668	79,30	рельеф
11	113,21		76°06'		+0°31'	+0°31'	113,21	1,42	1,014	78,85	дерево
12	148,13		79°15'		+0°21'30"	+0°21'30"	148,13	1,42	0,916	78,55	рельеф
13	158,22		84°57'		+0°10'	+0°10'	158,22	1,42	0,436	78,07	рельеф
14	92,96		88°49'		+0°22'30"	+0°22'30"	92,96	1,42	0,605	78,24	рельеф
15	151,84		93°11'		0°00'	0°00'	151,84	1,42	0,052	77,68	рельеф
16	99,12		99°01'		0°10'	0°10'	99,12	1,42	0,284	77,92	рельеф
17	104,94		105°55'		0°05'	0°05'	104,94	1,42	-0,162	77,47	рельеф
18	110,76		111°13'		0°26'	0°26'	110,76	1,42	-0,832	76,80	рельеф
19	140,08		114°56'		0°28'	0°28'	140,08	1,42	-1,132	76,50	рельеф

Таблица 5

Тахеометрический журнал

Станция ПП1

 $H_{ПП1} = 82,220$ м $i = 1,44$

МО = 0°00'

№ точки	Дальномерные расстояния, м	Отсчеты по горизонтальному кругу		Отсчеты по вертикальному кругу		Вертикальный угол γ	$d = D \cdot \cos \gamma$, м	$i = \ell$	$h = d \cdot \operatorname{tg} \gamma$, м	$H_i = H_{II} + h$, м	Примечание
		КП	КЛ	КП	КЛ						
1											
на I			0°00'	+ 0°35'	- 0°35'						
20	110,12		2°05'		-0°26'30"	-0°26'30"	110,12	1,44			рельеф
21	136,89		4°58'		-0°38'30"	-0°38'30"	136,89	1,44	-1,516	80,704	рельеф
22	63,04		9°12'		-0°01'	-0°01'	63,04	1,44			рельеф
23	34,98		22°06'		+0°13'	+0°13'	34,98	1,44			п. дорога
24	88,85		25°02'		-0°23'	-0°23'	88,85	1,44			рельеф
25	66,12		30°52'		-0°22'	-0°22'	66,12	1,44			рельеф
26	130,98		35°30'		-0°38'30"	-0°38'30"	130,98	1,44			угол сада
27	134,08		42°56'		-0°41'	-0°41'	134,08	1,44			рельеф
28	82,90		54°52'		-0°40'	-0°40'	82,90	1,44			рельеф
29	50,03		66°11'		-0°39'	-0°39'	50,03	1,44			п. дорога
30	95,12		72°52'		-0°53'30"	-0°53'30"	95,12	1,44			рельеф
31	44,01				-0°56'30"	-0°56'30"	44,01	1,44			пересечение дорог

Например: для точки 21 дальномерное расстояние равно 136,89 м, отсчет по горизонтальному кругу при КЛ равен 4°58', отсчет по вертикальному кругу при КЛ равен -0°38'30". Так как отсчет по горизонтальному кругу с точки ПП1 на точку I, был равен 0°00', то отсчет КЛ на точку 1 будет равен горизонтальному углу β , т. е. $\text{КЛ} = \beta = 4°58'$.

Место нуля вертикального круга равно 0, следовательно, отсчет по вертикальному кругу при КЛ равен вертикальному углу γ , т.е.

$$\gamma = \text{КЛ} = -0°38'30".$$

Вносим значение вертикального угла в столбец 7, табл. 6.

Так как, вертикальный угол меньше 2°, то горизонтальное проложение d равно дальномерному расстоянию. Вносим значение $D = d = 80,704$ м в столбец 8 без изменения.

Определяем превышение h по формуле

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \gamma = 136,89 \cdot (-0,0111) = -1,516 \text{ м.}$$

Вносим это значение в столбец 10.

Абсолютная отметка точки 21,

$$H_{21} = H_{ПП1} + h = 82,22 - 1,516 = 80,704 \text{ м.}$$

Округляем это значение до сотых и вносим в столбец 11.

Аналогичным образом студенты рассчитывают абсолютные отметки остальных точек.

Аналогичным образом студенты рассчитывают абсолютные отметки остальных точек.

Вынос на топографический план точек тахеометрической съемки

а. От линий теодолитного хода IV–ПП1, с помощью транспортира откладываются горизонтальные углы β (рис.15).

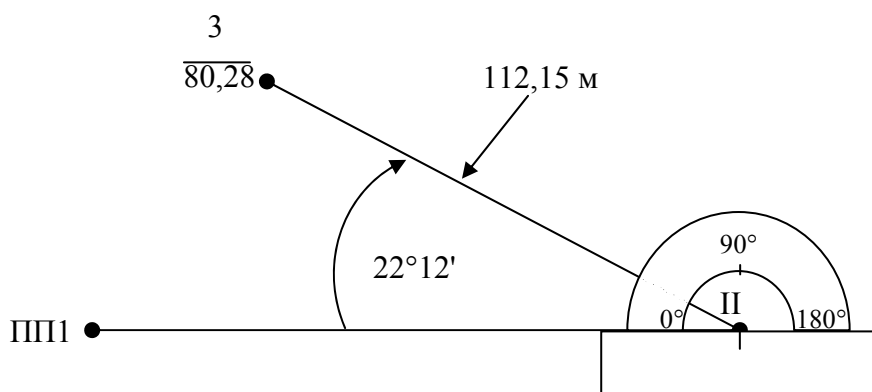


Рис. 15. Схема выноса на план точек тахеометрической съемки

б. По полученным направлениям, в 1:1000 масштабе, откладываются горизонтальные проложения. Расстояния откладываются от точки IV теодолитного хода, до точек тахеометрической съемки. В числителе записываем номер точки, в знаменателе ее абсолютную отметку (табл. 16, 17). После выноса на план тахеометрических точек, графическим или аналитическим способом строим горизонтали, соединяя их с горизонталями, полученными при нивелировании площадки, а также используя абсолютные отметки вершин теодолитно-нивелирного хода и отметки вершин квадратов, полученных при нивелировании. В настоящее время построение горизонталей производится по компьютерным программам. Приветствуется построение студентами плана топографической съемки с использованием компьютерных технологий.

Построение графика заложения

На свободном месте плана (желательно в нижнем правом углу) строится график заложения для определения углов наклона или уклонов. Уклон

$$i = \operatorname{tg} \gamma = h/d,$$

где h – высота сечения (в нашем варианте $h = 0,5$ м); d – расстояние между горизонталями на плане по которому определяется уклон.

Из предыдущей формулы можно вывести, что

$$d = h/\operatorname{tg}\gamma,$$

где h – величина постоянная равная 0,5 м, поэтому величина d будет зависеть только от изменения $\operatorname{tg} = i$.

Построение графика заложения производим в следующем порядке:

а. На горизонтальной оси графика откладываем 9-10 равных отрезков длиной 1 см. Из концов отрезков восстанавливаем перпендикуляры (рис.16).

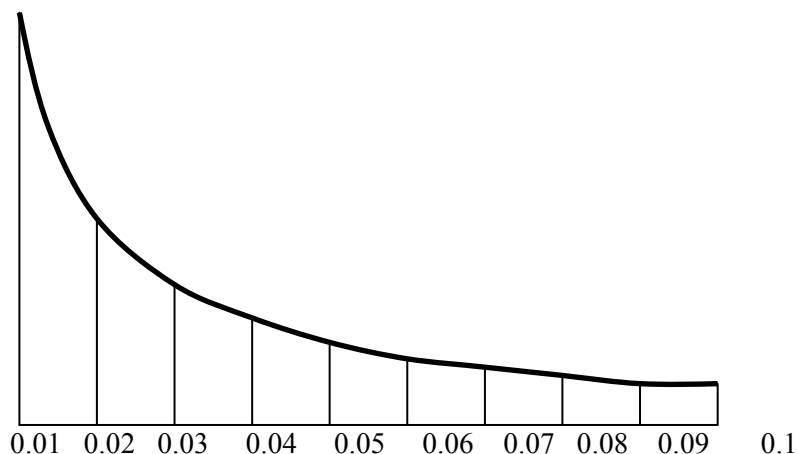


Рис. 16. График заложения для определения уклонов

б. Под границами отрезков подписываем значения уклонов, начиная с 0,01.

в. Находим значения d для каждого уклона.

Например:

$$i = 0,01, h = 0,5 \text{ м,}$$

тогда $d = h / i = 0,5 / 0,01 = 50 \text{ м.}$

г. В 1:1000 масштабе откладываем величину d по перпендикулярам (50 м в 1:1000 масштабе равно 5 см).

д. Вычисляем оставшиеся расстояния d и откладываем их в масштабе на графике. Полученные точки соединяем плавной линией. Применение графика заложения смотри в курсе мультимедийных лекций.

Оформление топографического плана

Окончательно оформляем план топографической съемки. Вокруг линии координатной сетки на расстоянии 1,4 см. проводим вторую линию толщиной 2 мм. Убираем все вспомогательные линии. Линии координатной сетки, заменяем на перекрестье, с размерами 1×1 см, выполненные зеленым цветом.

Убираем линии теодолитного хода, оставляя лишь его вершины. Сетку квадратов геометрического нивелирования заменяем точками, расположенными на вершинах квадратов с подписанными абсолютными отметками.

Строим на плане горизонтали, которые показываем коричневым цветом.

Все контуры и рельеф, изображаемые на плане вычерчиваются цветной тушью. При этом необходимо выдержать очертания и размеры согласно условным знакам, приведенным для масштаба 1:1000 (рис.18).









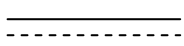




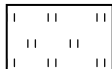
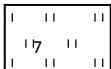

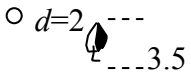
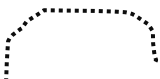
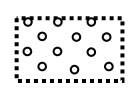
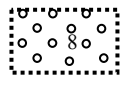
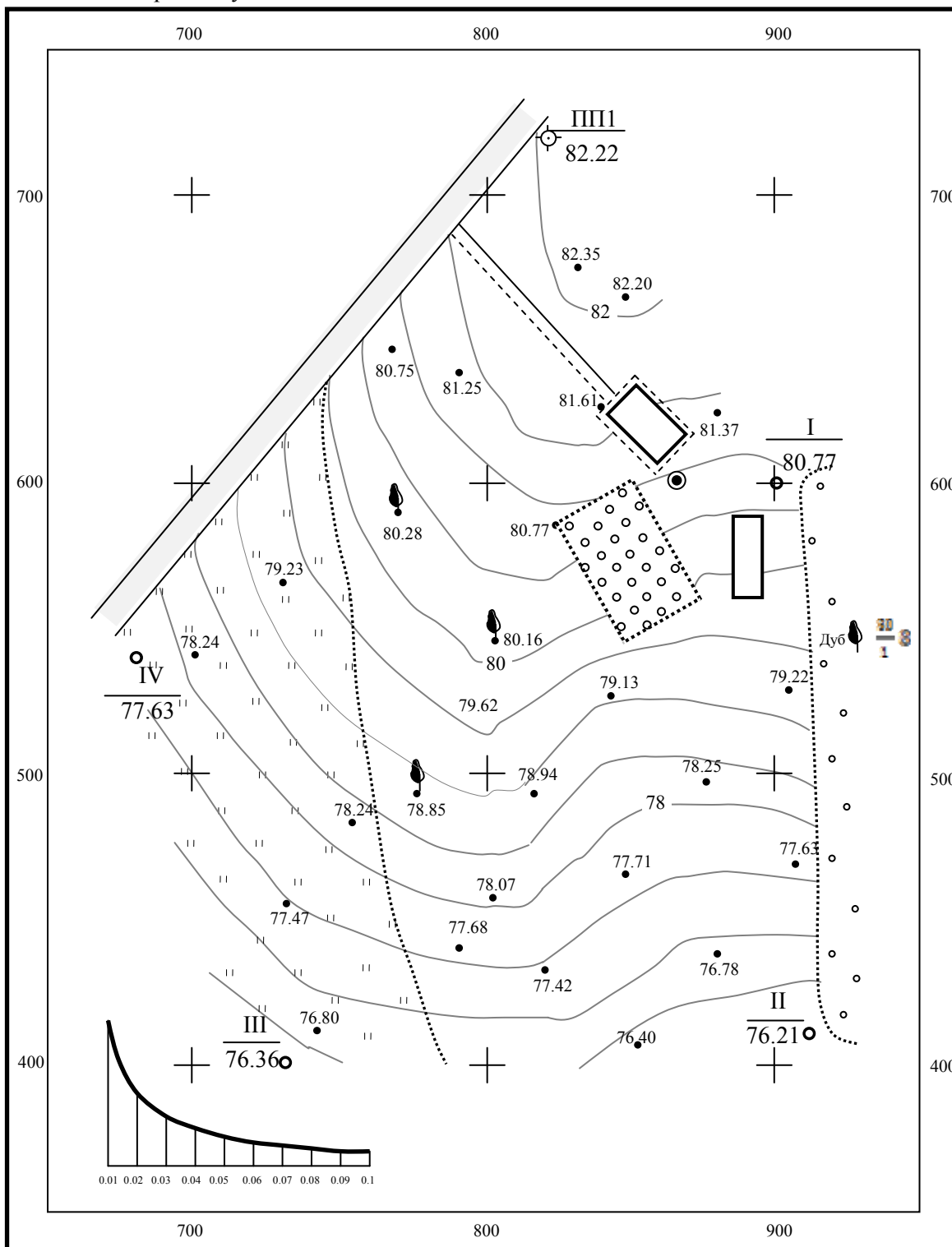
Изображения на планах	Названия	Цвет изображения	Размеры, мм
а.  I б.  II	а. Точка плановой сети и ее номер. б. Вершина теодолитного хода и ее номер	Черный	 $d = 3$
	Абсолютная отметка точки	Черный	 $d = 1$
	Пересечение координатных линий	Зеленый	
	Дорога асфальтированная	Край черный. Внутри отмывка розовым.	Ширина дороги показана в масштабе
	Дорога грунтовая	Черный	Ширина дороги показана в масштабе
	Здание каменное жилое	Черный	Размеры даны в масштабе.
	Постройка каменная нежилая	Черный	Размеры даны в масштабе
120.3  Гл.7 м.	Колодец (120,3 – отметка поверхности земли, 7 – глубина колодца)	Черный	 $d = 3$
	Луг	Черный	
	<u>Высота</u> / Расстояние между деревьями Лес лиственный	Черный	 $d=2$ 3.5
	Границы контуров, имеющих извилистые формы: Граница леса, граница луга	Черный	
	Сад 8 – расстояние между деревьями в мм	Черный	
	Горизонтали. Утолщенные основные	Коричневый	

Рис. 17. Условные обозначения к топографическому плану

ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ПЛАН

Системы координат условные

ПГУАС



Выполнил ст. гр. ЗиК 12
Иванов И.И.

Масштаб 1:1000
Горизонталы проведены через 0,5 м

Проверил
Оценка

Рис.18. Топографический план участка. Масштаб 1:1000

Задание

По результатам тахеометрической съемки рассчитываем абсолютные отметки тахеометрических точек. Выносим тахеометрические точки на план. Подписываем номер точки в числителе, а ее абсолютную отметку в знаменателе. Между тахеометрическими точками, вершинами теодолитного хода и отметками вершин площадки нивелирования строим горизонтали через 0,5 метра. Строим график заложения и выносим его на план. Окончательно оформляем план теодолитной съемки с учетом условных знаков приведенных на рис. 17.

Контрольные вопросы

1. Что такое тахеометрическая съемка?
2. Каким способом нивелирования определяются отметки тахеометрических точек?
3. Как выносятся тахеометрические точки на план?
4. Для чего составляется абрис тахеометрической съемки?
5. Почему важно при тахеометрической съемке наводить нить тахеометра на высоту прибора, отмеченного на рейке?
6. Как строятся горизонтали при тахеометрической съемке?
7. Способы построения горизонталей?
8. Принцип построения графика заложения?
9. Как оформляется топографический план?
10. Требования предъявляемые к оформлению топографического плана?

Литература

1. Золотова, Е.В. Геодезия с основами кадастра / Е.В.Золотова, Р.Н.Скогорева. – М.: Академический Проект; Трикста, 2011. – 413 с.
2. Неумывакин, Ю.К. Практикум по геодезии / Ю.К.Неумывакин. – М.: КолосС, 2008. – 318 с.
3. Поклад, Г.Г. Геодезия / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М.: Академический проект, 2008. – 592 с.
4. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учебник/ Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
5. Пономаренко, В.В. Геодезия: учебное пособие / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 164 с.
6. Пономаренко В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии для ФАУТ /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.
7. Пономаренко, В.В. Составление топографического плана участка: мультимедийное, учебно-методическое пособие /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС. 2014.

Лабораторная работа №5

СОСТАВЛЕНИЕ КАРТОГРАММЫ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЕКТНЫХ ОТМЕТОК. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧИХ ОТМЕТОК. ПРОВЕДЕНИЕ ЛИНИИ НУЛЕВЫХ РАБОТ

Одной из составных частей генерального плана строительства, является проект вертикальной планировки застроенной территории. В соответствии с этим проектом, естественный рельеф преобразуется, путем выполнения земляных работ. Преобразование естественного рельефа в проектный рельеф, называется вертикальной планировкой.

В зависимости от задач строительства, проектный рельеф может быть горизонтальным, иметь уклон в одну или в две стороны, или иметь сложную поверхность. Проектирование площадок производится по топографическим планам 1:500–1:5000 масштабов, или по результатам нивелирования поверхности, при условии нулевого баланса земляных работ, т.е. примерном равенстве насыпей и выемок. Для решения этой задачи строительный участок нивелируется по сетке квадратов со стороной от 10 до 50 метров. В данном задании за участок работ принимается сетка из двенадцати квадратов, по которым было проведено геометрическое нивелирование. Задачей данной работы является подготовка наклонной площадки 120×90 метров (Проектирование наклонной оформляющей плоскости с уклоном в одном направлении). Работа должна быть выполнена с наименьшими физическими и материальными затратами. Студенты выполняют работу по своим данным полученным при нивелировании площадки. Сторона квадрата равна 30 метрам. Работа выполняется самостоятельно, в масштабе 1:1000 на листе чертежной бумаги А4.

Определение проектных отметок

На сетку квадратов вносятся абсолютные отметки вершин квадратов, которые подписываются черным цветом под горизонтальной разделительной линией каждого квадрата (рис.19). Проектирование наклонной оформляющей плоскости с уклоном в одном направлении начинается с деления площадки на две равные части. Работу начинаем с определения проектной отметки, (центра тяжести) правой половины площадки (рис. 19). Проектная отметка половины площадки определяется по формуле:

$$H_x' = (\Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + 4 \Sigma H_4) / 4n,$$

где ΣH_1 – отметки вершин, принадлежащих только одному квадрату; ΣH_2 – отметки вершин, в которых сходятся два квадрата; ΣH_4 – отметки вершин, в которых сходятся четыре квадрата (см. рис. 19); $n = 6$ – число

квадратов половины площадки. Например: для рассматриваемого варианта H_x' будет равно:

$$\Sigma H_1 = 77,63 + 76,21 + 78,23 + 76,80 = 308,87;$$

$$2\Sigma H_2 = (76,81 + 76,25 + 76,40 + 77,42 + 77,71 + 77,48) \cdot 2 = 924,14;$$

$$4 \Sigma H_4 = (76,78 + 77,07) \cdot 4 = 615,40;$$

$$H_x' = (308,87 + 924,14 + 615,40) / 24 = 77,01 \text{ м.}$$

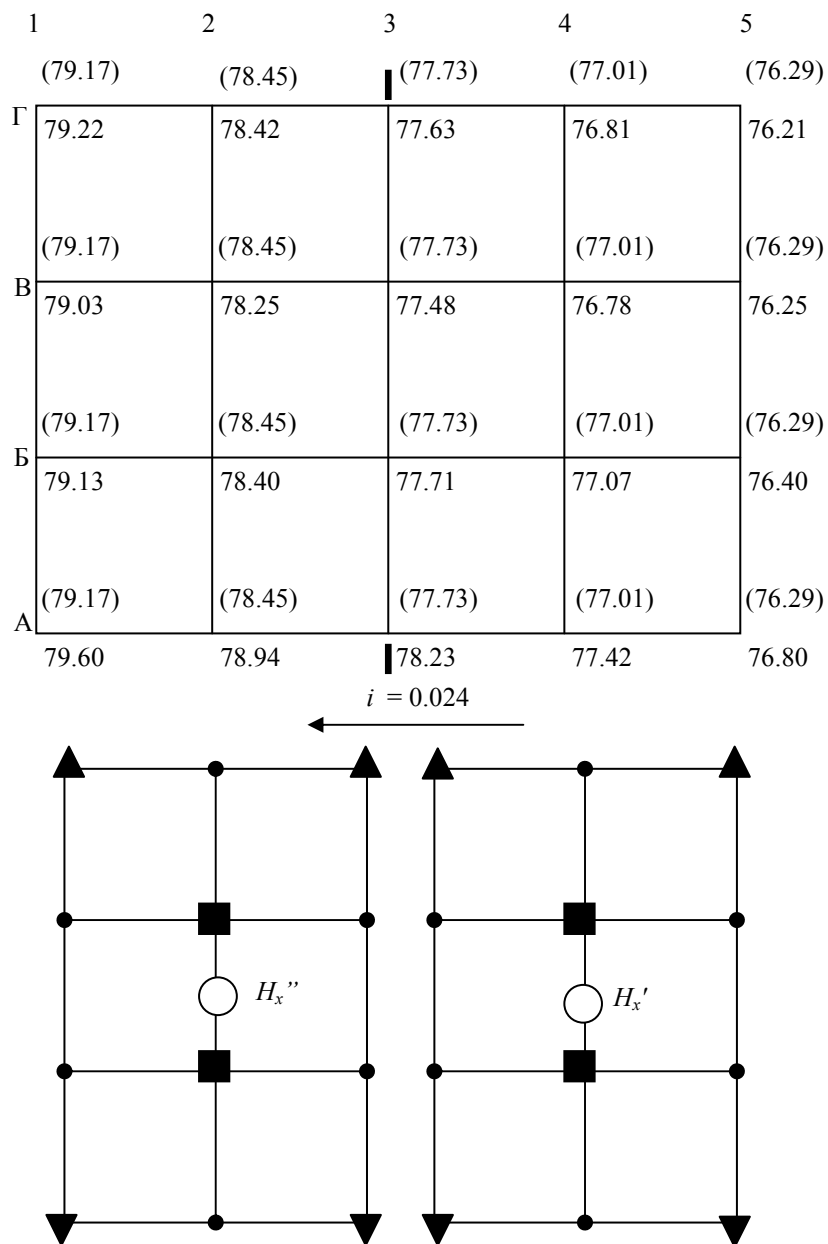


Рис. 19. Схема определения проектных отметок обеих половинок площадки (скобками указывается красный цвет цифр)

Эта отметка является проектной, для всех вершин квадратов линии №4 проектируемой площадки. Она подписывается красным цветом над разделительной, горизонтальной линией, над абсолютной отметкой вершины квадрата (см. рис.19). Красный цвет показан скобками.

Аналогичным образом вычисляем проектную отметку H_x'' левой половины площадки. Отметки по линии 3 являются общими для обеих половинок площадок.

$$H_x'' = (314,68 + 941,42 + 626,60) / 24 = 78,45 \text{ м.}$$

Отметку по линии 3 (H_3) рассчитываем по формуле:

$$H_3 = (H_x' + H_x'') / 2 = 77,73 \text{ м.}$$

Определяем уклон площадки по формуле:

$$i = (H_x'' - H_x') / 2d = (78,45 - 77,01) / 60 = 0,024,$$

где d – длина стороны квадрата, равная 30 метрам.

Проектные отметки по линиям 1 и 5 рассчитываются по формулам:

$$H_1 = H_x'' + id = 78,45 + 0,024 \cdot 30 = 79,17 \text{ м;}$$

$$H_5 = H_x' - id = 77,01 - 0,024 \cdot 30 = 76,29 \text{ м.}$$

Вписываем полученные проектные отметки по линиям 1; 3; 5 красным цветом над абсолютными отметками.

Определение рабочих отметок

Рабочие отметки показывают, какой вид работ необходимо выполнить в том, или ином квадрате, чтобы преобразовать естественный рельеф в проектный рельеф. Они рассчитываются по формуле:

$$h_r = H_{пр} - H_{абс},$$

где $H_{пр}$ – проектная отметка точки; $H_{абс}$ – абсолютная отметка этой же точки. Отрицательный знак рабочей отметки, говорит о том, что для достижения проектной отметки необходимо срезать грунт, положительный о необходимости насыпных работ (рис.20).

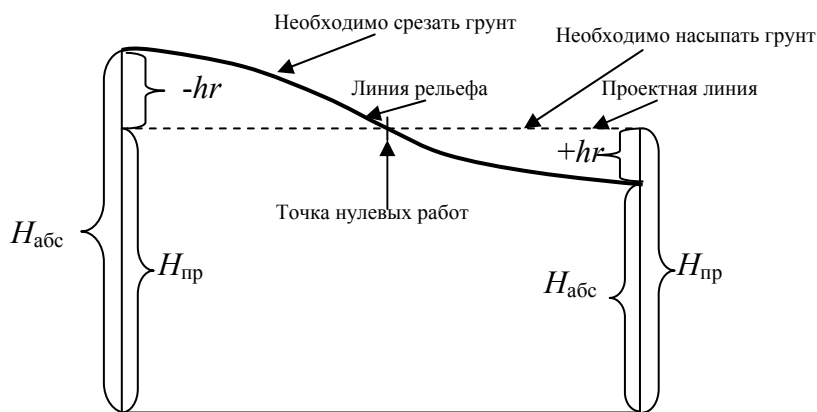


Рис. 20. Схема определения рабочей отметки

Например рабочие отметки точек Г1 и В1 означают:

$h_{Г1} = 79,17 - 79,22 = -0,05$ м – необходимо срезать грунт.

$H_{В1} = 79,17 - 79,03 = +0,14$ – необходимо насыпать грунт.

Определяем все проектные отметки и подписываем их красным цветом, слева от проектной отметки, за разделительной вертикальной линией квадратов.

Проведение линии нулевых работ

Линия нулевых работ проводится через точки в которых, проектные отметки равны абсолютным отметкам. Расстояние до линии нулевых работ рассчитывается по формуле

$$X = \frac{|hr_1|}{|hr_1| + |hr_2|} \cdot d,$$

где hr_1 и hr_2 – рабочие отметки; d – расстояние между точками с этими отметками. Знак модуля означает, что при расчетах, знаки рабочих отметок не учитываются. Линия нулевых работ проводится только между точками, рабочие отметки которых имеют разные знаки (рис.21).

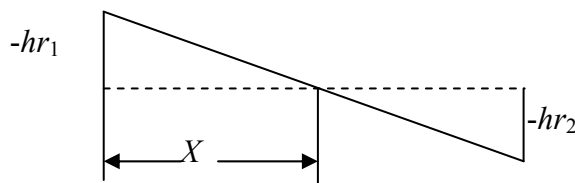


Рис. 21. Определение расстояния до линии нулевых работ

Например определяем положение линии нулевых работ между точками Г1 и В1.

$$X = \frac{|-0,05|}{|-0,05| + |0,14|} \cdot 30 = 7,9 \text{ м} = 0,79 \text{ см в } 1:1000 \text{ масштабе.}$$

Откладываем это расстояние от точки, рабочая отметка которой стоит в числителе, т.е. Г1.

Определяем расстояния до линии нулевых работ на всей площадке и, соединив полученные точки, проводим линию нулевых работ (рис.22). Линия нулевых работ, выносится на картограмму, синим цветом. Насыпь закрашивается желтым цветом, выемка розовым или светло-фиолетовым цветом.

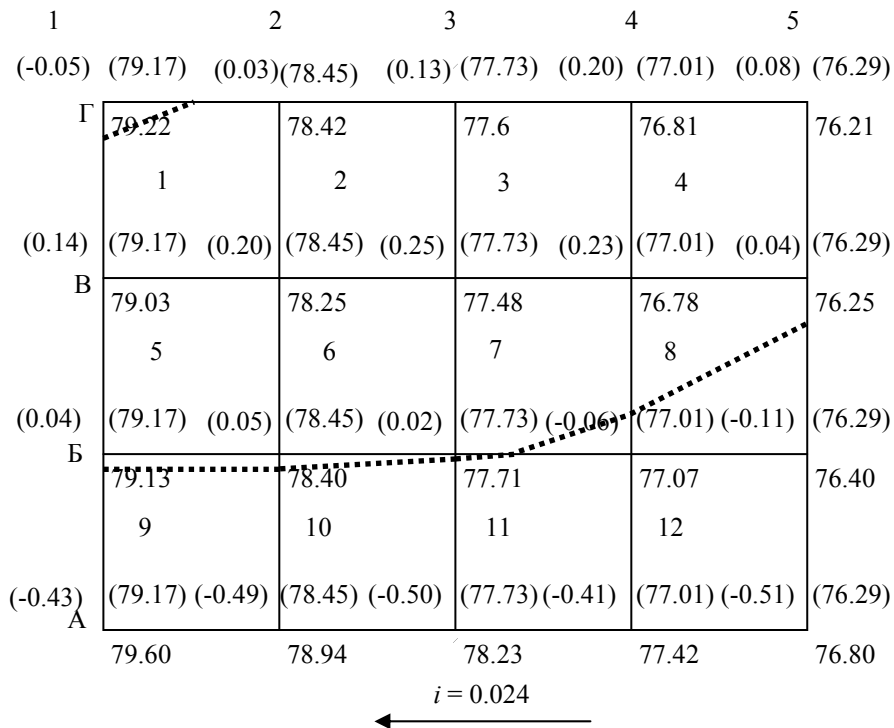


Рис.22. Проведение линии нулевых работ

Задание

По результатам нивелирования площадки состоящей из 12 квадратов построить оформляющую плоскость с наклоном в одном направлении в следующей последовательности:

- Определить проектную отметку H_x' правой половины площадки.
- Определить проектную отметку H_x'' левой половины площадки
- Вычислить проектные отметки всех вершин квадратов.
- Вычислить рабочие отметки всех вершин квадратов.
- Выполнив необходимые расчеты, провести линию нулевых работ.

Контрольные вопросы

1. Что такое вертикальная планировка?
2. Какие виды оформляющих плоскостей вам известны?
3. Как определяется проектная отметка правой половины площадки?
4. Как определяется проектная отметка левой половины площадки?
5. Как рассчитывается уклон площадки?
6. Что такое рабочая отметка?
7. Что показывает знак рабочей отметки?
8. Между точками с какими рабочими отметками проводится линия нулевых работ?
9. Понятие линии нулевых работ.
10. Формула определения расстояния до линии нулевых работ.

Литература

1. Золотова, Е.В. Геодезия с основами кадастра / Е.В.Золотова, Р.Н.Скогорева. – М: Академический Проект; Трикста, 2011. – 413 с.
2. Неумывакин, Ю.К. Практикум по геодезии / Ю.К.Неумывакин. – М.: КолосС, 2008. – 318 с.
3. Поклад, Г.Г. Геодезия / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М.: Академический проект, 2008. – 592 с.
4. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учебник / Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
5. Пономаренко, В.В. Геодезия: учебное пособие / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 164 с.
6. Пономаренко, В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии для ФАУТ /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013
7. Пономаренко, В.В. Вертикальная планировка. составление плана земляных масс: мультимедийное, учебно-методическое пособие /В.В. Пономаренко – Пенза: ПГУАС, 2014.

Лабораторная работа №6

СОСТАВЛЕНИЕ КАРТОГРАММЫ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС.

РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Расчет баланса земляных масс

Для определения баланса земляных масс необходимо вычислить объемы насыпей и выемок. Для вычисления объемов земляных масс, составляется табл. 6. Таблица вычерчивается на листе А4. Предварительно производится нумерация квадратов площадки (рис.22). Номера квадратов вносятся в первый столбец табл. 6.

Линия нулевых работ делит квадраты на простые геометрические фигуры, площадь которых подсчитывается по геометрическим формулам. Основными фигурами, получившимися в результате проведения линии нулевых работ, являются треугольники, трапеции, пятиугольники и квадраты. Вносим значки фигур в столбцы 2 и 3, согласно видам работ, т.е. Н – насыпь, В – выемка.

Вычисление площадей

Вычисление площадей полученных геометрических фигур, производим по геометрическим формулам.

Например: площадь треугольника в первом квадрате равна:

$$S_{\Delta} = a \cdot h / 2 = (7,9 \text{ м} \cdot 15 \text{ м}) = 118,5 \text{ м}^2.$$

Площадь пятиугольника равна площади квадрата минус площадь треугольника:

$$S_{\square} = 900 \text{ м}^2 - 118,5 \text{ м}^2 = 781,5 \text{ м}^2.$$

Площадь трапеции половине суммы оснований умноженной на высоту:

$$S_{\text{трап}} = [(a+b)/2] \cdot h.$$

Площадь квадрата равна квадрату его стороны:

$$S_{\square} = a^2.$$

Можно посоветовать студентам, контролировать вычисление площадей, так как сумма любых фигур в квадрате, равна площади квадрата.

Например: сумма площадей двух трапеций равна площади квадрата. Вычисляем площади остальных фигур и вносим их значения в табл. 6, столбцы 4 и 5.

Вычисление средних рабочих отметок

Для получения объема фигуры, необходимо знать площадь этой фигуры и ее высоту ($V = S \cdot h$). За высоту, при расчете объемов земляных масс, принимается средняя рабочая отметка, которая вычисляется следующим образом. Для примера возьмем первый квадрат нашей площадки. Линией нулевых работ 1 квадрат разделен на треугольник и пятиугольник. Как видно из рис. 23 все точки пятиугольника находятся ниже плоскости проходящей через линию нулевых работ (утолщенная пунктирная линия), а в треугольнике выше этой плоскости.

$$hr_{\text{ср}\Delta} = (hr_1 + hr_2 + hr_3 + hr_4 + hr_5) / 5 = (0 + 0,03 + 0,20 + 0,14 + 0) / 5 = 0,074 \text{ м,}$$

$$hr_{\text{ср}\Delta} = (hr_1 + hr_2 + hr_3) / 3 = (0 + 0,05 + 0) / 3 = 0,016 \text{ м.}$$

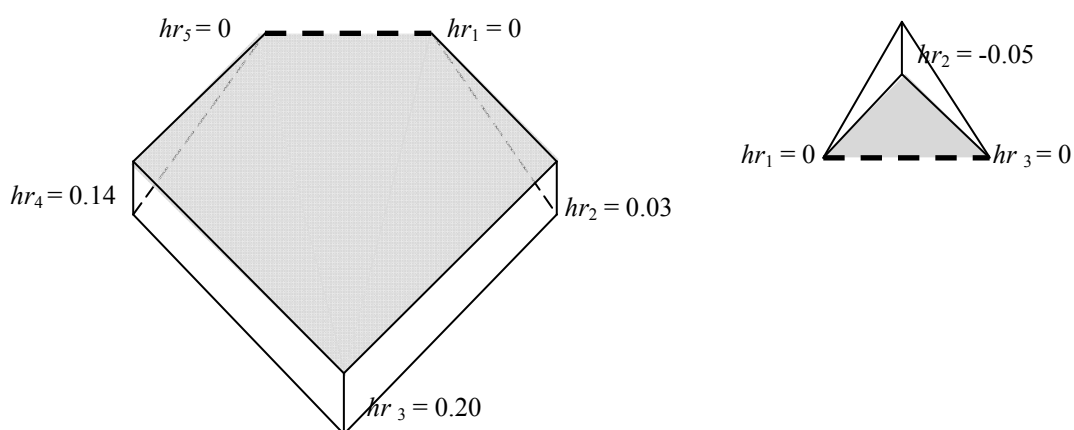


Рис.23. Треугольная и пятиугольная призмы, образованные, при сечении земной поверхности проектной плоскостью, проходящей через линию нулевых работ

Средние отметки остальных фигур рассчитываются по формулам:

$$hr_{\text{ср}\square} = (hr_1 + hr_2 + hr_3 + hr_4) / 4,$$

$$hr_{\text{ср трап.}} = (hr_1 + hr_2 + hr_3 + hr_4) / 4.$$

Рабочие отметки точек, находящихся на линии нулевых работ равны нулю.

Вычисляем объемы насыпи и выемки в каждом квадрате по формуле

$$V = S \cdot h_{\text{ср.}}$$

Данные вносим в табл. 6, столбцы 8 и 9. Полученные значения округляем до 1 десятой кубического метра.

Определяем суммарные объемы насыпи и выемки и подводим баланс земляных работ по формуле

$$m = \frac{\sum V_{\text{н}} - \sum V_{\text{в}}}{\sum V_{\text{н}} + \sum V_{\text{в}}} \cdot 100 \% = \frac{833,4 - 832,4}{833,4 + 832,4} \cdot 100 \% = 0,5 \% \leq 5 \%$$

Если полученное число меньше 5 %, то расчет выполнен, верно. Объемы насыпей и выемок вносим в каждый квадрат картограммы земляных масс, красным цветом.

Т а б л и ц а 6

Определение объемов земляных работ

№ квадрата	Вид фигуры		Площадь, м ²		Средние рабочие отметки, м		Объем, м ³	
	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	△	△	781,5	118,5	0,074	0,016	57,8	1,9
2	□	-	900	0	0,153	0	137,7	0
3	□	-	900	0	0,200	0	180	0
4	□	-	900	0	0,137	0	123,3	0
5	□	-	900	0	0,108	0	97,2	0
6	□	-	900	0	0,130	0	117	0
7	△	△	830,25	69,75	0,100	0,02	83	1,4
8	△	△	507	393	0,068	0,043	34,5	16,9
9	△	△	79,95	820,05	0,023	0,228	1,8	187
10	△	△	58,95	841,05	0,018	0,248	1,1	208,6
11	△	△	4,31	895,69	0,007	0,194	0,0	173,6
12	-	□	0	900	0	0,270	0	243
							ΣV _Н	ΣV _В
							833,4	832,4

Оформляем картограмму земляных работ на листе А4. В нижней части листа вычерчиваем штамп. Заполнение граф штампа производится по образцу (рис.24).

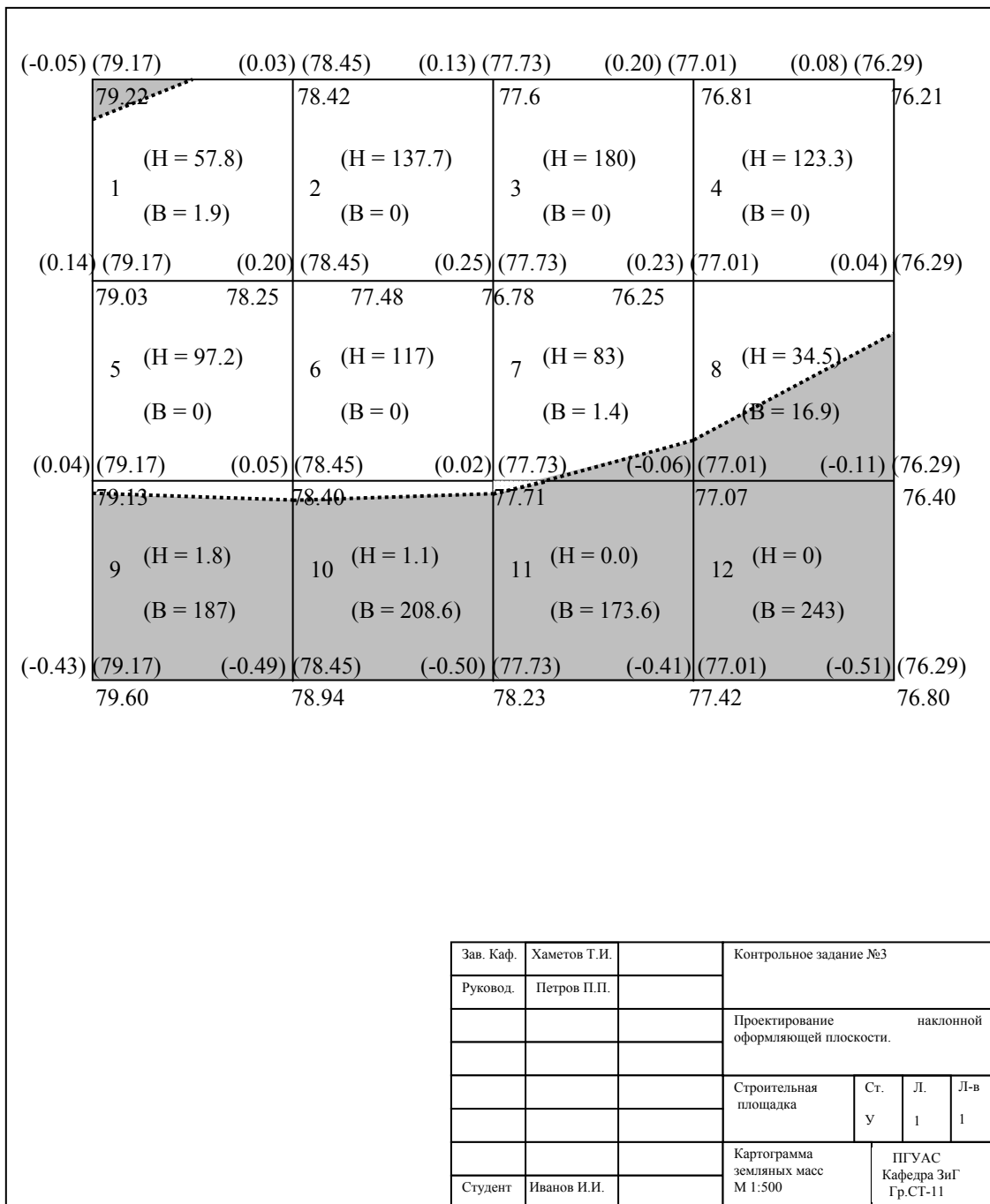


Рис.24. Картограмма земляных масс

Задание

С учетом линии нулевых работ вычислить в каждом квадрате площади полученных фигур и определить средние рабочие отметки в каждой фигуре. Все данные внести в табл. 6. Определить объемы насыпи и выемки

в каждом квадрате. Вычислить сумму насыпи и сумму выемки всей площадки.

Подвести баланс земляных работ. Если полученное значение $m < 5\%$, то работа выполнена правильно. Оформить картограмму земляных работ на листе А4 согласно предъявляемым требованиям. На втором листе А4 оформить табл. 6, и под ней привести расчет баланса земляных работ.

Контрольные вопросы

1. На какие фигуры делит квадраты линия нулевых работ?
2. Как определяется площади этих фигур?
3. Что такое средняя рабочая отметка?
4. Как рассчитывается средняя рабочая отметка?
5. Чему равна рабочая отметка, лежащая на линии нулевых работ?
6. Как вычисляются объемы земляных масс в каждом квадрате?
7. Для чего определяется сумма объемов насыпи и выемки?
8. Что показывает баланс земляных работ?
9. Формула его определения?
10. Какова допустимая величина m ?

Литература

1. Золотова, Е.В. Геодезия с основами кадастра / Е.В.Золотова, Р.Н.Скогорева. – М.: Академический Проект; Трикста, 2011. – 413 с.
2. Неумывакин, Ю.К. Практикум по геодезии / Ю.К.Неумывакин. – М.: КолосС, 2008. – 318 с.
3. Поклад, Г.Г. Геодезия / Г.Г. Поклад, С.П. Гріднев. – М.: Академический проект, 2008. – 592 с.
4. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учебник / Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
5. Пономаренко, В.В. Геодезия: учебное пособие / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 164 с.
6. Пономаренко, В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии для ФАУТ / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.
7. Пономаренко, В.В. Вертикальная планировка. составление плана земляных масс: мультимедийное, учебно-методическое пособие / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2014.

Лабораторная работа №7
ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ.
ЗАПОЛНЕНИЕ ПИКЕТАЖНОГО ЖУРНАЛА.
РАСЧЕТ РЕЗУЛЬТАТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ
ТРАССЫ АВТОДОРОГИ

Наиболее типичным примером линейных сооружений является автодорога, так как методы ее изыскания и проектирования характерны для всех линейных сооружений и охватывает широкий комплекс работ. Цель работы получения навыков студентами в расчетах и построении профиля автодороги.

Проектирование трассы автодороги. Содержание работы

По данным журнала нивелирования, построить продольный и поперечный профили участка трассы автодороги. Нанести на продольный профиль проектную линию. Работа состоит из следующих этапов: обработка пикетажного журнала; обработка журнала геометрического нивелирования; построение продольного профиля в масштабах: горизонтальный 1:2000, вертикальный 1:200; построение поперечного профиля в масштабах: горизонтальный 1:500, вертикальный 1:200; построение на продольном профиле проектной линии; оформление работы. Задание выполняется на листе миллиметровой бумаги формата А3.

Исходные данные

Отметка репера 1 равна

$$50 + N, N,$$

где N – номер студента по списку, например 22, тогда:

$$H_{Pn1} = 50 + 22,22 = 72,220.$$

Отметка репера 2 (H_{Pn2}) во всех вариантах на 4,172 метра, меньше отметки репера 1 (H_{Pn1}), т.е. ($H_{Pn2} = 72,220 - 4,172 = 68,048$ м).

Румб первоначального направления трассы автодороги рассчитывается из значения дирекционного угла направления I – III1 теодолитного хода.

Для выбранного в качестве примера варианта:

$$\alpha_{I-III1} = \alpha_{III1-I} + 180^\circ = 146^\circ 18' + 180^\circ = 326^\circ 18',$$

$$r_{I-III1} = 360^\circ - 326^\circ 18' = СЗ 33^\circ 42'.$$

Правый угол поворота φ рассчитывается по формуле $\varphi = 10 + N = 32^\circ$.

Построение проектной линии автодороги

Проектной линия автодороги строится исходя из следующих данных: проектная отметка на пикете ПК1 на 0,5 метра ниже абсолютной отметки ПК1, т.е. $H_{ПК1пр} - H_{ПК1} = - 0,5$ м, проектная отметка точки ПК2 равна абсолютной отметке точки ПК2, проектная отметка на точке ПК4+60 равна абсолютной отметке точки ПК4+60, проектная отметка на ПК6 на 0,2 м ниже абсолютной отметки ($H_{ПК6пр} - H_{ПК6} = - 0,2$ м). Проектная линия автодороги рассчитывается исходя из ряда технических условий, главным из которых является предельно допустимый уклон продольной линии автодороги. Для дорог федерального значения он не должен превышать $i < 0,040 - 0,050$, для дорог местного значения предельный уклон допускается в пределах $i = 0,060 - 0,090$. Проектная линия рассчитывается исходя из нулевого баланса земляных работ, т.е. примерной компенсации объемов насыпей и выемок.

Трассирование автодороги

Продольная ось линейного сооружения называется трассой. Задать на местности положение трассы, значит задать положение самого линейного сооружения. Наиболее типичным примером линейных сооружений является автодорога, так как методы ее изыскания и проектирования характерны для всех линейных сооружений и охватывает широкий комплекс работ. Ортогональная проекция линейного сооружения на горизонтальную плоскость представляет собой чередование прямых и кривых линий, плавно переходящих друг в друга. Комплекс работ по выбору трассы называется трассированием, он подразделяется на полевое и камеральное трассирование.

Камеральное трассирование

На начальном этапе трассирования используют топографические карты 1:25000 и 1:50000 масштабов. На этих картах выбираются опорные точки, через которые должна пройти автодорога. В гористой или сильно всхолмленной местности, основным фактором, влияющим на выбор трассы, является рельеф, так как крутизна скатов на местности, превышает допустимые значения для проектируемых сооружений. В таких условиях трассу ведут напряженным ходом, т.е. выбирают такие направления, где бы уклон местности соответствовал допустимым значениям уклона трассы. В таких случаях строится линия с заданным уклоном. Обычно строится несколько вариантов (рис.25), из которых выбирается наиболее приемлемый.

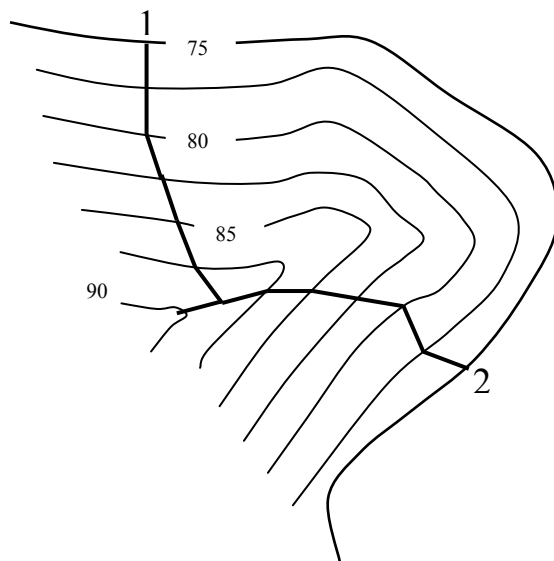


Рис.25. Пример выбора направления трассы

Разместив, трассу на карте, определяют координаты ее углов поворота, строят пикетаж, делают расчет сопрягающих кривых и составляют продольный профиль, используя для этого высоты точек, найденные по горизонталям.

Полевое трассирование

Полевое трассирование начинается с рекогносцировки, т.е. на местности отыскиваются точки опорной геодезической сети, и осуществляется привязка к ним. Производится разбивка пикетажа (вдоль трассы последовательно откладываются отрезки по 100 метров). Начало и конец отрезков закрепляются кольшками, которые называются пикетами. Нумерация пикетов ведется от начала трассы. Первому пикету присваивается 0 номер.

Помимо пикетов на местности закрепляются рельефные точки (перегибы скатов), контурные (пересечение трассой контуров местности), а также вершины углов поворота. Эти точки называются плюсовыми. Расстояние до них измеряется в метрах от младшего пикета. Например: имеется точка ПКЗ+40, это значит, что она удалена на 340 метров от начала трассы (нулевого пикета).

Для характеристики поперечных уклонов местности в обе стороны от трассы разбиваются поперечники, которые также обозначаются кольшками с подписанными на них номерами, а так же направлениями и расстояниями от трассы, (Право – 20, Лево – 20), что означает, точка расположена в 20 метрах вправо или влево от трассы. Одновременно с разбивкой пикетажа ведется съемка местности, прилегающей к трассе. Результаты съемки заносятся в пикетажный журнал, в котором трассу обозначают

прямой линией, а углы поворота стрелками. В пикетажный журнал записывают номера и данные привязок, реперов, пикетов, поперечников, положение плюсовых точек. Сведения о грунтах в пределах трассы. На этой же стороне журнала приводятся данные расчета круговых кривых и их пикетажные значения.

Расчет элементов круговой кривой

При разбивке линейных сооружений возникает необходимость разбивки круговых кривых, т.е. дуг определенного радиуса. Разбивка кривой сводится к плановому определению трех ее точек: Начала кривой (НК), середины кривой (СК) и конца кривой (КК). С этой целью определяют точку поворота трассы и измеряют угол поворота φ , а также определяют радиус дуги R . Радиус выбирают произвольно, но не меньше значения установленного для данной категории дорог. В данном варианте $\varphi_{\text{пр}} = 32^\circ$, $R = 200$ метров. Угол поворота и радиус дуги являются основными параметрами круговой кривой.

Определяем главные элементы круговой кривой:

а. Тангенс кривой (Т) – расстояние от вершины угла до точек касания.

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \varphi / 2.$$

б. Длина кривой (К) – расстояние между точками касания, считываемое по кривой.

$$K = \pi R (\varphi / 180^\circ).$$

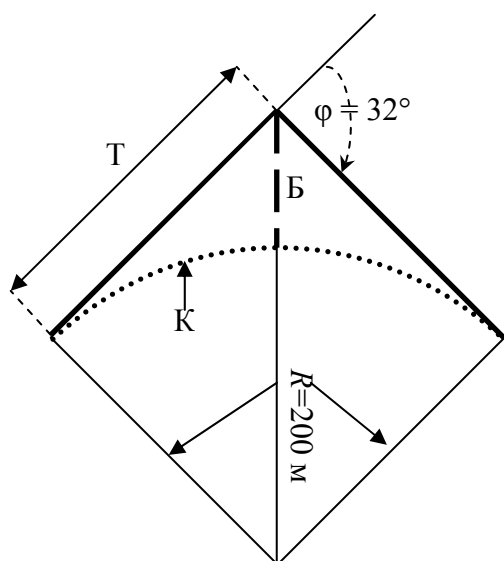
в. Биссектриса – расстояние от вершины угла до середины кривой.

$$B = R \cdot \left[\frac{1}{\cos \varphi / 2} - 1 \right].$$

г. Домер – разница расстояний считываемых по тангенсам и по кривой.

$$D = 2T - K.$$

Главные элементы кривой, зависят от параметров кривой (радиуса кривой и угла поворота). Чтобы найти на местности точки касания круговой кривой (НК и КК), от вершины угла (ВУ) в обе стороны откладываются тангенсы кривой (Т).



$$T = R \cdot \operatorname{tg}(\varphi/2) = 200 \cdot 0,287 = 57,4 \text{ м}$$

$$K = \pi R (\varphi / 180^\circ) = 111,64 \text{ м}$$

$$B = R \cdot [(1: \cos\varphi/2) - 1] = 8,12 \text{ м}$$

$$D = 2T - K = 3,16 \text{ м}$$

Рис. 26. Пример расчета элементов круговой кривой

Середину кривой находят, разделив с помощью теодолита смежный с углом поворота φ угол (β) пополам, а затем по этому направлению откладывают величину биссектрисы. Поскольку линейные измерения производятся по прямым участкам трассы, а вычисление расстояния трассы должно вестись с учетом кривых (длина которых меньше длины прямых касательных), в длину трассы вводится поправка домер (D). Домер удобнее откладывать сразу за вершиной угла. Например: $\varphi = 32^\circ$, $R = 200$ метров. Определяем элементы круговой кривой (рис. 26).

Определение пикетажных значений главных точек кривой

Пикетаж главных точек кривой вычисляется с точностью до сантиметра, взяв за основу пикетаж вершины угла поворота.

$$НК = ВУ - Т,$$

где ВУ – вершина угла;

$$КК = НК + К.$$

После расчета значений НК и КК производим контроль.

$$КК = ВУ + Т - D,$$

$$СК = КК - K/2,$$

$$СК = НК + K/2.$$

Разница между двумя значениями середины кривой не должна превышать 2 см. В случае, когда кривая имеет большие тангенсы, точки начала и конца кривой откладываются от ближайших пикетов. Пример заполнения первой страницы пикетажного журнала и расчета пикетажных

значений главных точек кривой приведен на рис. 27. Значения элементов и параметров круговой кривой (рис. 27).

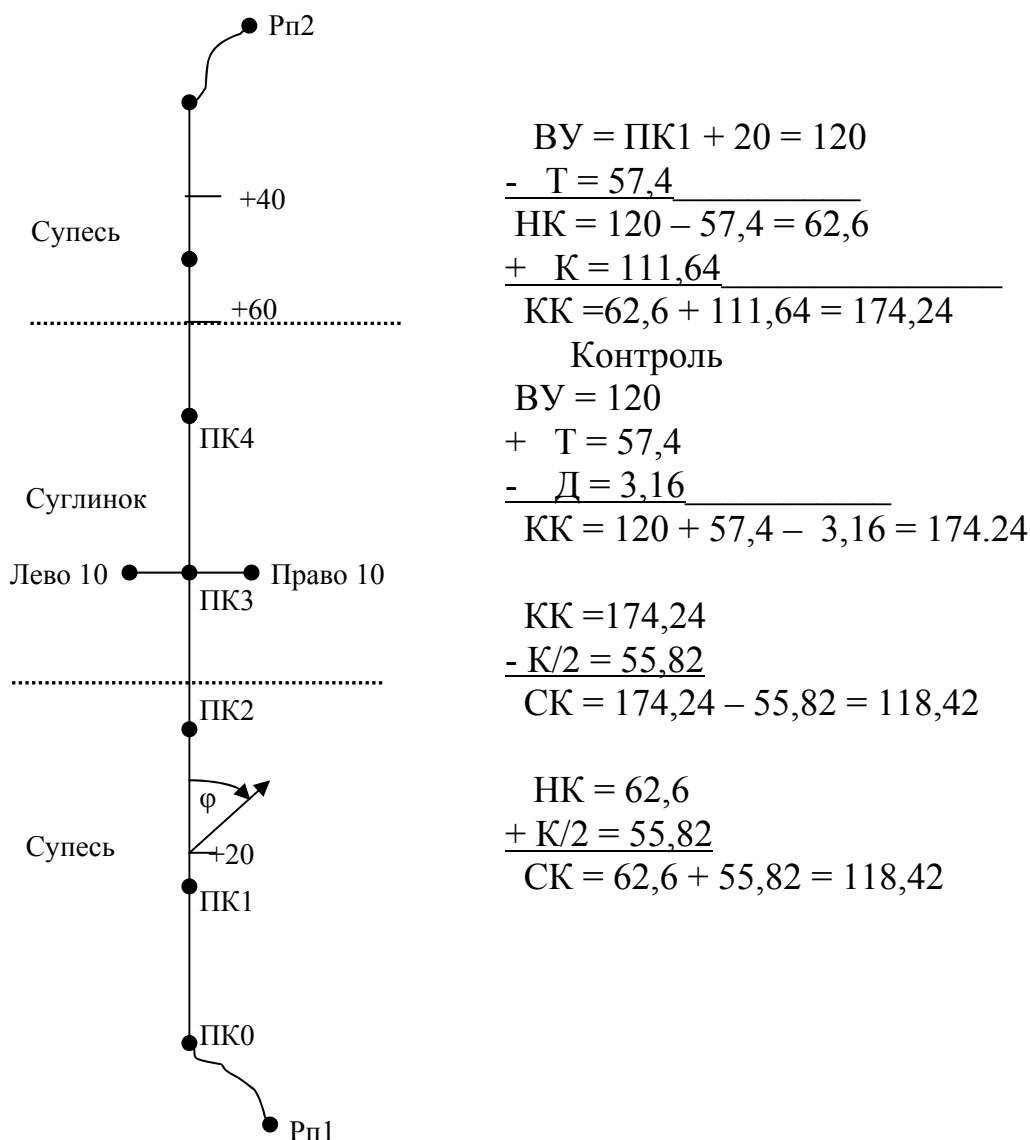


Рис. 27. Пример заполнения пикетажного журнала трассы автодороги

Вынос пикетов с тангенсов на кривую

При разбивке круговых кривых, пикеты с тангенса на кривую, выносятся методом прямоугольных координат. За ось X принимается тангенс кривой, а за ось Y линия перпендикулярная тангенсу. Величину X откладывают от начала кривой по тангенсу для пикетов, расположенных до поворота и от конца кривой для пикетов, расположенных за поворотом. Как видно из значений пикетажа на кривую попадает только пикет №1, который находится до поворота. Определяем его положение на тангенсе.

Для того, чтобы определить положение пикета на кривой, необходимо вычислить его координаты X и Y по формулам

$$X = R \cdot \sin \Theta; Y = R \cdot (1 - \cos \Theta),$$

где $\Theta = (s/R) \cdot p$; Θ – внутренний угол; s – длина кривой от ближайшего пикета до НК или КК; $p = 57,3^\circ$ – один радиан.

Определяем значение s .

$$s = \text{ПК1} - \text{НК} = 100 - 62,6 = 37,4 \text{ м. } \Theta = (37,4/200) \cdot 57,3^\circ = 10^\circ 43'.$$

Определяем координаты X и Y :

$$X = 200 \cdot 0,186 = 37,2 \text{ м;}$$

$$Y = 200 \cdot (1 - 0,983) = 3,4 \text{ м.}$$

При выносе пикета с тангенса на кривую, на местности по тангенсу откладывается значение X , затем с помощью теодолита из полученной точки восстанавливается перпендикуляр и по нему откладывается значение Y . Полученная точка соответствует положению пикета на кривой.

Нивелирование трассы

Нивелирование трассы выполняется после разбивки пикетажа с целью определения абсолютных отметок пикетажных, плюсовых и других точек на оси дороги, точек на поперечных профилях, а также постоянных и временных реперов, установленных вдоль дороги. На равнинной и слабо всхолмленной местности обычно применяется способ геометрического нивелирования. На местности с большими углами наклона целесообразней применять тригонометрическое нивелирование.

Геометрическое нивелирование трассы обычно выполняется по программе нивелирования IV класса, или технического нивелирования в прямом и обратном направлениях, либо двумя нивелирами в одном направлении. Нивелирования по ходу ведут методом из середины, устанавливая равенство плеч на глаз. Пикеты нивелируются как связующие точки, а плюсовые точки и поперечники, как промежуточные.

Все данные по нивелированию трассы автодороги внесены в табл. 7.

Обработка результатов нивелирования трассы производится в следующей последовательности:

а. Определяется превышение между всеми связующими точками, как разница отсчетов, между задними и передними рейками (по черной и красной сторонам реек).

Например: на станции №1 нивелир устанавливался между Рп1 и ПК0. Отсчеты по рейке, установленной на Рп1 являлись взглядом «назад», а

отсчеты по рейке, установленной на ПК0 являлись взглядом «вперед». Соответственно:

$$h_1 = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}} = 2036 - 2520 = -0484,$$

$$h_2 = a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}} = 6236 - 6720 = -0484,$$

$$h_{\text{ср}} = (h_1 + h_2)/2 = -0484.$$

Вычисленные превышения вносим в табл. 7, в столбец вычисленные превышения. Определяем превышения на всех других станциях. Средние превышения вносим в столбец «средние превышения», округляя их значения с точностью до 1 мм.

б. Заполняем графу контроль по ходу. Для этого находим суммы всех значений в столбцах отсчеты по рейкам, сумму всех задних отсчетов и сумму передних отсчетов на обеих страницах журнала нивелирования трассы автодороги. Находим разницу между этими суммами отсчетов. Определяем сумму вычисленных превышений и сумму средних превышений. Данные вносим в табл. 7.

Сумма средних превышений равна

$$\Sigma h_{\text{ср}} = -4156 \text{ мм} = -4.156 \text{ м},$$

но по условию задания, разница между отметками точек Рп1 и Рп2 равна $-4,172$ м, которая получена по результатам нивелирования более высокого класса.

в. Разница между полученным превышением и фактическим превышением между Рп₁ и Рп₂, является невязкой нивелирного хода. Вычисляем ее значение:

$$fh_{\text{пол}} = \Sigma h_{\text{фак}} - \Sigma h_{\text{пол}} = (-4,156) - (-4,172) = +0,016 \text{ м} = -16 \text{ мм}.$$

Определяем допустимую невязку нивелирного хода по формуле

$$fh_{\text{доп}} = \pm 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{L} = \pm 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{0,6} = 38,7 \text{ мм},$$

где L – длина хода в километрах.

Сравнив полученную невязку с допустимой, видим, что $16 \text{ мм} < 38,7 \text{ мм}$. Это позволяет сделать вывод о правильности проведенных измерений.

г. Уравниваем нивелирный ход, разбрасывая полученную невязку равномерно на все превышения с обратным знаком, т.е. $+16 \text{ мм}$: $8 = -2 \text{ мм}$. Полученные поправки вносим в столбец «средние превышения», строкой выше средних превышений. Исправленные превышения записываем строкой ниже средних превышений (табл. 7).

д. Определяем абсолютные отметки всех связующих точек по формуле:

$$H_{\text{посл}} = H_{\text{пред}} + h_{\text{испр}},$$

где $h_{\text{испр}}$ – исправленное превышение.

Например: $H_{ПК0} = H_{Рп1} + h_{испр} = 122,220 - 0,486 = 121,734$ м.

Вычисляем остальные отметки и вносим их в столбец «абсолютные отметки». Определяем разницу между абсолютными отметками Рп2 и Рп1.

$$H_{Рп2} - H_{Рп1} = 68,048 - 72,220 = -4,172 \text{ м.}$$

Убеждаемся, что расчеты выполнены правильно.

г. Определяем отметки промежуточных точек.

Со станций №3 и №4 получены отсчеты на промежуточные точки: ПК1+20 и два поперечника Лево10 и Право 10.

Отметки промежуточных точек определяются через горизонт прибора.

Определяем горизонт прибора (ГП) для станции №3.

$$ГП_{1ст3} = 70,508 + 0,483 = 70,991;$$

$$ГП_{2ст3} = 68,750 + 2,240 = 70,990;$$

$$ГП_{ср.ст3} = 70,991.$$

Отметка точки ПК1+20 равна:

$$H_{ПК1+20} = ГП_{ср.ст3} - c_ч = 70,991 - 0,445 = 70,546 \text{ м,}$$

где $c_ч = 0445$ – отсчет по черной стороне рейки на промежуточной точке ПК1+20.

Т а б л и ц а 7

Журнал геометрического нивелирования трассы автодороги (страница №1)

Номер станции	Нивелируемые точки	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм		Горизонт прибора, м	Абсолютные отметки, м
		Задней	Передней	Промежуточные	Вычисленные	Средние		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Рп1	2036			-0484			72,220
		6236				-0484 ⁻²		
	ПК0		2520		-0484	-0486		71,734
			6720					
2	ПК0	1042			-1223			71,734
		5724				-1224 ⁻²		
	ПК1		2265		-1225	-1226		70,508
			6949					
3	ПК1	0483			-1757		70,991	70,508
		5349				-1756 ⁻²		
	ПК2		2240		-1755	-1758		68,750
			7104					
	ПК1+20			0445				70,546
4	ПК2	0666			-1004			68,750
		5349				-1004 ⁻²		
	ПК3		1670		-1003	-1006		67,744
			6352					
	Лево 10			1433				
Право10			1427					

Окончание табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	ПК3	0677			-1548			67,744
		5361				-1548 ⁻²		
	ПК4		2225		-1548	-1550		66,194
			6909					
Постраничный контроль		32923	44954		-12031	-6016		
			-12031					

Журнал геометрического нивелирования трассы автодороги (страница №2)

Номер станции	Нивелируемые точки	Отсчеты по рейкам (мм).			Превышения (мм).		Горизонт прибора, м	Абсолютные отметки, м
		Задней	Передней	Промежуточные	Вычисленные	Средние		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	ПК4	2200						
		6886						
	ПК5		0645					
			5329					
	ПК4+60			1291				
7	ПК5	1925						
		6521						
	ПК6		1873					
			6467					
	ПК5+40			1444				
8	ПК6	1236						
		5922						
	Рп2		0986					68,048
			5670					
Постраничный контроль		24690	20970		3720	1860		
			3720					
Контроль по ходу		57613	65924 8321		-8321	-4156		

Для станций №4; 6; 7 значения горизонта прибора студенты вычисляют самостоятельно.

Вносим значения ГП и абсолютных отметок, в соответствующие столбцы табл. 7 и вычисляем отметки всех промежуточных точек.

Заполняем вторую страницу журнала нивелирования, делаем постраничный контроль и контроль по ходу, т.е. складываем все значения в столбцах на первой и второй страницах.

Задание

По приведенным в исходным данным необходимо заполнить пикетажный журнал, вычислить элементы круговой кривой и найти пикетажные значения основных точек кривой. Вынести пикет с тангенса на кривую. По результатам нивелирования трассы автодороги определить превышения между связующими точками. Определить невязку, полученную при нивелировании трассы и сравнить ее с допустимой невязкой. В случае положительного результата разбросать невязку хода на все превышения и уравнивать нивелирный ход. Определить абсолютные отметки пикетов, плюсовых точек и поперечников.

Контрольные вопросы

1. Что такое трасса?
2. Камеральное трассирование, виды работ?
3. Полевое трассирование?
4. Что такое пикетажный журнал?
5. Как производится разбивка пикетажа?
6. Что такое напряженный ход трассы, как он прокладывается?
7. Особенности нивелирования профиля линейного сооружения?
8. Как осуществляется привязка профиля?
9. Как производится вычисление допустимости невязки нивелирного хода?
10. Вычисление элементов круговой кривой. Что такое тангенс кривой, биссектриса, домер?
11. Каким способом осуществляется вынос пикета на кривую?

Литература

1. Поклад, Г.Г. Геодезия / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М.: Академический проект, 2008. – 592 с.
2. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учебник/ Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
3. Пономаренко, В.В. Геодезия: учебное пособие / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 164 с.
4. Пономаренко, В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.
5. Пономаренко, В.В. Проектирование трассы и построение продольного профиля автодороги: мультимедийное, учебно-методическое пособие /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2014.

Лабораторная работа №8 ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ. ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ АВТОДОРОГИ

Профиль автодороги строится на листе миллиметровой бумаги формата А3. Продольный профиль автодороги является исходным документом при проектировании автодорог. Профиль строится по материалам нивелирования трассы автодороги (табл. 7), в 1:2000 масштабе (горизонтальный масштаб) и для выразительности рельефа в 10 раз крупнее (1:200) в вертикальном масштабе.

Построение продольного профиля автодороги

Построение профиля начинается с построения сетки, нижняя граница сетки профиля проводится таким образом, что бы мог поместиться штамп. Все необходимые для построения профиля данные заносятся в графы, расположенные в нижней части профиля. Размер и порядок граф показан на рис. 28.

1	10 мм	Уклоны и расстояния
2	15 мм	Проектные отметки
3	15 мм	Абсолютные отметки
4	10 мм	Расстояния
5	20 мм	План полосы местности
6	10 мм	Грунты
7	30 мм	Прямые и кривые

Рис.28. Размеры и наименования граф сетки профиля

Сетка профиля строится таким образом, что бы верхняя граница верхней графы совпала с утолщенной линией миллиметровки. Начало трассы также выбирается на утолщенной линии, в 5–7 сантиметрах от края листа.

Верхняя граница сетки профиля совпадает с линией условного горизонта, которая выбирается таким образом, что бы наименьшая отметка, полученная по результатам нивелирования, была на 4 сантиметра выше линии условного горизонта. Такой отметкой является отметка ПК4. $H_{ПК4} = 66,194$ м. Отметка условного горизонта должна быть кратна 2. Такими числами являются 50; 52; 54; 56; 58. Для удобства отсчетов выбираем линию условного горизонта равную 50 метрам.

От границы сетки ПК0 восстанавливаем перпендикуляр, на котором откладывается шкала высот, начиная от линии условного горизонта.

Заполняем графу расстояния и пикеты. Так как расстояние между пикетами равно 100 м, откладываем вправо от нулевого пикета шесть отрезков по 5 см = 100 м, в 1:2000 масштабе. Для нахождения плюсовой точки ПК1+20, откладываем от ПК1 один сантиметр, что равно 20 метрам в 1:2000 масштабе. Восстановленный из найденной точки перпендикуляр делит расстояние между ПК1 и ПК2 на две части, в которые вписываем длины отрезков в метрах (20 и 80 м), что в сумме дает 100 метров. Если интервал не делится (нет плюсовых точек), то числа в нем не записываются (рис.29).

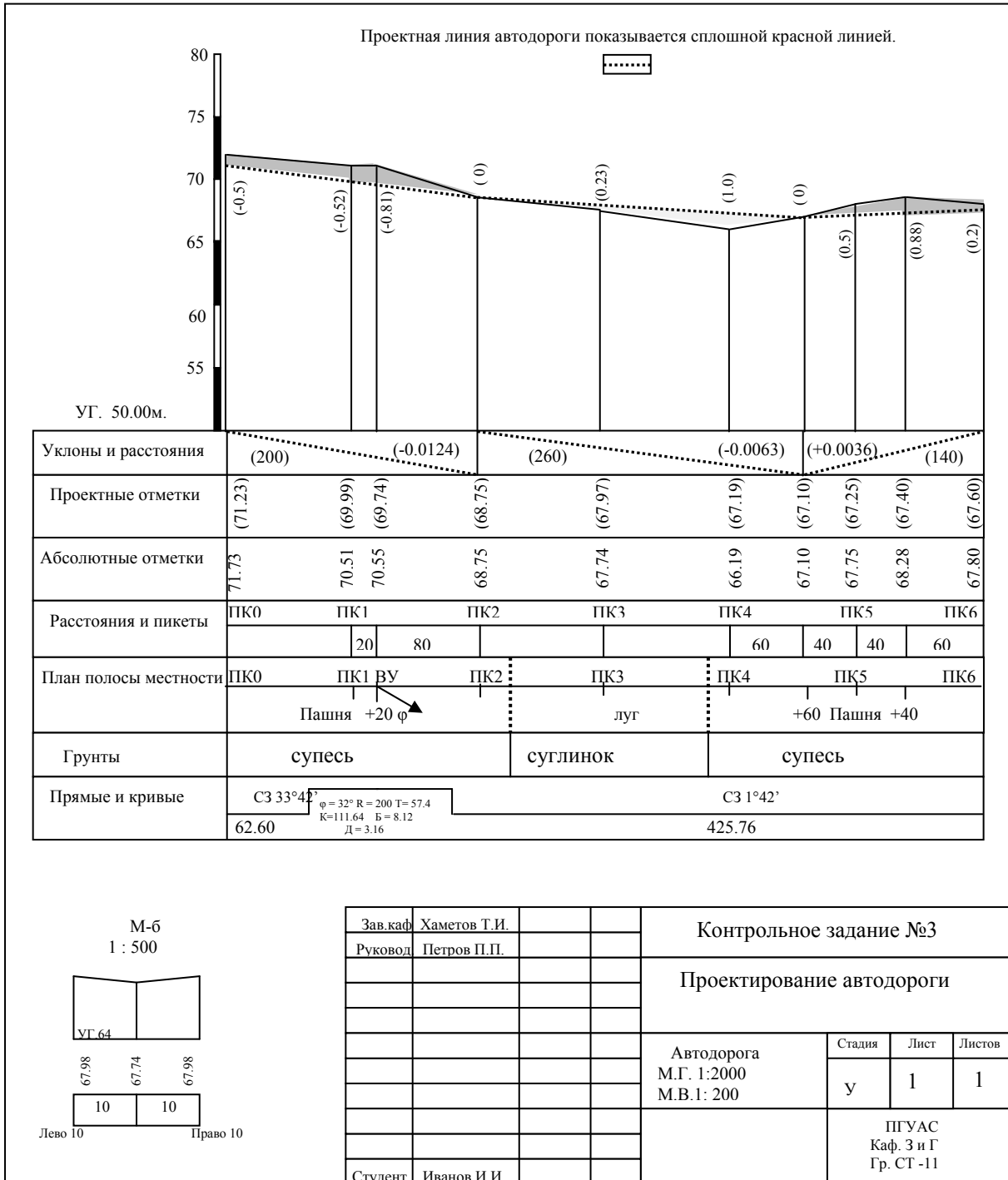


Рис. 29. Продольный профиль автодороги

Заполняем графы: план полосы местности и грунты.

Используя данные табл. 7, заполняем графу абсолютные отметки, подписывая значения отметок напротив пикетов и плюсовых точек. Абсолютные отметки, подписываются черным цветом и округляются до сотых (рис.29).

е. От линии условного горизонта, из точек соответствующих пикетам и плюсовым точкам, восстанавливаем перпендикуляры, на которых в масштабе 1:200 откладываем значения, равные разнице между абсолютной отметкой точки и условным горизонтом. Например:

$$H_{\text{ПК0}} - H_{\text{УГ}} = 71,73 - 50 = 21,73 \text{ м} = 10,87 \text{ см, в 1:200 масштабе.}$$

Соединив полученные точки, получаем профиль поверхности земли по линии трассы автодороги (рис. 29).

Построение проектной линии автодороги

Строим проектную линию профиля автодороги, исходя из следующих данных:

а. Проектная отметка автодороги в точке ПК0 расположена на 0.5 метра ниже абсолютной отметки пикета.

$$H_{\text{пр.ПК0}} = H_{\text{ПК0}} - 0,5 = 71,23 \text{ м.}$$

б. Проектная отметка автодороги в точке ПК2 равна абсолютной отметке ПК2.

$$H_{\text{ПК2}} = H_{\text{пр.ПК2}} = 68,75 \text{ м.}$$

б. Проектная отметка в точке ПК4+60 равна абсолютной отметки ПК4.

$$H_{\text{пр.ПК4+60}} = H_{\text{ПК4+60}} = 67,10 \text{ м.}$$

в. Проектная отметка в точке ПК6 на 0,2 метра ниже абсолютной отметки ПК6.

$$H_{\text{пр.ПК6}} = H_{\text{ПК6}} - 0,2 = 67,60 \text{ м.}$$

Заполняем графу уклоны и расстояния. Делим графу на три вставки, границами которых являются точки перегиба проектной линии.

Рассчитываем значения уклонов в каждой вставке.

$$i_1 = (H_{\text{пр.ПК2}} - H_{\text{пр.ПК0}}) / 200 = - 0,0124,$$

$$i_2 = (H_{\text{пр.ПК4+60}} - H_{\text{пр.ПК2}}) / 260 = - 0,0063,$$

$$i_3 = (H_{\text{пр.ПК6}} - H_{\text{пр.ПК4+60}}) / 140 = + 0,0036.$$

Все вычисленные уклоны соответствуют требованиям, применяемым к автодорогам местного значения. В каждой вставке проводим наклонную линию в сторону понижения или повышения уклона. Над линией,

нанесенной красным цветом подписываем значение уклона, а под ней расстояние (длину вставки) (рис. 29).

г. Вычисляем проектные отметки первой вставки по формуле

$$H_{\text{пр.посл}} = H_{\text{пр.пред}} + (i \cdot d),$$

где $H_{\text{пр.посл}}$ – проектная отметка последующей точки; $H_{\text{пр.пред}}$ – проектная отметка предыдущей точки; i – уклон между последующей и предыдущей точками; d – расстояние между ними.

$$H_{\text{пр.ПК1}} = H_{\text{пр.ПК0}} + (i \cdot d) = 71,23 + (-0,0124 \cdot 100) = 69,99 \text{ м},$$

$$H_{\text{пр.ПК1+20}} = H_{\text{пр.ПК1}} + (i \cdot d) = 69,99 + (-0,0124 \cdot 20) = 69,74 \text{ м},$$

$$H_{\text{пр.ПК2}} = H_{\text{пр.ПК1+20}} + (i \cdot d) = 69,74 + (-0,0124 \cdot 80) = 68,75 \text{ м}.$$

Вычисляем проектные отметки второй вставки:

$$H_{\text{пр.ПК3}} = H_{\text{пр.ПК2}} + (i \cdot d) = 68,75 + (-0,0063 \cdot 100) = 68,12 \text{ м},$$

$$H_{\text{пр.ПК4}} = H_{\text{пр.ПК3}} + (i \cdot d) = 68,12 + (-0,0063 \cdot 100) = 67,49 \text{ м},$$

$$H_{\text{пр.ПК4+60}} = H_{\text{пр.ПК4}} + (i \cdot d) = 67,49 + (-0,0063 \cdot 60) = 67,11 \text{ м}.$$

Вычисляем проектные отметки третьей вставки:

$$H_{\text{пр.ПК5}} = H_{\text{пр.ПК4+60}} + (i \cdot d) = 67,11 + (0,0036 \cdot 40) = 67,25 \text{ м},$$

$$H_{\text{пр.ПК5+40}} = H_{\text{пр.ПК5}} + (i \cdot d) = 67,25 + (-0,0063 \cdot 40) = 67,40 \text{ м},$$

$$H_{\text{пр.ПК6}} = H_{\text{пр.ПК5+40}} + (i \cdot d) = 67,40 + (0,0036 \cdot 60) = 67,61 \text{ м}.$$

Выносим проектные отметки на профиль красным цветом. Проектная отметка точки, расположенной в конце вставки, не должна отличаться от ее значения, полученного ранее, больше чем на 2 см.

Например: проектная отметка точки ПК2 ($H_{\text{пр.ПК2}} = 118,75$ м). Эта же отметка, полученная расчетным путем равна: $H_{\text{пр.ПК2}} = 118,75$. Разница между двумя значениями проектной отметки точки ПК2 равна нулю, что соответствует точности расчета.

Расчетные проектные отметки точек ПК4+60 и ПК6 отличаются от определенных по условию задания на 1 сантиметр, что также соответствует точности расчетов.

Определение рабочих отметок

Рабочие отметки на точках профиля показывают, какой вид работ необходимо выполнить в том или ином месте. Если знак рабочей отметки отрицательный, то необходимо срезать грунт, если знак рабочей отметки положительный, и требуется произвести насыпные работы. Рабочие отметки определяются по формуле

$$hr = H_{\text{пр}} - H_{\text{абс}},$$

где $H_{\text{пр}}$ – проектная отметка точки; $H_{\text{абс}}$ – абсолютная отметка точки.

Отрицательные рабочие отметки подписываются под проектной линией, положительные над ней. Рабочие отметки подписываются красным цветом под проектной линией в интервалах, где необходимо

срезать грунт и над проектной линией в интервалах, где необходимы насыпные работы. Розовым или светло-фиолетовым цветом показываюются интервалы, где необходимо срезать грунт (выемка), а желтым насыпь (рис. 29).

Графа прямые и кривые

Заполняем графу прямые и кривые, для этого от точки поворота трассы (ВУ), в обе стороны от нее откладываем в 1:2000 масштабе величину $K/2 = 55,82$ м. Из полученных точек (в середине графы) восстанавливаем перпендикуляры длиной 1 см. Основание перпендикуляров соединяем прямыми линиями с началом и концом трассы. Если угол поворота правый то кривая обращена выпуклой стороной вверх, если угол левый вниз. Внутри кривых вставляем вписываем параметры и главные элемента кривой. На серединах прямых вставок (под разделяющей линией) подписываем их длины. Например: отрезок ПК0 – НК + 62,6 м, КК – ПК6 = 425,76 м, К = 111,64 м, где НК – начало кривой; КК – конец кривой; К – длина кривой. Складываем длины прямых отрезков с длиной кривой.

$$L_{\text{трассы}} = 62,6 + 111,64 + 425,76 = 600 \text{ метров.}$$

Их сумма должна быть равна длине трассы плюс – минус 1-2 сантиметра.

Над линией вписываем значение румба начального направления, на первой прямой вставке и значение румба после поворота, на второй вставке (рис.61). Значения румба находим через дирекционные углы. В приведенном варианте $\alpha_1 = 326^\circ 18'$, $r_1 = СЗ 33^\circ 42'$. Последующий дирекционный угол рассчитывается по формуле

$$\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} + \varphi_{\text{пр}}, \text{ или } \alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} - \varphi_{\text{лев}},$$

где $\alpha_{\text{посл}}$ – дирекционный угол направления трассы, после поворота; $\alpha_{\text{пред}}$ – дирекционный угол направления трассы до поворота; $\varphi_{\text{пр}}$ – правый угол поворота; $\varphi_{\text{лев}}$ – левый угол поворота.

В данном задании угол поворота правый, поэтому дирекционный угол после поворота равен:

$$\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} + \varphi_{\text{пр}} = 326^\circ 18' + 32^\circ = 358^\circ 18'.$$

Значение угла поворота φ взято из раздела исходные данные. Румб последующего направления равен

$$r_2 = 360^\circ - \alpha_{\text{посл}} = 360^\circ - 358^\circ 18' = СЗ 1^\circ 42'.$$

Построение поперечного профиля автодороги

Поперечный профиль автодороги строится в масштабе 1:500. Он строится на том же листе, что и продольный профиль. За основу построения берутся отметка точки ПКЗ и отметки поперечников (Лево 10 и Право 10). Как и при построении продольного профиля определяется отметка линии условного горизонта и от нее в масштабе откладываются значения абсолютных отметок точек. Расстояние от линии условного горизонта до линии профиля выбирается произвольно, но с таким расчетом, чтобы нижняя отметка была выше линии условного горизонта.

Окончательно оформляем работу, вставляя снизу стандартный штамп (рис.29).

Задание

По результатам нивелирования трассы построить продольный профиль автодороги в горизонтальном масштабе 1:2000 и в вертикальном масштабе 1:200. При построении профиля четко соблюсти размеры и порядок граф профиля. Вычислить линию условного горизонта. По разнице между линией условного горизонта и абсолютными отметками пикетов и плюсовых точек построить линию профиля. Вычислить проектную линию профиля автодороги и вынести ее на профиль. Определить рабочие отметки над каждым пикетом и плюсовыми точками. Определить расстояние до линии нулевых работ. Оформить профиль на листе миллиметровой бумаги формата А3. Построить поперечный профиль автодороги. Оформить работу по прилагаемому образцу.

Контрольные вопросы

1. Как определяется линия условного горизонта?
2. Как заполняется графа: расстояния и пикеты?
3. Как рассчитываются проектные уклоны автодороги?
4. Какие требования предъявляются к уклонам автодорог?
5. Как определяются проектные отметки?
6. Что означает знак рабочей отметки?
7. Как рассчитывается расстояние до линии нулевых работ?
8. Как определяется румб нового направления после поворота трассы?
9. Как заполняется графа прямые и кривые?
10. Для чего строится поперечный профиль автодороги?

Литература

1. Поклад, Г.Г. Геодезия / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М.: Академический проект, 2008. – 592 с.
2. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учебник/ Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
3. Пономаренко, В.В. Геодезия: учебное пособие / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 164 с.
4. Пономаренко, В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.
5. Пономаренко, В.В. Проектирование трассы и построение продольного профиля автодороги: мультимедийное, учебно-методическое пособие / В.В. Пономаренко. – Пенза. ПГУАС. 2014

Лабораторная работа №9

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА И РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ. ГРАФИЧЕСКАЯ, АНАЛИТИЧЕСКАЯ И ВЫСОТНАЯ ПОДГОТОВКА

Разбивочные работы выполняются для определения на местности планового и высотного положения характерных точек, плоскостей строящегося сооружения. Организация и технология разбивочных работ полностью зависит от этапа строительства. В подготовительный период на местности строят плановую и высотную геодезическую основу соответствующей точности, определяют координаты и отметки этой основы. Затем производится геодезическая подготовка проекта для переноса его в натуру. Геодезическую подготовку разбивочных данных выполняют графическим, аналитическим и графоаналитическим методами. Разбивку сооружений производят в три этапа. На первом этапе производят основные разбивочные работы. По данным привязки от пунктов геодезической основы находят на местности положение главных и основных разбивочных осей. На втором этапе производят детальную разбивку осей. На заключительном этапе находят разбивочные технологические оси для установки оборудования.

Вынос на местность проектных данных осуществляется способами прямоугольных координат, полярных координат и угловых засечек.

Цель задания

Целью данного задания является закрепление теоретических знаний и практических навыков студентов, обучающихся по направлению 120700 – землеустройство и кадастры, полученных при изучении курса геодезия и комплексное их использование при решении практических задач по избранной специальности.

Задание включает:

1. Проектирование колодца (точки) на генплане.
2. Выполнение геодезической подготовки при переносе точки на местность.
3. Выполнение расчетов точности разбивочных работ.
4. Определение отметки дна проектируемого колодца.

Задание выполняется студентами на лабораторных занятиях и самостоятельно. При выполнении задания, студенты используют данное пособие, а также специальную литературу [7–9].

Исходные данные и технические требования

1. Генплан 1:1000 масштаба (План теодолитной съемки).
2. Координаты и отметки точек теодолитного и нивелирного ходов
3. Для геодезической подготовки использовать точки съемочной геодезической сети (точки теодолитного хода).
4. Проектируемую точку вынести способом полярных координат.
5. Глубину колодца принять равной 1,8 метра.
6. Погрешность определения точки на местности принять равной 20 мм.
7. Разбивку осуществить приборами технической точности.

Работа начинается с того, что на топографическом плане внутри сетки нивелирования по квадратам произвольно выбирается точка А (место положение колодца). Определяем квадрат, в котором находится проектируемая точка.

Графическая подготовка

Определяем координаты вынесенной точки на плане. Для этого от осей квадрата измеряем расстояния ΔX и ΔY (рис.30). Находим координаты точки А по формулам:

$$X_A = X_0 + \Delta X; Y_A = Y_0 + \Delta Y,$$

где X_0, Y_0 – координаты юго-задного угла квадрата, в котором находится точка А; ΔX и ΔY – приращения координат по осям X и Y .

При измерении приращений координат пользуемся циркулем измерителем и поперечным масштабом:

$$\Delta X = 78,8 \text{ м}, \Delta Y = 70,70 \text{ м}.$$

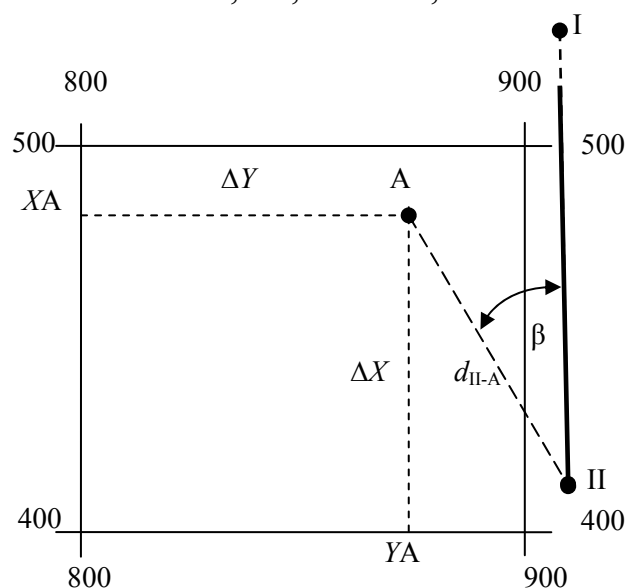


Рис. 30. Определение прямоугольных координат точки А

Из рис. 30 видим, что $X_0 = 400$, $Y_0 = 800$, следовательно:

$$X_A = 400 + 78,8 = 478,80 \text{ м}, Y_A = 800 + 70,70 = 870,70 \text{ м}.$$

После определения координат точки графическим методом, определяем ее координаты аналитическим методом. Для этого соединяем точку А и точку II теодолитного хода и замеряем расстояние до нее и угол засечки (рис.30).

$$d_{II-A} = 78,5 \text{ м}, \beta = 29^\circ.$$

Используя координатную ведомость (табл. 14) определяем дирекционный угол линии I-II. Дирекционный угол направления $\alpha_{I-II} = 176^\circ 58'$.

Определяем дирекционный угол направления II – А по формуле

$$\alpha_{II-A} = \alpha_{I-II} + 180^\circ - \beta = 176^\circ 58' + 180^\circ - 29^\circ = 327^\circ 58',$$

так как β правый внутренний угол.

Аналитический метод

Решая прямую геодезическую задачу, определяем координаты точки А. Определяем приращения координат:

$$\Delta X = d_{II-A} \cdot \cos \alpha_{II-A} = 78,5 \cdot (0,848) = 66,57,$$

$$\Delta Y = d_{II-A} \cdot \sin \alpha_{II-A} = 78,5 \cdot (-0,530) = -41,61.$$

Координаты точки А определяем по формулам:

$$X_A = X_{II} + \Delta X = 412,26 + 66,57 = 478,83,$$

$$Y_A = Y_{II} + \Delta Y = 912,29 + (-41,61) = 870,68.$$

Координаты точки II берем из координатной ведомости (табл. 2). Определяем разницу между координатами точек, вычисленными графическим и аналитическим методами.

$$X_{A_{гр}} - X_{A_{ан}} = 478,80 - 478,83 = -0,03,$$

$$Y_{A_{гр}} - Y_{A_{ан}} = 870,70 - 870,68 = 0,02 \text{ м}.$$

Полученные значения не должны превышать

$$0,3 \tau = 0,1 \cdot 0,3 = 0,03,$$

где τ – точность масштаба.

Разбивочные элементы (полярный радиус и дирекционный угол направления II-А) определяем из решения обратных геодезических задач.

$$X_{A_{пр}} = 478,83 \quad X_{II} = 412,26 \text{ (координата точки II),}$$

$$Y_{A_{пр}} = 870,68 \quad Y_{II} = 912,29 \text{ (координата точки II),}$$

где $X_{A_{пр}}$ и $Y_{A_{пр}}$ – проектные координаты точки А.

Определяем приращения координат по формулам:

$$\Delta X = X_{A_{пр}} - X_{II} = 478,83 - 412,26 = 66,57,$$

$$\Delta Y = Y_{A_{пр}} - Y_{II} = 870,68 - 912,29 = -41,61.$$

Определяем тангенс румба направления II-A, по формуле

$$\operatorname{tg} r_{\text{II-A пр}} = \Delta Y / \Delta X = -41,61 / 66,57 = -0,0625.$$

Определяем значение румба: $r_{\text{II-A}} = 32,0077^\circ$

Для того, чтобы перевести значения минут и секунд из десятичной системы в градусную, умножаем их на 0.6.

$$(77 \cdot 0,6 = 46''; 00 \cdot 0,6 = 00'),$$

тогда $r_{\text{II-A}} = 32^\circ 00' 46''$.

По знакам приращения координат определяем направление: $+\Delta X$ и $-\Delta Y$ отвечают второй четверти, следовательно:

$$\alpha_{\text{II-A}} = 360^\circ - r_{\text{II-A}} = 360^\circ - 32^\circ 00' 46'' = 327^\circ 59' 14''.$$

Определяем расстояние II-A по формулам:

$$d_{\text{II-A}} = \Delta X / \cos \alpha_{\text{II-A}} = 66,57 / 0,84798 = 78,50 \text{ м},$$

$$d'_{\text{II-A}} = \Delta Y / \sin \alpha_{\text{II-A}} = -41,61 / 0,5300 = 78,51 \text{ м},$$

$$d_{\text{срII-A}} = 78,505 \text{ м} = 78,505.$$

Определяем значение разбивочного угла β по формуле

$$\beta = \alpha_{\text{I-II}} + 180^\circ - \alpha_{\text{II-A}} = 176,58 + 180^\circ - 327^\circ 59' 14'' = 28^\circ 58' 46''.$$

Полученные, в результате решения обратной геодезической задачи разбивочный угол и расстояние, необходимо проконтролировать по топографическому плану.

Высотная геодезическая подготовка

Высотная геодезическая подготовка включает в себя определение отметки дна колодца. Для этого необходимо определить отметку точки А (устье колодца) на топографическом плане. Проводим через точку А прямую, кратчайшее расстояние между горизонталями. Измеряем расстояние d от младшей горизонтали до точки А и замеряем расстояние D между горизонталями (рис.31). Отметка точки А вычисляется по формуле

$$H_A = H_0 + (d / D) \cdot 0,5,$$

где H_0 – отметка младшей горизонтали (77,5 м); $0,5 = 78 \text{ м} - 77,5 \text{ м}$ – высота сечения рельефа в нашем варианте 0,5 м.

$$H_A = 77,5 + (11/21) \cdot 0,5 = 77,5 + 0,26 = 77,76 \text{ м}.$$

Определяем отметку дна колодца по формуле:

$$H_{\text{дна}} = H_A - h_{\text{гл}} = 77,76 - 1,8 = 75,8 \text{ м},$$

где $h_{\text{гл}} = 1,8 \text{ м}$ – глубина колодца.

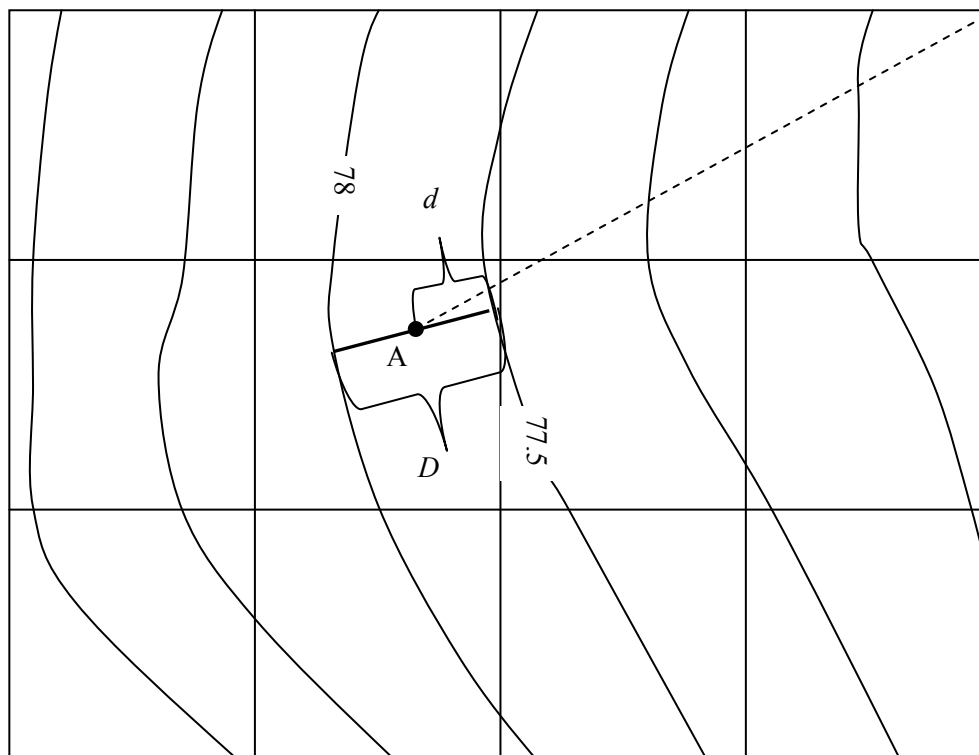


Рис. 31. Определение отметки точки по горизонталям

Задание

Вынести на топографический план участка (рис.31) проектную точку для строительства колодца. Графическим способом определить ее координаты.

Соединив проектную точку с точкой II теодолитного хода (рис.31), графическим способом определить внутренний угол и расстояние между проектной точкой, точкой II и линией теодолитного хода I–II. Аналитическим способом определить координаты проектной точки, дирекционный угол линии соединяющей проектную точку и точку II теодолитного хода. Аналитическим способом определить расстояние от проектной точки до точки II. Определить по горизонталям отметку проектной точки. Вычислить проектную отметку дна колодца.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность разбивочных работ?
2. Какие данные используются при разбивочных работах?
3. Способы разбивки сооружений?
4. Какие виды работ выполняются при перенесении проекта сооружения на местность в горизонтальной плоскости.

5. Что включает в себя термин графическая подготовка?
6. Для чего проводится аналитическая подготовка?
7. Какие данные мы получаем при решении прямых геодезических задач?
8. Какие данные мы получаем при решении обратных геодезических задач?
9. Как определяется длина проектной линии?
10. Высотная геодезическая подготовка. Как определяются отметки точек?

Литература

1. Поклад, Г.Г. Геодезия / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М.: Академический проект, 2008. – 592 с.
2. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учебник/ Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
3. Пономаренко В.В. Геодезия: учебное пособие / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 164 с.
4. Пономаренко, В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.
5. Пономаренко, В.В. Геодезическая подготовка и разбивочные работы при перенесении на местность осей сооружений: мультимедийное, учебно-методическое пособие / В.В. Пономаренко – Пенза: ПГУАС, 2011.

Лабораторная работа №10
ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА И РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ.
РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ,
ВЫБОР ПРИБОРОВ И МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ

Расчет точности разбивочных работ

Точность построения разбивочного угла для способа полярных координат определяется по формуле:

$$m_{\beta} = (\Delta \cdot p) / (d \cdot \sqrt{2}) = (0,02 \cdot 206265'') / (78,5 \cdot 1,414) = 37'',$$

где p – один радиан = $57,3^{\circ} = 206265''$; Δ – строительный допуск = 20 мм = 0,02 м; $d = d_{II-A} = 78,5$ м.

Исходя из значения средней квадратической погрешности равной $37''$, выбираем марку теодолита, которым будут производиться построение угла на местности. Если $m_{\beta} >$ точности теодолита, то разбивочный угол строим с технической точностью, если меньше, то с повышенной точностью. В нашем варианте $37'' > 30''$, поэтому теодолитом 4Т-30п строим угол с технической точностью.

Расчет точности линейных построений на местности

Построение линии II-A начинаем с определения абсолютной линейной погрешности.

$$md = \frac{\Delta}{\sqrt{2}} = \frac{0,02}{1,414} = 0,014.$$

Затем определяем относительную погрешность:

$$f_{\text{отн}} = md / d_{II-A} = 0,014 / 78,5 = 0,00018.$$

Для удобства относительную ошибку выражаем в виде простой дроби, где в числителе стоит 1.

$$1/N_{\text{пол}} = (0,014:0,014) / (78,5:0,014) = 1 / 5607 < 1 / 2000.$$

Делаем вывод, что измерения выполнены правильно. По полученной относительной погрешности из табл. 8 выбираем методику измерений. Линейные измерения будут производиться стальной рулеткой ОПК-30 АНТ/1, уложенной в створ с помощью теодолита, натяжение рулетки фиксируется с помощью динамометра, количество отсчетов равно 2 парам с одним сдвигом, учет термометром разности температур компарирования и температуры во время замера составляет 3°C .

Определение превышений производится с помощью нивелира.

Т а б л и ц а 8

Условия измерений	Относительная средеквадратическая погрешность линейных измерений			
	1/15000 - 1/10000	1/5000	1/3000 – 1/2000	1/1000
Стальная рулетка				
Средняя квадратическая погрешность компарирования (мм)	0.2	0.5	1.5	3
Уложение в створ	С помощью теодолита			На глаз
Натяжение измерительного прибора Н(кГс)	Динамометром 100(10)			Вручную
Учет термометром разности температур компарирования и измерения с погрешностью °С	1.5	3	5	10
Количество отсчетов	3 пары и 2 сдвига	2 пары и 1 сдвиг		1 пара
Фиксация знаков	Чертой	Керном	Карандашом	Шпилькой
Определение h измеряемой линии	Нивелиром		Глазомером	
Тип рулетки по ГОСТ 7502-80 или равноточные (мм)	ОПК2 – 20 АНТ/1 ОПК2 – 30 АНТ/1 ОПК2 – 50 АНТ/1		ОПК3 – 20 АНТ/10 ОПК3 – 30 АНТ/10 ОПК2 – 50 АНТ/10	

Проектная длина линии вычисляется с учетом поправок за компарирование, температуру, за уклон. Поправки вычисляются по следующим формулам:

– поправка за компарирование:

$$\delta D_k = \Delta \cdot d_{II-A} / 20,$$

где $\Delta = L - 20$, L – длина рулетки определенная при компарировании;

– поправка за температуру:

$$\delta D_t = \alpha \cdot d_{II-A} \cdot (t_k - t_{и}),$$

где $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ – температурный коэффициент расширения стали; t_k – температура компарирования; $t_{и}$ – температура измерения;

– поправка за наклон:

$$\delta D_v = h^2 / (2 \cdot d_{III-A}) = 0,016 \text{ м.}$$

где $h = 77,76 - 76,20 = 1,56$ м – превышение между точками А и II.

Проектная длина линии определяется по формуле

$$D = d_{III-A} + \delta D_k + \delta D_t + \delta D_v.$$

Поправки за температуру и компарирование вносятся с учетом знака, поправка за уклон всегда отнимается при выносе длины линии с местности на план и прибавляется при выносе длины линии, с плана на местность.

Составление разбивочного чертежа

Разбивочный чертеж составляется на отдельном листе. На него выносятся отметки проектируемой точки и отметки вершин теодолитного хода, от которых производится разбивка.

На разбивочный чертеж выносятся координаты всех точек. Длины и дирекционные углы разбивочных линий, а также внутренний угол, между этими линиями (рис.32). Разбивочный чертеж выполняется в масштабе 1:1000, на листе А4.

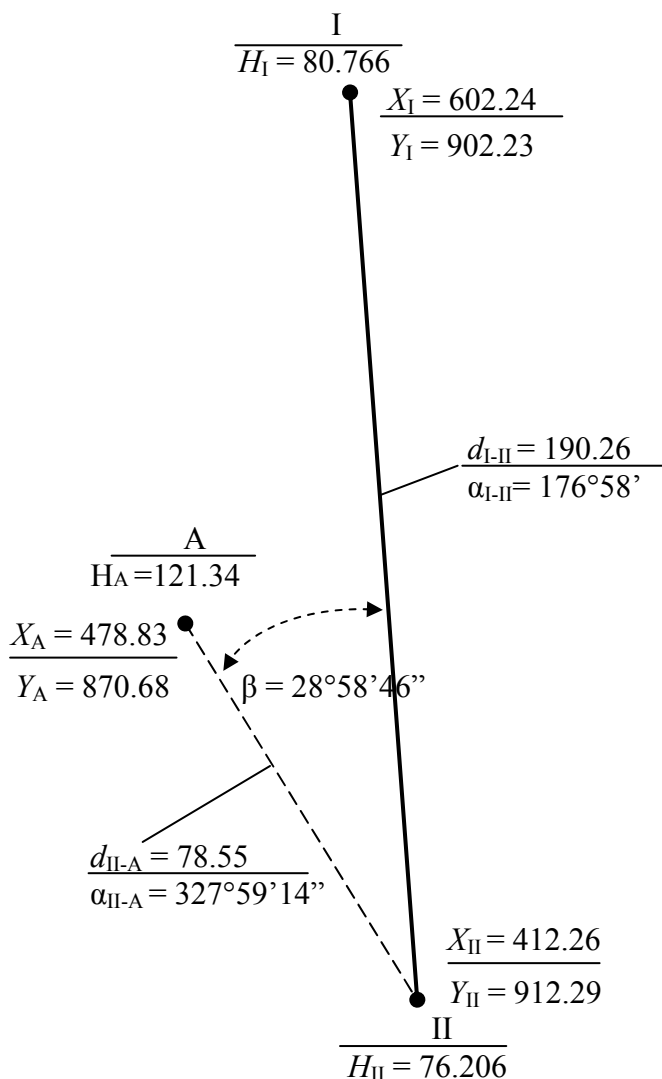


Рис. 32. Разбивочный чертеж

Задание

По полученным результатам графической, аналитической и высотной подготовок рассчитать точность выноса на местность проектируемых внутренних углов, длин проектируемых линий. Выбрать приборы для выноса точки на местность. Рассчитать поправки за компарирование, температуру и уклон при выносе проектируемых линий. Составить разбивочный чертеж для выноса точки на местность.

Контрольные вопросы

1. Как проектируется вынос точек на местность?
2. Для каких целей определяется точность разбивочных работ?
3. Точность построения разбивочных углов.
4. Точность линейных измерений.
5. Как строятся на местности проектные горизонтальные углы (построение углов с технической точностью, с повышенной точностью)?
6. Какие поправки рассчитываются для определения длин линий выносимых на местность?
7. По какой формуле определяется длина линии?
8. Каким образом выбираются приборы для разбивочных работ?
9. Как производятся разбивочные работы на местности? Что такое створные знаки?
10. Какие данные выносятся на разбивочный чертеж?

Литература

1. Поклад, Г.Г. Геодезия / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М.: Академический проект, 2008. – 592 с.
2. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учебник/ Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
3. Пономаренко В.В. Геодезия: учебное пособие / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 164 с.
4. Пономаренко, В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.
5. Пономаренко, В.В. Геодезическая подготовка и разбивочные работы при перенесении на местность осей сооружений: мультимедийное, учебно-методическое пособие / В.В. Пономаренко – Пенза: ПГУАС, 2011.

Лабораторная работа №1

РЕШЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ ТЕОДОЛИТА

Решение геодезических задач с помощью теодолита осуществляется на протяжении всего процесса строительства, от разбивки осей зданий и сооружений, их строительства и до конца их эксплуатации. С помощью теодолита решаются многочисленные задачи при построении линейных сооружений, таких как проложение трассы линейного сооружения, разбивки круговых кривых, измерения углов поворота трассы. При работе на строительной площадке с помощью теодолита производится разбивка осей сооружений, вынос и закрепление осей на обноске, закрепление их на монтажных горизонтах зданий. С помощью теодолита осуществляется установка колон в вертикальное положение, определение их прямолинейности, установки на них подкрановых путей. Применение теодолита позволяет осуществлять наблюдения за деформациями зданий и сооружений, определять их высоту. Помимо строительных работ с помощью теодолита можно решать такие специфические задачи как определение расстояний до точек, расположенных в труднодоступных местах, определения уклонов местности и разбивки линий с заданным уклоном.

Определение высоты сооружения с помощью теодолита

При строительных работах часто возникает необходимость замера высоты сооружений, когда измерение с помощью обычных методов, недоступно или нецелесообразно. В этом случае измерение высоты сооружений производится с помощью теодолита. Теодолит устанавливается на удалении от измеряемого сооружения, равному 1,5–2 значению от его высоты (точка А). Наводится на верхнюю точку сооружения (В) и берется отсчет КЛ1 по вертикальному кругу (рис.33).

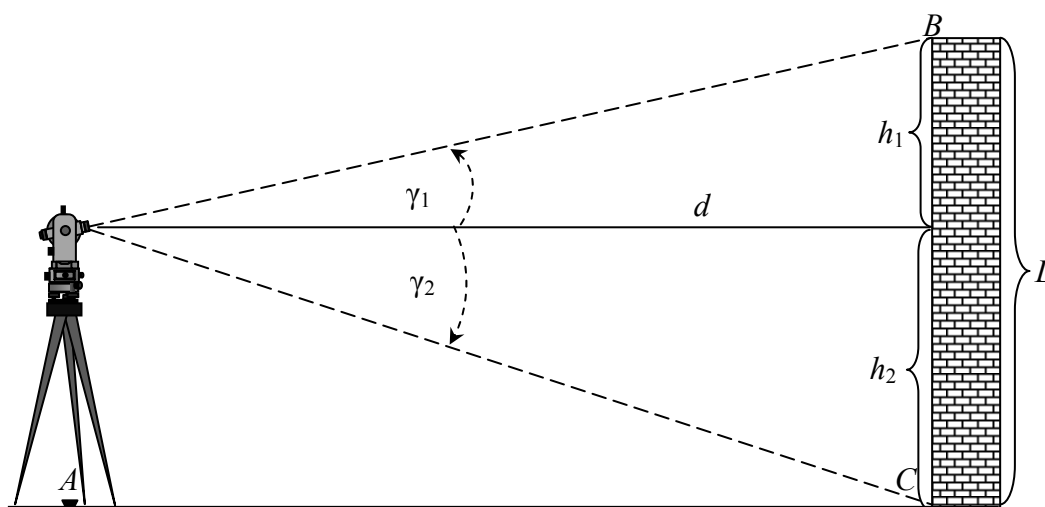


Рис. 33. Схема определения высоты здания. Горизонтальная поверхность

Затем труба теодолита наводится на точку расположенную у основания здания (точка С) и берется отсчет КЛ2. Переводим трубу теодолита через зенит и берем отсчеты на точки В и С при КП. Значения вертикальных углов γ_1 и γ_2 , вычисляем по формуле

$$\gamma = (\text{КЛ} - \text{КП}) / 2.$$

С помощью рулетки или дальномера (в этом случае рейка устанавливается у стены сооружения) определяем расстояние от точки А до сооружения. Так как в данном варианте мы рассматриваем горизонтальную поверхность, на которой стоит сооружение, то дальномерное расстояние D будет равно горизонтальному проложению d , т.е. $d = D$. Высоту сооружения L определяем по формуле

$$L = h_1 + h_2 = d \cdot \text{tg } \gamma_1 + d \cdot \text{tg } \gamma_2 = d \cdot (\text{tg } \gamma_1 + \text{tg } \gamma_2).$$

В том случае, когда поверхность, на которой стоит сооружение, имеет угол наклона более 2° , измерения производятся в следующей последовательности (рис.34).

а) Определяется высота прибора $i_{\text{п}}$. На рейке делается отметка равная высоте прибора. Рейка устанавливается у стены сооружения, высота которого измеряется. Теодолит наводится на отметку на рейке, равную высоте прибора и определяется расстояние по дальномеру.

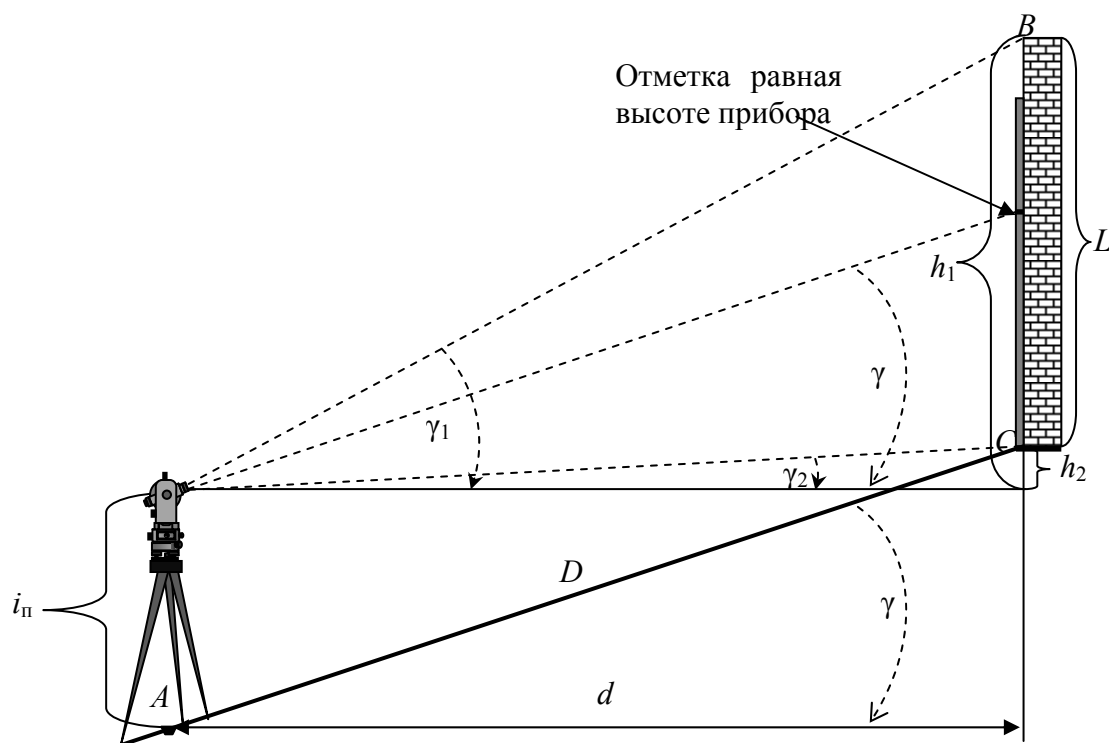


Рис. 34. Схема определения высоты здания. Наклонная поверхность

б) Берется отсчет по вертикальному кругу при КЛ и КП и определяется угол наклона γ . Горизонтальное проложение d определяется по формуле

$$d = D \cdot \cos \gamma,$$

где D – дальномерное расстояние.

в) Теодолит наводится на верхнюю точку сооружения (В) и берется отсчет КЛ1 по вертикальному кругу.

г) Труба теодолита наводится на точку расположенную у основания здания (точка С) и берется отсчет КЛ2.

д) Переводим трубу теодолита через зенит и берем отсчеты на точки В и С при КП.

е) Вертикальные углы рассчитываем по той же формуле, как в варианте с горизонтальной поверхностью.

ж). Высота сооружения определяется по формуле

$$L = h_1 - h_2 = d \cdot \operatorname{tg} \gamma_1 - d \cdot \operatorname{tg} \gamma_2 = d \cdot (\operatorname{tg} \gamma_1 - \operatorname{tg} \gamma_2).$$

Определение недоступных расстояний

Необходимость решения этой задачи, возникает в тех случаях, когда определяемое расстояние невозможно измерить другими способами, или его измерение требует больших временных затрат.

Например: необходимо определить расстояние от точки А до точки В, расположенной на другой стороне реки (рис.35). Для решения этой задачи разбивается треугольник АВС (желательно, чтобы треугольник был равно-сторонним). Тщательно измеряется длина базиса АС (в прямом и обратном направлениях). Теодолитом измеряются углы β_1 и β_2 . Определяется угол β_3 по формуле

$$\beta_3 = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2),$$

так как сумма углов треугольника должна быть равна 180° . Расстояние АВ находят по теореме синусов:

$$d_{AB} = (d_{AC} \sin \beta_1) / \sin \beta_3.$$

Для контроля измерений определяют расстояние АВ, разбивая второй базис АС' (рис.35). Из треугольника АВС', вычисляют длину линии АВ (d'_{AB}) по формуле

$$d'_{AB} = (d_{AC'} \sin \beta_5) / \sin \beta_6.$$

Если базисы d_{AB} и d'_{AB} измерены с точностью $1/2000$, то предельное расхождение между ними, полученное из двух треугольников, не должно быть более $1/2000$ его средней длины. За окончательное значение принимается среднее из двух результатов.

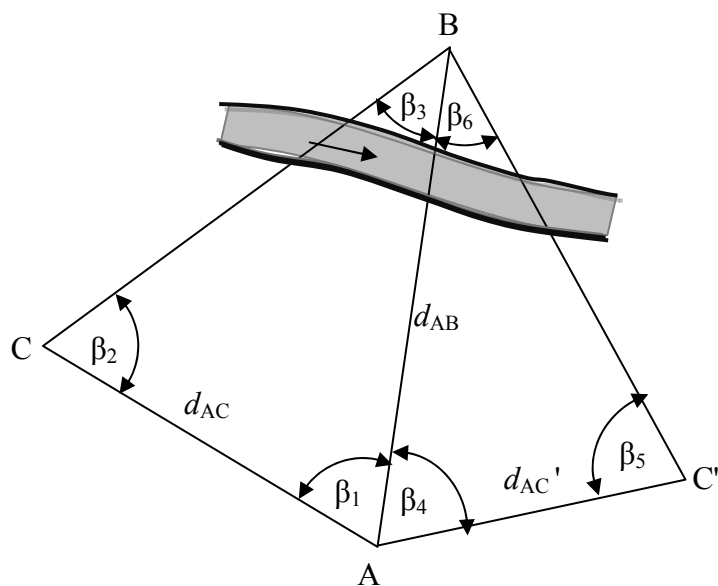


Рис. 35. Определение недоступного расстояния

Задание

Лабораторные занятия по решению геодезических задач с помощью геодезических приборов проводятся в весенний период в конце второго семестра. Это позволяет проводить их на открытом воздухе и пространстве, что в полной мере позволяет качественно выполнить поставленные задачи. Для решения первой задачи теодолит устанавливается на удалении от измеряемого сооружения, равному 1,5–2 значению от его высоты. После чего измеряется высота здания, по описанной методике. Для решения второй задачи на местности устанавливается вешка, от которой в 20–30 метрах разбивается базис (линия с измеренной длиной). Теодолитом из концов базиса замеряются горизонтальные углы от линии базиса до определяемой точки (вешки). Далее по теореме синусов определяются расстояния до определяемой точки.

Контрольные вопросы

1. Какие геодезические задачи на строительной площадке решаются с помощью теодолита?
2. В каких случаях высота здания измеряется с помощью теодолита?
3. На каком расстоянии от здания, относительно его высоты, устанавливается теодолит?
4. Каким образом с помощью теодолита определяется высота здания?
5. Какие замеры с помощью теодолита делаются для определения высоты здания?

6. По какой формуле определяется высота здания, в случае горизонтальной поверхности земли?
7. По какой формуле определяется высота здания, в случае наклонной поверхности земли?
8. Для чего определяются недоступные расстояния?
9. По какой теореме определяются недоступные расстояния на местности?
10. Что такое базис?

Литература

1. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учебник / Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
2. Хаметов, Т.И. Геодезические работы в строительстве: учебное пособие / Т.И. Хаметов; В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 124 с.
3. Пономаренко, В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.
4. Пономаренко, В.В. Решение геодезических задач. Часть 2. Решение геодезических задач с применением теодолита: мультимедийное, учебно-методическое пособие / В.В. Пономаренко, Л.Н.Золотцева. – Пенза: ПГУАС, 2010.

Лабораторная работа №12 РЕШЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ ТЕОДОЛИТА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРЕНА КОЛОННЫ

Крен колонны определяется с помощью теодолита и линейки (или рейки), имеющей миллиметровые деления. Теодолит устанавливается на двух взаимно перпендикулярных направлениях, обычно на строительных осях.

Линейку приставляют горизонтально к нижней осевой метке (риске). Установив теодолит на станции I, наводят его на верхнюю риску и при закрепленном горизонтальном круге (при двух положениях круга), проецируют верхнюю отметку на уровень нижней (рис.36), т.е. на шкалу линейки и берут по ней отсчеты q_1 и q_2 .

Средний отсчет равен: $q_{1cp} = (q_1 + q_2)/2$.

Таким же образом со станции II определяем значение q_{2cp} .

Переносим теодолит на станцию II, тщательно центрируем и наводим его на верхнюю метку (риску). Повторяем все действия, которые выполнялись со станции I.

$$q_{2cp} = (q_1 + q_2)/2.$$

Суммарную горизонтальную составляющую крена, учитывая перпендикулярность q_{cp1} и q_{cp2} , вычисляем по теореме Пифагора:

$$q = \sqrt{q_{cp1}^2 + q_{cp2}^2}.$$

Направление крена получаем из выражения:

$$\operatorname{tg} \alpha = q_{cp1} / q_{cp2},$$

где α – горизонтальный угол, отсчитываемый по часовой стрелке от направления визирования с первой станции.

Угол z' в минутах, составляемый осью колонны с вертикальной линией, находим из формулы

$$z' = (q / h) \cdot p,$$

где $p = 3438'$ – один радиан в минутах.

Направление крена получаем из выражения:

$$\operatorname{tg} \alpha = q_{cp1} / q_{cp2}.$$

Если на колонне нет разметки, то вместо меток для определения крена используют ее ребра или грани, параллельные оси. Установка колонн более 5 метров в вертикальное положение, производится с использованием двух теодолитов, установленных на взаимно перпендикулярных осях в точках I и II. Наводят теодолит на нижнюю риску, поднимая трубу, проецируют ее

на риску расположенную сверху колонны. При несовпадении вертикальной нити сетки нитей с верхней осевой меткой (риской), колонну наклоняют до совмещения верхних рисок с вертикальной нитью каждого теодолита. После этого повторяют операцию при втором положении вертикального круга, давая при необходимости дополнительный крен на колонне. После закрепления колонны, производят контроль ее вертикальности, как было показано в данной задаче.

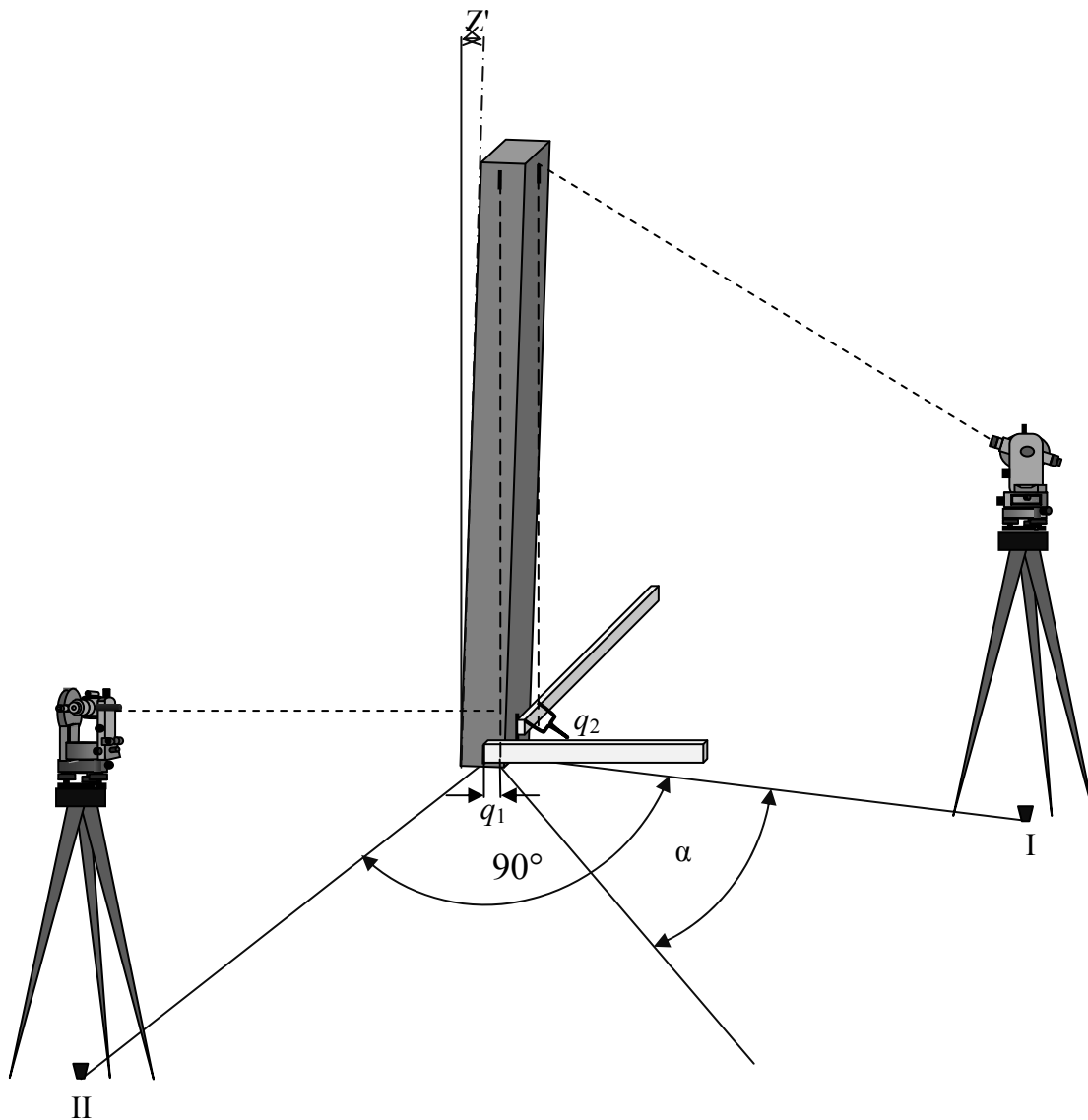


Рис.36. Схема определения крена колонны.

Определение прямолинейности и вертикальности ряда колонн

Выверку прямолинейности ряда колонн можно выполнить способом бокового нивелирования. В этом случае, параллельно оси колонн, на расстоянии ($a = 0,8-1,5$ метра) устанавливают теодолит (рис.37). Тщательно его центрируют. На последней колонне устанавливают линейку (рейку)

и наводят теодолит на отсчет равный a . Рейка, пяткой приставляется к риску, расположенной на оси колонны в нижней ее части (рис.37).

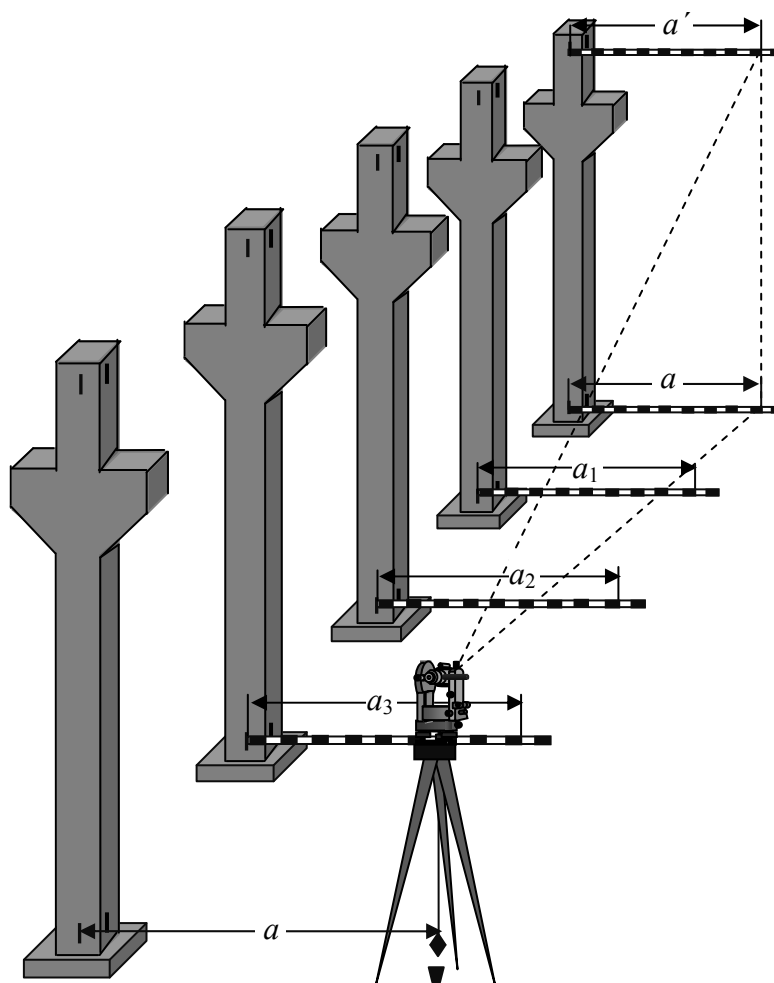


Рис.37. Схема определения прямолинейности и вертикальности ряда колонн

Далее рейка переносится на последующие колонны, приставляется пяткой к рискам расположенным на их осях и берутся отсчеты по рейке a_1 , a_2 , a_3 . О точности установки колонны судят по отклонению отсчетов Δa , сделанных по рейке, прикладываемой к осевой риске в нижней части колонны, от расстояния (a) визирной плоскости теодолита до разбивочной оси колонн.

Например: по рейке установленной на второй колонне отсчет $a_1 = 1,47$ м.

$$\Delta a_1 = a - a_1 = 1,5 - 1,47 = 0,03 \text{ м,}$$

т.е. отклонение Δa_1 на измеряемой колонне равно $0,03 \text{ м} = 3 \text{ см}$.

Отсчеты берутся при двух положения вертикального круга, вычисляя каждый раз среднее из двух отсчетов.

Допустимое смещение осей колонн в нижнем сечении относительно разбивочных осей, 5 миллиметров. Следовательно, смещение второй колонны недопустимо и положение ее надо исправлять. Для достижения

такой точности, проверка правильности установления колонн в плановое положение, производится теодолитом повышенной точности.

Помимо определения прямолинейности колонн, этим способом можно определять прямолинейность других сооружений (прямолинейность фонарных столбов, стоек заборов и т.д.). В отличие от установки колонн, такие работы требуют технической точности.

Способом бокового нивелирования можно выполнять и выверку вертикальности ряда колонн. Эти работы проводятся одновременно или после установки прямолинейности ряда колонн. Визирная ось теодолита ориентируется на точку рейки с отсчетом a (см. рис.37), пятка которой приложена к нижней риске колонны. Рейка прикладывается к верхней риске колонны и перемещая трубу теодолита в вертикальной плоскости, теодолит наводится на верхнюю рейку. По верхней рейке получаем отсчет a' . Если отсчет $a = a'$, то колонна находится в вертикальном положении. Отсчеты берутся при двух положениях вертикального круга, вычисляя каждый раз среднее из двух отсчетов. Разность полученных отсчетов между a и a' ($\Delta a = a - a'$) дает отклонение колонны от вертикали. С помощью полученных разностей выполняют рихтовку колонны для приведения ее в вертикальное положение. Аналогичные определения могут быть выполнены по рядам колонн перпендикулярного направления. Если отклонение колонн от вертикальной плоскости не превышает установленного допуска, то колонны окончательно закрепляют.

Недостатком способа бокового нивелирования для определения вертикальности колонн является необходимость прикладывания рейки к верхней части колонн, что не всегда соответствует требованиям техники безопасности.

После окончательного закрепления колонн определяют способом геометрического нивелирования от ближайшего репера отметки горизонтальных рисок, относительно которых по известным расстояниям вычисляют отметки консолей и верхних площадок колонн.

Измерение кренов зданий, сооружений с помощью теодолита

При большей высоте здания, а также для повышения точности измерения крена, вертикальное проецирование верхних точек выполняют с помощью теодолита. Его устанавливают над постоянным знаком на продолжении стены здания примерно на расстоянии двойной его высоты. Выбирают в верхней части стены хорошо различаемую точку B (рис.38), наводят на неё зрительную трубу, которую затем опускают вниз. По вертикальной нити зрительной трубы на миллиметровой линейке берут отсчет, измеряя тем самым отклонение точки B' от исходной точки B на величину ΔY .

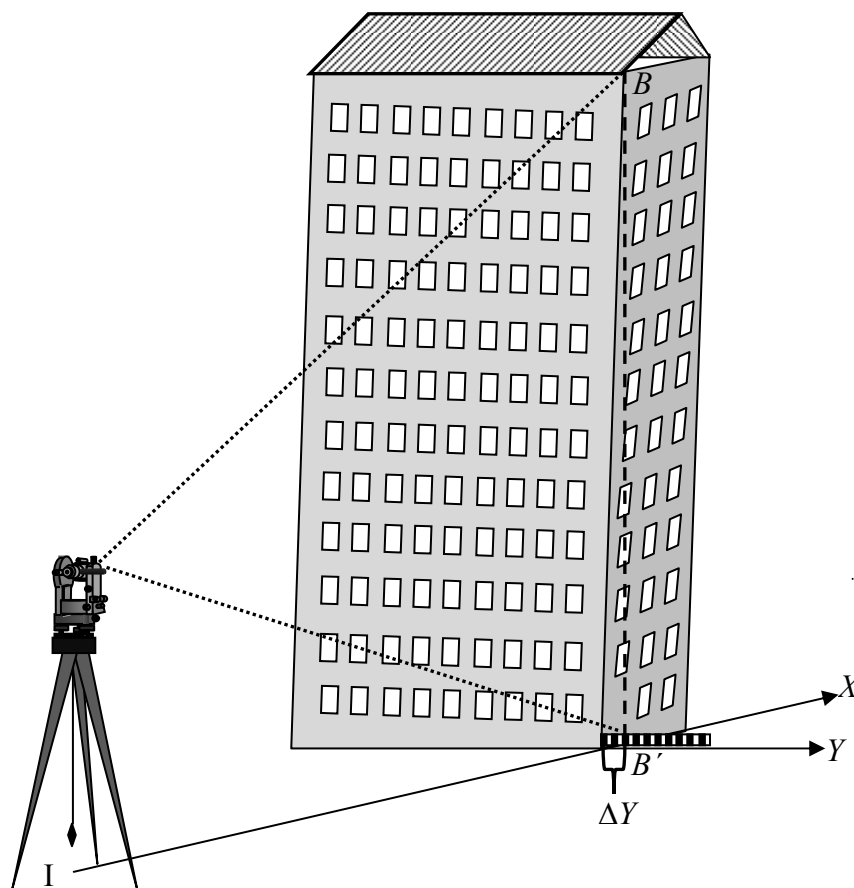


Рис.38. Схема измерения кренов зданий и сооружений с помощью теодолита

Аналогично измеряют отклонение ΔX в другой вертикальной плоскости и вычисляют общую линейную величину крена l .

$$l = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}.$$

Относительную величину крена вычисляют по формуле

$$i = l / h,$$

где h – высота здания, м.

Угловую величину крена α , которая определяет его направление, вычисляют по формуле:

$$\alpha = \arctg (\Delta X / \Delta Y).$$

Наблюдения за изменениями величины крена и его направлением выполняют периодическими измерениями с одних и тех же постоянных знаков. При измерении кренов зданий и сооружений высотой до 100 м используют приборы оптического вертикального визирования, которые позволяют определять составляющие крена с точностью до 1 мм.

Задание

Определение кренов зданий и сооружений, важнейшая задача, которая входит в комплекс наблюдений за эксплуатацией сооружений различного типа. Решая первую задачу, студенты выбирают бетонный столб линии электропередач, замеряют его высоту и все необходимые параметры,. Вычисляют угол наклона с вертикальной осью и направление крена. Для решения второй задачи можно выбрать ряд прямолинейно расположенных столбов (оград, заборов, ряд деревьев) по которым определяется их прямолинейность. Вертикальность этих объектов в связи с техникой безопасности не определяется. Определяется крен здания. Работы оформляются в рабочей тетради для лабораторных работ или на отдельных листах А4.

Контрольные вопросы

1. Для чего измеряется крен зданий, сооружений?
2. Как измеряется крен зданий, сооружений?
3. Какие приборы для этого используются?
4. Что измеряется при определении крена колонны?
5. Как определяется угол наклона колонны, здания?
6. По какой формуле определяется направление крена?
7. Как определяется прямолинейность ряда колонн?
8. Как определяется вертикальность ряда колонн?
9. Как определяются отклонения в прямолинейности ряда колонн?
10. Формула для определения величины углового крена здания?

Литература

1. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учебник/ Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
2. Хаметов Т.И. Геодезические работы в строительстве: учебное пособие / Т.И. Хаметов; В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 124 с.
3. Пономаренко, В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.
4. Пономаренко, В.В. Решение геодезических задач. Часть 2. Решение геодезических задач с применением теодолита: мультимедийное, учебно-методическое пособие / В.В. Пономаренко, Л.Н.Золотцева. – Пенза: ПГУАС, 2010.

Лабораторная работа №13 РЕШЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ НИВЕЛИРА

Решение геодезических задач на стройплощадке с помощью нивелира применяется при выполнении следующих работ:

– Закрепление и перенесение проектных отметок на местности в пределах стройплощадки, на дно котлованов, траншей, обноску, монтажные горизонты строящегося здания.

– Построение линий и плоскостей с заданным уклоном, а также проектирование и построение горизонтальных площадок.

– Закрепление отметок на цоколях строящихся зданий и сооружений.

– Наблюдение за осадкой зданий и сооружений.

– При выполнении отделочных и ремонтных работ.

Все эти и другие работы выполняются способом геометрического нивелирования, то есть горизонтальным лучом визирования. В данном разделе приведены задачи, которые наиболее часто приходится решать при строительстве зданий и сооружений.

Закрепление на местности проектной отметки

При производстве строительно-монтажных работ необходимость переноса отметок на местность, возникает при рытье котлованов, траншей, возведении монтажных горизонтов и т.д. Передача отметок осуществляется способами геометрического и тригонометрического нивелирования. Передача отметки осуществляется от точки с известной отметкой (репера).

Например: Известна абсолютная отметка репера $H_{Рп1}=110$ м. необходимо закрепить на местности проектную отметку точки А ($H_{Апр} = 111,100$ м).

а) Устанавливаем нивелир примерно посередине между репером и точкой А отметку, которой необходимо закрепить (рис.39).

б) Нивелир наводим на рейку, установленную на Рп1 и берем отсчет по черной стороне рейки, получаем отсчет $a = 1910$ мм.

в) Вычисляем проектный отсчет по черной стороне рейки для точки А по формуле:

$$b = (H_{Рп1} + a) - H_A = ГП - H_A = \\ = (110,000 + 1,910) - 111,100 = 0,810 \text{ м} = 810 \text{ мм.}$$

г) В точке А забиваем кол, устанавливаем на него рейку и постепенно забивая кол в землю, добиваемся того, чтобы средняя нить нивелира совпала с отсчетом $b = 0810$. Пятка рейки и верхний срез кола будут соответствовать проектной отметке.

Аналогичным образом можно выносить проектную отметку на обноску или стену здания, закрепляя чертой пятку рейки.

Построение линии проектного уклона

Задача перенесения на местность линии и плоскости с заданным уклоном возникает при строительстве линейных сооружений, а также аэродромов, городских площадей и др.

Например: требуется разбить линию $R_{п1} - B$ с уклоном $i = 0,018$. Горизонтальное проложение $d = 60$ метров. Абсолютная отметка $R_{п1}$ равна

$$H_{R_{п1}} = 110,000 \text{ м.}$$

Находим отметку точки B по формуле

$$H_B = H_{R_{п1}} + i \cdot d = 110,000 + (0,018 \cdot 60) = 111,080 \text{ м.}$$

В точке B забивается кол, как это показано в предыдущей задаче (рис.39) и закрепляется отметка H_B . Интервал $R_{п1} - B$ разбивается на равные отрезки (например: по 10 метров). Если превышение не велико, то положение промежуточных точек находится с помощью наклонного луча нивелира, в противном случае используется теодолит.

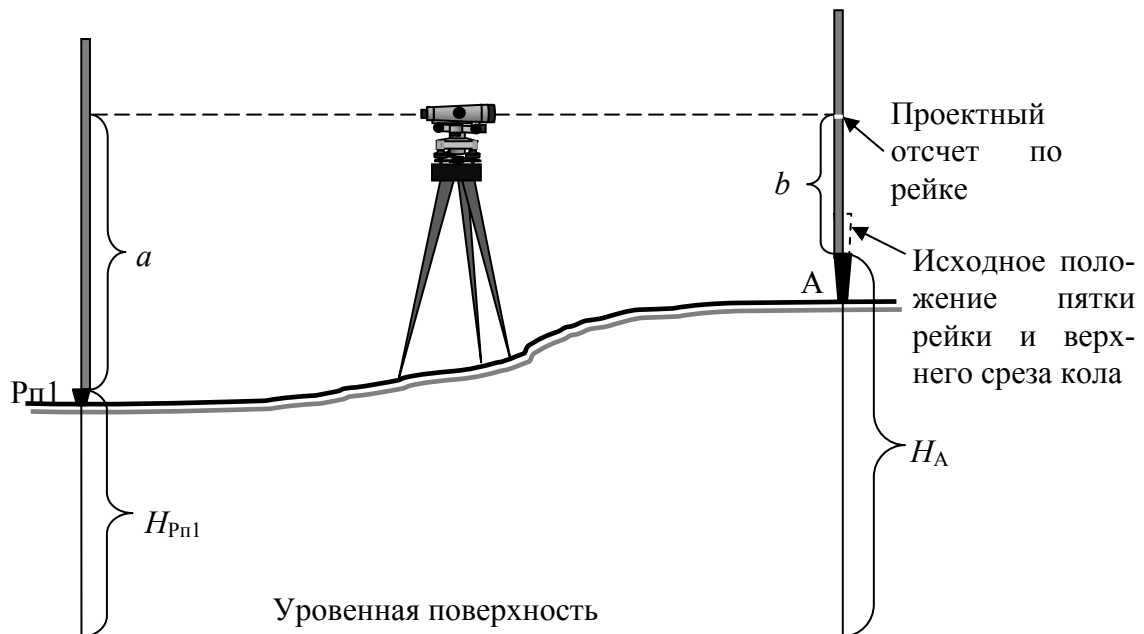


Рис.39. Построение точки с проектной отметкой

Нивелир устанавливается так, чтобы один из подъемных винтов располагался на линии $R_{п1} - B$, а линия соединяющая два других винта была бы перпендикулярна ей (рис.40). Определяется высота прибора (рис.41,а). Рейка устанавливается на верхний срез кола, который соответствует отметке

$$H_B = 111,080 \text{ м.}$$

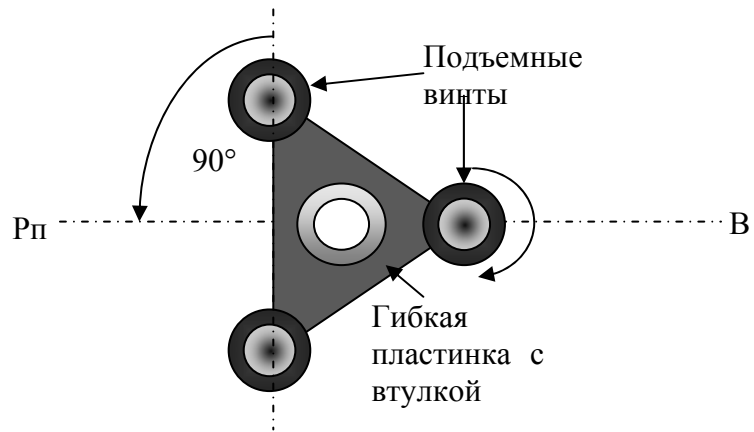


Рис.40. Схема установки нивелира, для получения наклонного луча визирования

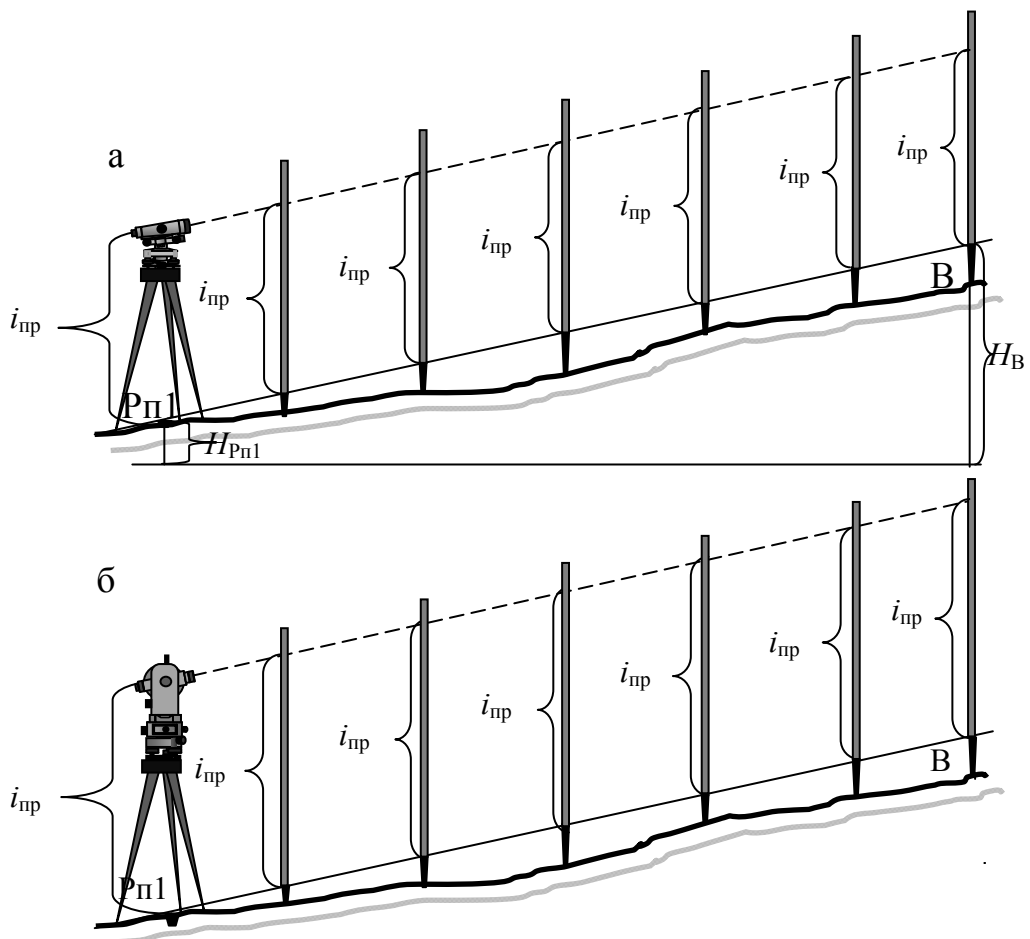


Рис.41. Схема построения линии с заданным уклоном с помощью:
а – нивелира; б – теодолита

Подъемным винтом нивелира, расположенном на оси $P_1 - B$ (см. рис.40), наводим среднюю нить нивелира на отсчет равный высоте прибора.

Далее рейка переносится на колья, установленные на 10 метровых отрезках линии. Постепенно забивая колья в землю, добиваемся того, чтобы на каждой рейке средняя нить нивелира совпадала с отсчетом равным высоте прибора (рис.41,а). Линия, соединяющая верхние срезы колев и будет линией с заданным уклоном.

Построение линии с заданным уклоном, с помощью теодолита отличается от нивелира, тем как определяется отметка точки В. Теодолит устанавливается на точку P_1 , измеряется высота прибора (рис.41б). По заданному уклону по формулам: $i = \text{tg } \gamma$; $\gamma = \text{arctg } i$ определяем угол наклона γ .

Например: $i = 0,018$ тогда $\gamma = 1^\circ 02'$.

Отложив по вертикальному кругу теодолита, при КЛ, угол равный $1^\circ 02'$, получают направление линии с заданным уклоном. Необходимым условием измерения является то, чтобы $MO = 0$. В точке В забиваем кол, на него устанавливаем рейку и постепенно погружая кол в землю добиваемся того, чтобы отсчет по рейке был равен высоте прибора. Тогда основание рейки и верхний срез кола будут фиксировать конечную точку линии уклона.

Далее рейка переносится на колья, установленные на промежуточных точках. Определение отметок по рейкам производится аналогично тому, как это делалось с помощью нивелира.

Построение на местности горизонтальной плоскости

Для закрепления на местности горизонтальной плоскости, разбивают сетку квадратов, вершины которых закрепляют колышками. На одну из вершин квадратов устанавливают нивелир. Измеряют высоту прибора. Рейки поочередно устанавливаются на колышки, которыми отмечены вершины квадратов. Нивелир наводится на черную сторону рейки, постепенно забиваем кол в землю, и добиваемся, чтобы отсчет по рейке был равен высоте прибора. Верхние срезы колев и пятки рейки будут соответствовать горизонтальной плоскости (рис.42).

Несколько сложнее эта задача решается, когда необходимо построить горизонтальную площадку с заданной для нее отметкой. В этом случае нивелир устанавливают между точкой с известной отметкой (репером) и сеткой квадратов (рис.43).

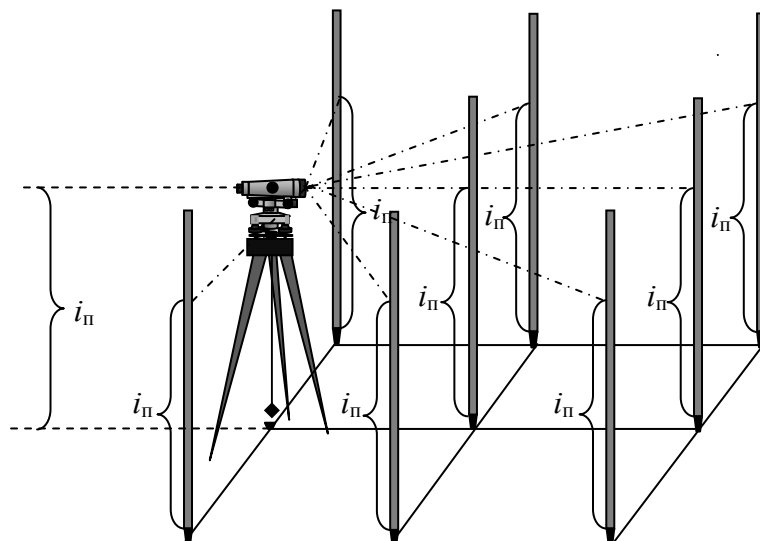


Рис.42. Построение на местности горизонтальной плоскости

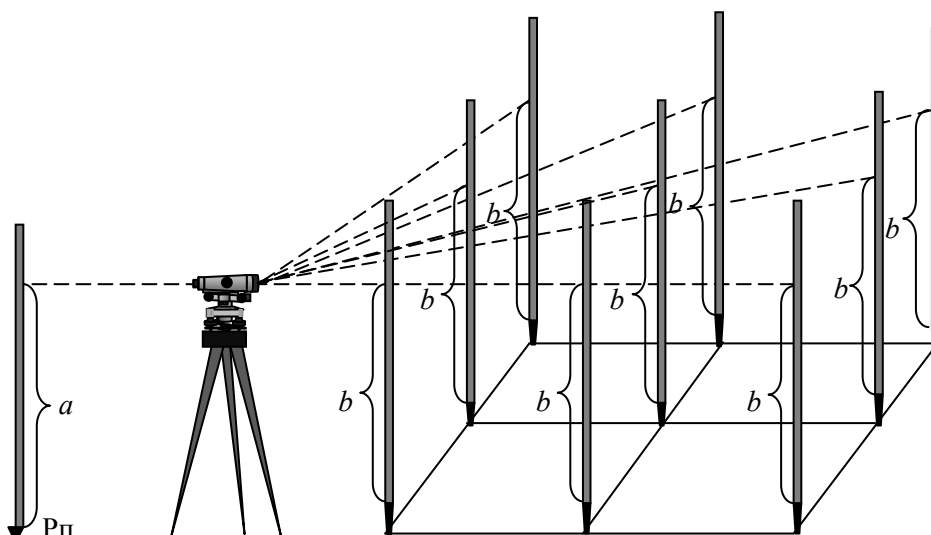


Рис.43. Построение на местности горизонтальной плоскости

На репер устанавливается рейка и берется отсчет по ее черной стороне, получаем отсчет a . Вычисляется отсчет b по формуле

$$b = H_{\text{рп}} + a - H_{\text{пр}},$$

где $H_{\text{пр}}$ – проектная отметка горизонтальной плоскости; $H_{\text{рп}}$ – отметка репера.

Нивелир наводится на точки, установленные на вершинах квадратов (рис.43). Постепенно погружая колья в землю, добиваемся того чтобы средняя нить нивелира совпала с отсчетом b . Тогда основание рейки на каждой точке и верхний срез кола будут соответствовать проектной отметке. Способ построения на местности горизонтальной площадки, удобно применять, для заливки сплошного фундамента небольших построек.

Задание

Первая работа может выполняться как на открытом воздухе, так и в аудитории. Студенты по заданным отметкам репера и проектной точки, вычисляют проектный отсчет по рейке, и постепенно перемещая рейку, добиваются совпадения средней линии сетки нивелира с необходимым отсчетом. На местности этого добиваются, постепенно погружая кол, на котором устанавливается рейка в землю. В аудитории отметка делается мелом на стене. Вторую работу можно выполнить только на открытой местности. Третью задачу также можно решить как на местности, так и в аудитории, за исключением второго варианта, который можно выполнить только на местности.

Контрольные вопросы

1. Какие геодезические задачи на строительной площадке решаются с помощью нивелира?
2. Как на местности закрепляется точка с известной абсолютной отметкой?
3. Как вычисляется проектный отсчет по черной стороне рейки для закрепляемой точки?
4. Для чего закрепляется отметка на местности?
5. Каким образом закрепляется линия с заданным уклоном?
6. В каких случаях линия с заданным уклоном закрепляется с помощью нивелира (теодолита)?
7. При каких строительных работах применяется эта задача?
8. Как на местности строится горизонтальная плоскость?
9. Как строится плоскость с заданной отметкой?
10. В чем отличие измерений при построении горизонтальных плоскостей с заданной отметкой и без нее?

Литература

1. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учебник/ Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
2. Хаметов, Т.И. Геодезические работы в строительстве: учебное пособие / Т.И. Хаметов; В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 124 с.
3. Пономаренко, В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.
4. Пономаренко В.В. Решение геодезических задач. Часть 1. Решение геодезических задач с применением нивелира: мультимедийное, учебно-методическое пособие / В.В. Пономаренко, Л.Н.Золотцева. – Пенза: ПГУАС, 2010.

Лабораторная работа №14 РЕШЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ НИВЕЛИРА

Построение проектной наклонной плоскости

Построение наклонных плоскостей применяется при планировке и разбивке площадок под строительство объектов. Наклонную плоскость разбивают либо отдельными прямыми параллельными линиями (рис. 46), либо с одной станции. Разбивка осуществляется нивелиром, ось визирования которого приведена подъемными винтами в положение, параллельное проектной плоскости. Предварительно разбивается площадка, состоящая из сетки квадратов (рис.44). Например: на рис. 44 приведена сетка, состоящая из четырех квадратов с длиной стороны каждого 20 метров. Необходимо построить наклонную плоскость с уклоном 0,01.

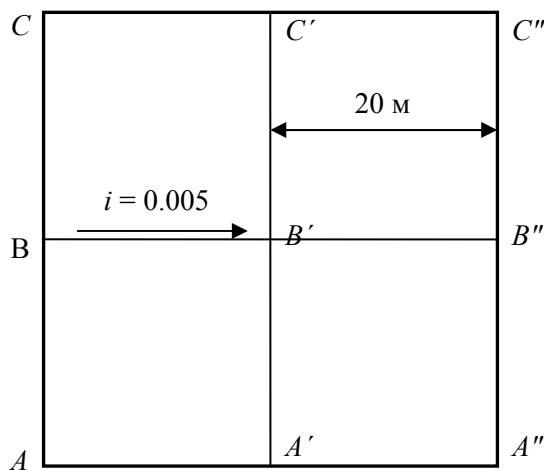


Рис. 44. Схема разбивки площадки с заданным уклоном

Из точки C или A строят горизонтальную линию, то есть отметки на точках по линии $A - C$ должны быть одинаковы.

Для этого замеряем высоту прибора $i_{п}$. Например: $i_{п} = 1,30$ м.

Нивелир наводим на рейки, установленные на точках A и C , рейки устанавливаются на колья.

Постепенно погружая кол в землю, добиваемся того, чтобы отсчет по черной стороне рейки был равен высоте прибора.

Устанавливаем нивелир над точкой B , и наводим его на рейку, установленную на точке B'' (рис. 46). Предварительно закрепляем проектную отметку точки B'' аналогично тому как это описано в лабораторной работе №13. Рейка устанавливается на колышек, верхний срез которого равен проектной отметке.

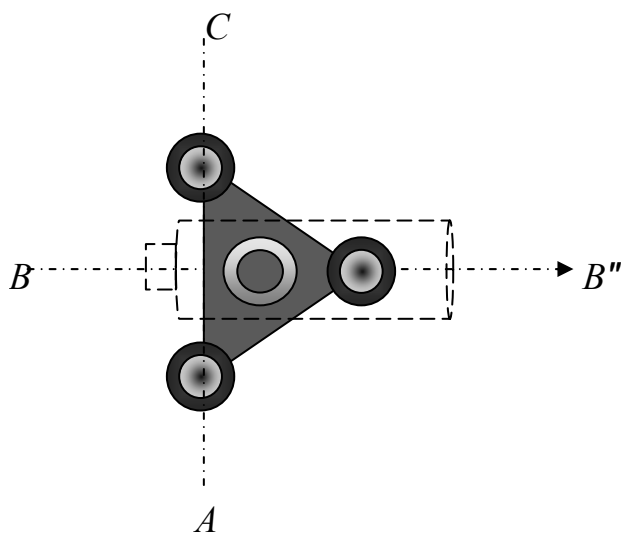


Рис.45. Схема установки нивелира, для получения наклонного луча визирования, при нивелировании наклонной площадки

Нивелир устанавливается так, чтобы один из подъемных винтов располагался на линии $B - B''$, а линия $A - C$ проходила через два других винта и была бы перпендикулярна первой линии (см. рис.45).

Подъемным винтом нивелира, расположенным по линии $B-B''$ наводим среднюю нить сетки на отсчет равный высоте прибора.

Данная линия и будет равна проектной линии с уклоном $0,01$, через которую проходит проектная плоскость.

Нивелир переводится на рейки, установленные на колышках в точках A'', C'', A', B', C' , и погружая колышки в землю, добиваемся того, чтобы средняя нить нивелира совпадала с отсчетом равным высоте прибора.

Плоскость Q проведенная через эти отсчеты и будет проектной плоскостью с уклоном $0,01$ (рис.46).

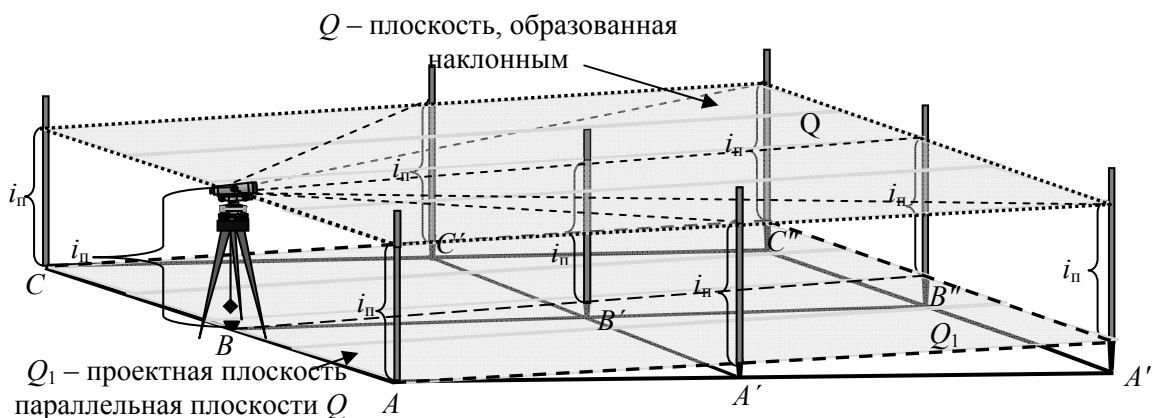


Рис.46. Схема построение проектной наклонной плоскости при помощи наклонного луча визирования нивелира

Плоскость Q_1 проведенная через верхние срезы колец будет параллельна плоскости Q , и также иметь уклон равный 0,01 (см. рис.46).

Передача отметки на дно глубокого котлована и на монтажный горизонт здания

Передача отметки на дно глубокого котлована и на монтажный горизонт здания осуществляется с помощью двух нивелиров, реек и рулетки, подвешенной на кронштейне. В обоих случаях на конец рулетки привязывается тяжелый груз (5-10 кг), который фиксируется в ведре с водой или опилками.

Например: необходимо определить отметку точки A , расположенной на дне котлована.

Первый нивелир устанавливается между репером и рулеткой, подвешенной к кронштейну, а второй на дне котлована между рулеткой и точкой A .

Первая рейка устанавливается на репер и по ней с нивелира, расположенного на поверхности берется отсчет a . Отсчет берется по черной стороне рейки. Далее оба нивелира наводятся на рулетку и берутся отсчеты b и c .

Нивелир расположенный на дне котлована наводится на рейку установленную на точке A и по черной стороне рейки берется отсчет d (рис.47). Далее оба нивелира наводятся на рулетку и берутся отсчеты b и c . Нивелир расположенный на дне котлована наводится на рейку установленную на точке A и по черной стороне рейки берется отсчет d (см. рис.47).

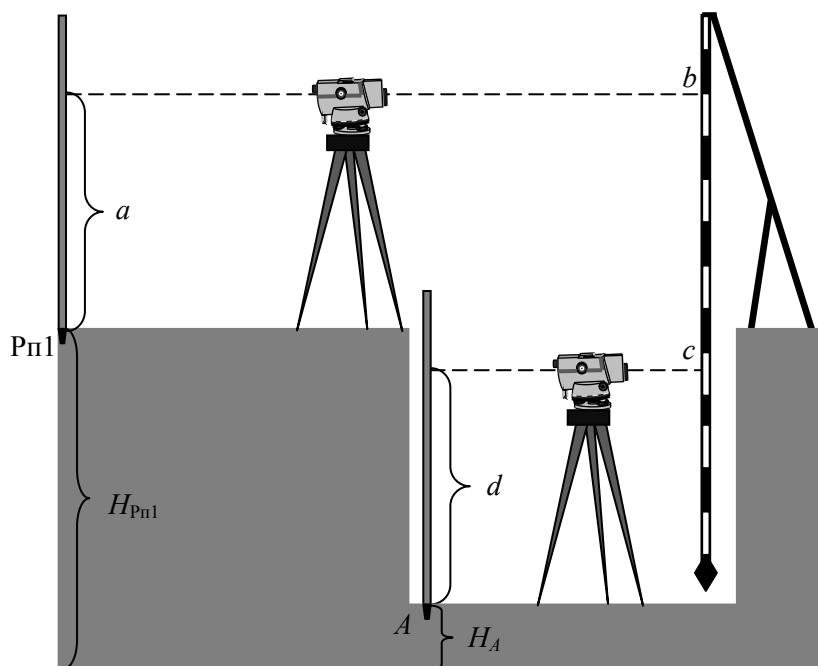


Рис. 47. Схема передачи отметки на дно глубокого котлована

Далее оба нивелира наводятся на рулетку и берутся отсчеты b и c . Нивелир расположенный на дне котлована наводится на рейку установленную на точке A и по черной стороне рейки берется отсчет d (см. рис.47).

Отметка точки A определяется по формуле

$$H_A = H_{\text{Рп1}} + a - (b - c) - d,$$

где H_A – абсолютная отметка точки A ; $H_{\text{Рп1}}$ – абсолютная отметка репера; a – отсчет по рейке установленной на репере; d – отсчет по рейке установленной на точке A , b и c отсчеты по рулетке.

Передача отметки на монтажный горизонт здания или на любую часть высокого сооружения осуществляется также с помощью двух нивелиров, реек и рулетки подвешенной к кронштейну или любой высокой части здания (рис.48).

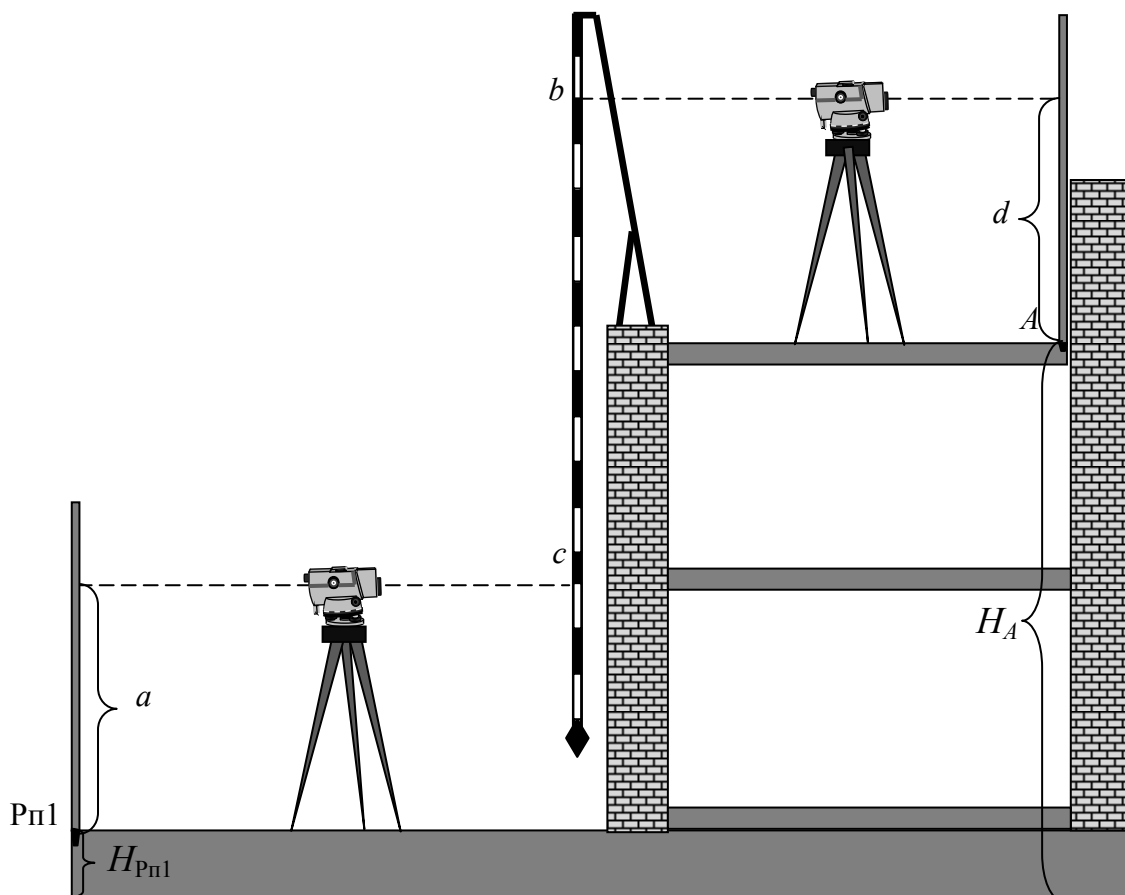


Рис. 48. Схема передачи отметки на монтажный горизонт

Первый нивелир устанавливается на поверхности земли между репером и подвешенной на кронштейн рулеткой. Второй нивелир устанавливается на поверхности монтажного горизонта, между рулеткой и точкой, отметку которой необходимо определить.

Нивелир, расположенный на поверхности земли наводится на рейку, установленную на репере, и берется отсчет a , по черной стороне рейки. Затем оба нивелира наводятся на рулетку и берутся отсчеты b и c . Нивелир, установленный на монтажном горизонте наводится на рейку, стоящую на точке A и берется отсчет d по черной стороне рейки (см. рис.48).

Отметка точки A определяется по формуле

$$H_A = H_{\text{рп}} + a + (b - c) - d.$$

Задание

При решении первой задачи студенты разбивают наклонную площадку с уклоном равным 0,015. Площадка состоит из четырех квадратов с длиной стороны каждого от 5 до 10 метров. На местности с крутым обрывом осуществляется передача отметки на дно обрыва (котлована), или наоборот, со дна обрыва на его верхнюю кромку (монтажный горизонт). Работы оформляются на листах А4.

Контрольные вопросы

1. Чем отличается построение плоскости с заданным уклоном, от построения горизонтальной площадки?
2. В какой части площадки устанавливается нивелир?
3. Как на местности строится плоскость с заданным уклоном?
4. Для чего подвешивается рулетка на краю котлована?
5. Как передается отметка на дно котлована?
6. По какой формуле вычисляется отметка дна котлована?
7. Что такое репер?
8. Как передается отметка на монтажный горизонт?
9. По какой формуле вычисляется отметка монтажного горизонта?

Литература

1. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учебник/ Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
2. Хаметов, Т.И. Геодезические работы в строительстве: учебное пособие / Т.И. Хаметов; В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 124 с.
3. Пономаренко, В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.
4. Пономаренко, В.В. Решение геодезических задач. Часть 1. Решение геодезических задач с применением нивелира: мультимедийное, учебно-методическое пособие / В.В. Пономаренко, Л.Н.Золотцева. – Пенза: ПГУАС, 2010.

Лабораторная работа №15 ИЗМЕРЕНИЕ ОСАДОК ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В практике строительства зданий и сооружений часто возникает необходимость наблюдений за их осадкой, как в процессе строительства, так и во время эксплуатации.

Для наблюдения за осадкой зданий и сооружений обычно используется способ геометрического нивелирования II–III классов.

Определение величины осадки производится путем измерения превышений между репером и осадочными марками, закрепленными в теле здания. Фундаментальные глубинные реперы закладываются в стороне от сооружения, где их высотное положение сохраняется длительное время.

Разности высот одной и той же марки, зафиксированной при наблюдении через определенный промежуток времени, характеризуют величину осадки марки и той части сооружения, в которой она закреплена.

Данные измерений вносятся в специальную ведомость и таблицу осадок. Сравнение полученных результатов с предыдущими измерениями позволяет определить величину осадки в той или иной части здания.

В начальный период эксплуатации сооружения необходимо чтобы наблюдения производились через определенный промежуток времени.

Порядок выполнения работы

Нивелир устанавливается на станции I, таким образом, чтобы в процессе нивелирования соблюдалось равенство плеч между нивелиром, репером 1 и осадочной маркой 4.

На репере и осадочной марке (марка 4, рис. 43) устанавливаются рейки. Берутся отсчеты по черной и красной сторонам реек, которые записываются в журнал нивелирования.

Превышение между репером и маркой 4 вычисляется, как для связующих точек, по формулам:

$$h_1 = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}},$$

$$h_2 = a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}},$$

$$h_{\text{ср}} = (h_1 + h_2) / 2.$$

Затем рейка переносится на марки 1; 2; 3, отметки которых определяются как промежуточные точки (рис.43), поэтому отсчеты берутся только по черной стороне рейки.

Данные заносятся в журнал нивелирования

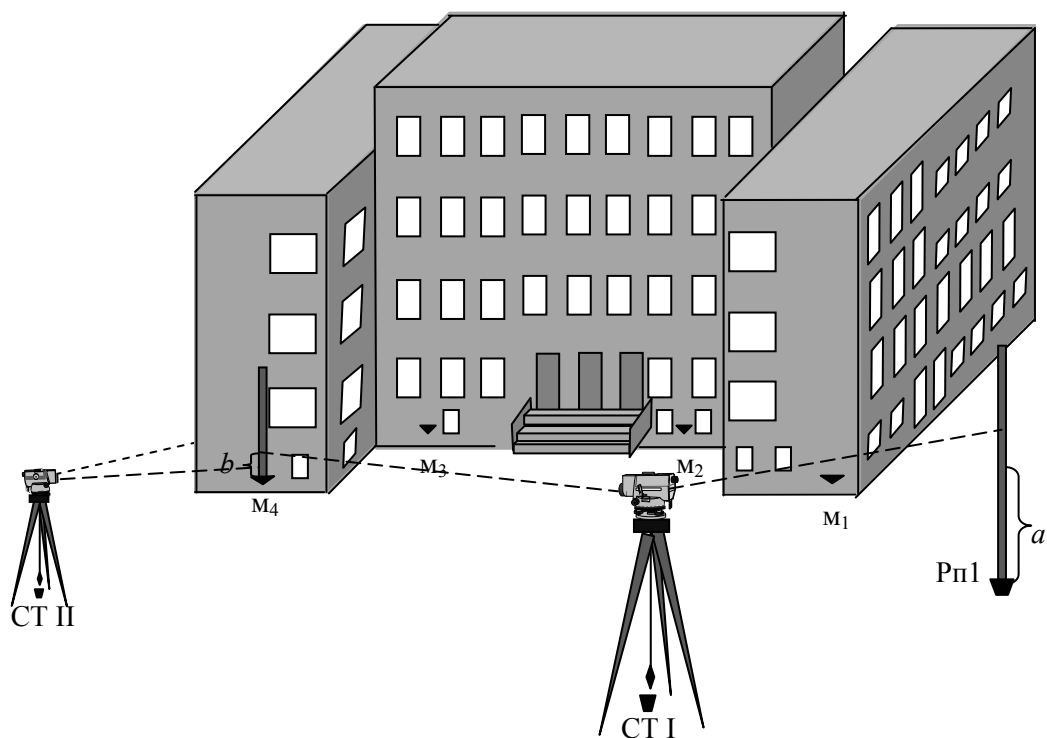


Рис.43. Схема нивелирования марки №4 со станций I и II

Нивелир переносится на станцию II, и берутся отсчеты по черной и красной сторонам реек на осадочных марках 4 и 5 (рис. 44), превышение между которыми, определяется как, для связующих точек.

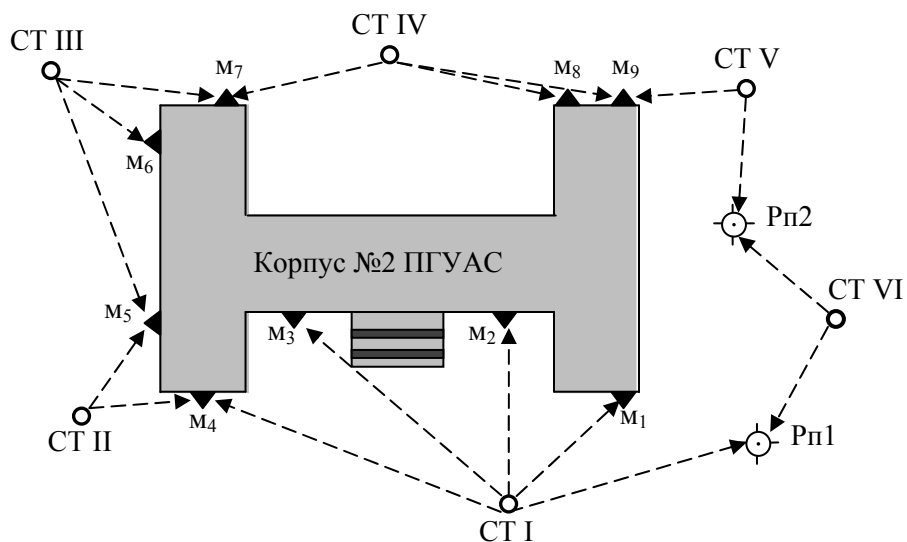


Рис.44. Схема нивелирования осадочных марок корпуса №2 ПГУАС

Далее нивелир переносится на станции III; IV; V с, которых снимаются марки m_5 ; m_7 ; m_9 и репер №2, как связующие точки и марки m_6 ; m_8 – как промежуточные.

Отметки промежуточные точек определяются через горизонт прибора, который определяется на станциях I; III; IV, по формуле

$$H_{\text{пр}} = \text{ГП} - c,$$

где ГП – горизонт прибора; c – отсчет по черной стороне рейки на промежуточных точках.

Нивелир переносится на станцию VI, которая расположена между реперами 1 и 2. На реперах устанавливаются рейки. Отсчеты берутся по черной и красной сторонам реек. Превышение между репером 1 и репером 2 определяется как для связующих точек.

Таким образом, вокруг корпуса №2 ПГУАС проложен замкнутый нивелирный ход Рп1- м₄ – м₅ – м₇ – м₉ – Рп2 – Рп1. Отметка репера 1 известна.

Теоретическая сумма превышений замкнутого нивелирного хода должна быть равна 0.

$$\sum h_{\text{теор}} = 0.$$

Разница между $\sum h_{\text{теор}}$ и $\sum h_{\text{пол}}$ является невязкой нивелирного хода

$$fh_{\text{пол}} = \sum h_{\text{пол}} - \sum h_{\text{теор}}.$$

Вычисляем допустимую невязку хода по формуле:

$$fh_{\text{доп}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{n},$$

где n – количество станций в нивелирном ходе, в предлагаемом варианте 6.

Если полученная невязка меньше допустимой невязки, то измерения признаются правильными. Полученная невязка разбрасывается равномерно на все превышения с обратным знаком.

Вычисляются отметки всех связующих марок. Контролем правильности вычислений является получение отметки $H_{\text{Рп1}}$ равной ее исходному значению.

Полученные результаты сравниваются с предыдущими измерениями, и вычисляются величины расхождений, по которым можно судить об осадке различных частей сооружения.

Задание

Студенты выполняют лабораторную работу №15 вокруг корпуса № 2 ПГУАС.

Все результаты измерений заносятся в специальный журнал и рабочие тетради студентов. Работы оформляются на листах А4.

Контрольные вопросы

1. Какой способ нивелирования используется при наблюдениях за осадками зданий и сооружений?
2. Где закрепляются осадочные марки?
3. Какие требования предъявляются за наблюдениями осадок зданий в начальный период эксплуатации?
4. Как вычисляются превышения между репером и осадочной маркой?
5. Как вычисляются превышения между осадочными марками?
6. Как вычисляются отметки осадочных марок не входящих в нивелирный ход?
7. По какой формуле вычисляется невязка нивелирного хода проложенного вокруг здания?
8. Как разбрасывается эта невязка?
9. Как вычисляется допустимая невязка хода?
10. Как определяются значения просадки зданий?

Литература

1. Золотова, Е.В. Геодезия с основами кадастра / Е.В.Золотова, Р.Н.Скогорева. – М.: Академический Проект; Трикста, 2011. – 413 с.
2. Неумывакин, Ю.К. Практикум по геодезии / Ю.К.Неумывакин. – М.: КолосС, 2008. – 318 с.
3. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия: учебник/ Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
4. Пономаренко, В.В. Геодезия: учебное пособие / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 164 с.
5. Хаметов Т.И. Геодезические работы в строительстве: учебное пособие / Т.И. Хаметов; В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 124 с.
6. Пономаренко, В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Золотова, Е.В. Геодезия с основами кадастра [Текст] / Е.В.Золотова, Р.Н.Скогорева. – М: Академический Проект; Трикста, 2011. – 413 с.
2. Неумывакин, Ю.К. Практикум по геодезии [Текст] / Ю.К.Неумывакин. – М.: КолосС, 2008. – 318 с.
3. Пономаренко, В.В. Геодезия [Текст]: учебное пособие / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 164 с.
4. Пономаренко, В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии [Электронный ресурс] /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.
5. Пономаренко, В.В. Теодолит 4Т30 [Электронный ресурс]: мультимедийное, учебно-методическое пособие / В.В.Пономаренко, К.В.Краснов, М.С.Загарина. – Пенза: ПГУАС, 2011.
6. Пономаренко, В.В. Нивелир Н-3 [Электронный ресурс]: мультимедийное, учебно-методическое пособие / В.В.Пономаренко, К.В.Краснов, М.С.Загарина. – Пенза: ПГУАС, 2011.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Лабораторная работа №1. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА УЧАСТКА. РАСЧЕТ КООРДИНАТНОЙ ВЕДОМОСТИ.....	5
Лабораторная работа №2. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА УЧАСТКА. ПОСТРОЕНИЕ КООРДИНАТНОЙ СЕТКИ. ВЫНОС НА ПЛАН РЕЗУЛЬТАТОВ СЪЕМКИ ПОДРОБНОСТЕЙ.....	13
Лабораторная работа №3. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА УЧАСТКА. НИВЕЛИРОВАНИЕ ВЕРШИН ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА. НИВЕЛИРОВАНИЕ ПЛОЩАДКИ	20
Лабораторная работа №4. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА УЧАСТКА. РАСЧЕТ ВЕДОМОСТИ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ. ВЫНОС ТОЧЕК ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ НА ПЛАН.....	28
Лабораторная работа №5. СОСТАВЛЕНИЕ КАРТОГРАММЫ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЕКТНЫХ ОТМЕТОК. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОЧИХ ОТМЕТОК. ПРОВЕДЕНИЕ ЛИНИИ НУЛЕВЫХ РАБОТ	37
Лабораторная работа №6. СОСТАВЛЕНИЕ КАРТОГРАММЫ ЗЕМЛЯНЫХ МАСС. РАСЧЕТ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ	43
Лабораторная работа №7. ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ. ЗАПОЛНЕНИЕ ПИКЕТАЖНОГО ЖУРНАЛА. РАСЧЕТ РЕЗУЛЬТАТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ ТРАССЫ АВТОДОРОГИ	48
Лабораторная работа №8. ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ. ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ АВТОДОРОГИ.....	59
Лабораторная работа №9. ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА И РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ. ГРАФИЧЕСКАЯ, АНАЛИТИЧЕСКАЯ И ВЫСОТНАЯ ПОДГОТОВКА	66
Лабораторная работа №10. ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА И РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ. РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ, ВЫБОР ПРИБОРОВ И МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ.....	72
Лабораторная работа №11. РЕШЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ ТЕОДОЛИТА	76
Лабораторная работа №12. РЕШЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ ТЕОДОЛИТА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРЕНА КОЛОННЫ	81

Лабораторная работа №13. РЕШЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ НИВЕЛИРА	87
Лабораторная работа №14. РЕШЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ПОМОЩЬЮ НИВЕЛИРА	93
Лабораторная работа №15. ИЗМЕРЕНИЕ ОСАДОК ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	98
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	102

Учебное издание

Букин Сергей Николаевич
Денисова Екатерина Сергеевна

ГЕОДЕЗИЯ

Учебно-методическое пособие к лабораторным работам
по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры»
(2 семестр)

В авторской редакции
Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 17.11.16. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 6,045. Уч.-изд.л. 6,5. Тираж 80 экз.
Заказ № 723.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.