

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Кафедра автомобильных дорог

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Методические указания по выполнению
расчетно-графических работ № 1, 2

Составитель
А. А. ПОТЛОВ



Владимир 2020

УДК 528
ББК 26.117
И62

Рецензент
Кандидат технических наук
председатель Астрономо-геодезического общества России
(Владимирское отделение)
Р. М. Нигаматьянов

Инженерная геодезия : метод. указания по выполнению
И62 расчетно-граф. работ № 1, 2 / Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г.
Столетовых ; сост. А. А. Потлов. – Владимир : Изд-во ВлГУ,
2020. – 16 с.

Включают две расчетно-графические работы по разделам «Теодолитная съемка» и «Нивелирование трассы».

Предназначены для студентов вузов строительных специальностей дневной и заочной форм обучения.

Табл. 6. Ил. 2. Библиогр.: 5 назв.

УДК 528
ББК 26.117

Расчетно-графическая работа № 1. ТЕОДОЛИТНАЯ СЪЕМКА

Цель работы: освоить методику обработки теодолитных ходов, построение плана участка.

1.1. Обработка журнала измерения горизонтальных углов и длин линий

В замкнутом теодолитном ходе, показанном на абрисе (рис. 2), измерены внутренние углы оптическим теодолитом типа Т30. Результаты измерения горизонтальных углов и длин линий даны в журнале (табл. 1). Расстояния между точками теодолитного хода были измерены дважды и средние их значения с вертикальными углами занесены в последнюю колонку журнала.

Порядок вычислений в журнале

1. Горизонтальный угол на станции вычисляется как разность между отсчетом правого направления и отсчетом левого направления (ориентироваться по абрису), числовую величину которого записать в колонке "Измеренные углы полуприемом".

2. Окончательный результат угла, измеренного одним приемом, получается как среднее двух значений в полуприемах («Круг право» и «Круг лево») и записывается в колонку "Измеренные углы приемом" с округлением до 0,1'.

3. Вычислить горизонтальное проложение d измеренных расстояний, т.е. ввести поправку в измеренные расстояния за наклон местности по формуле $d=D \cos v$ (рис. 1). Расстояние округлить до 0,01 м.

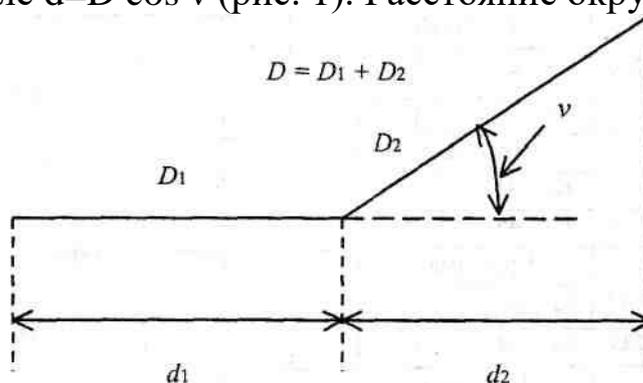


Рис. 1

$$d_1 = d_1 = D_1 = D - D_2;$$

$$d_2 = D_2 \cos v;$$

$$d_3 = d_1 + d_2.$$

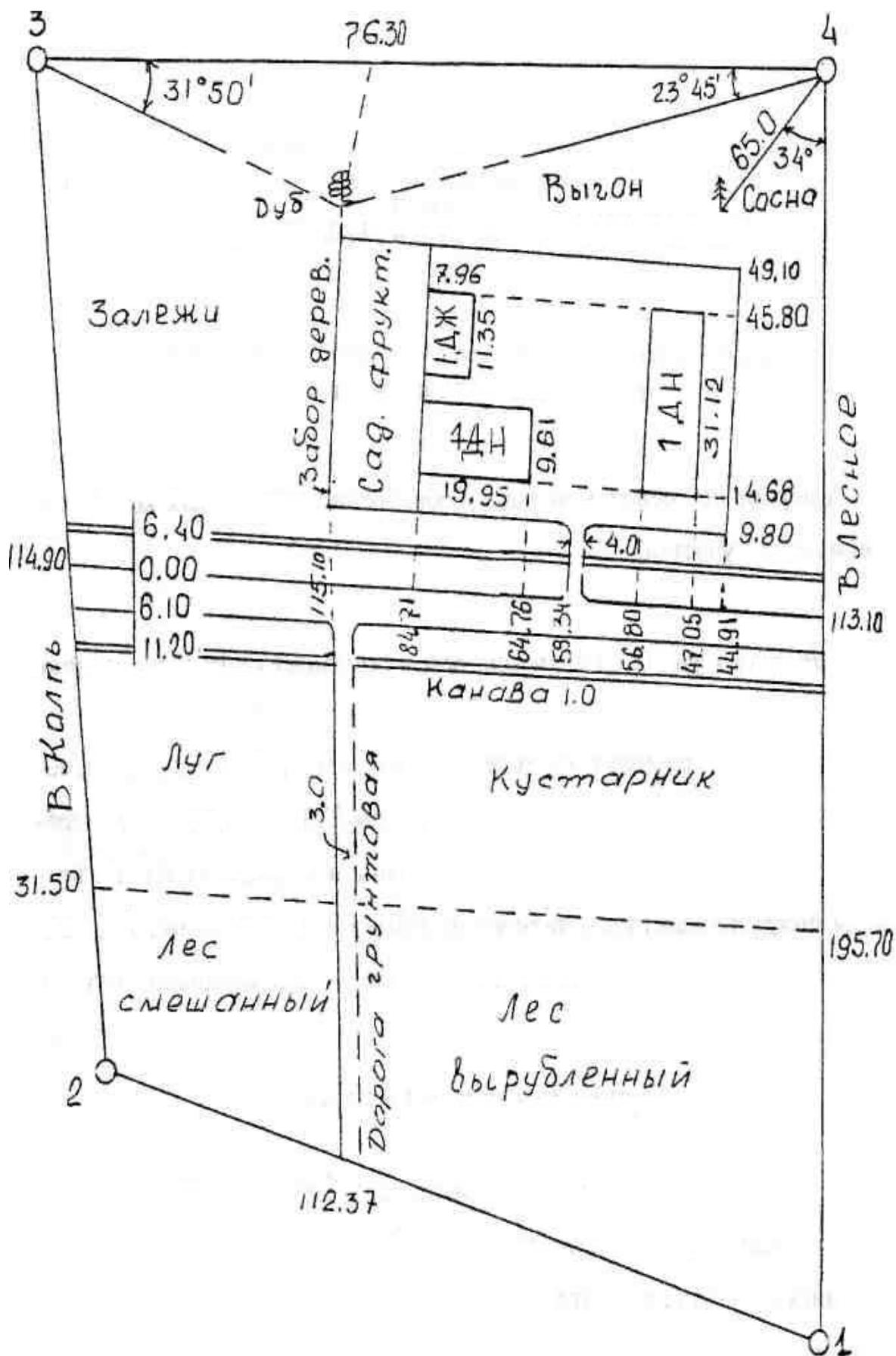


Рис. 2. Абрис

Таблица 1

Журнал измерения горизонтальных углов и длин линий

Номер станции	Номер точки визирования	Отсчеты по горизонтальному кругу		Измеренные углы				Длины линий и углы наклона	
		о	'	Полуприемом		Приемом			
				о	'	о	'		
1	2	12	Круг право					<u>1-2</u> 179,85 м	
			06						
	4	91	54						
			Круг лево						
2	192	06							
		53							
2	3	260	Круг право						<u>2-3</u> 219,27 м, причем 57,00 м по наклону 7°
			41						
	1	3	44						
			Круг лево						
	3	80	42						
46									
3	4	147	Круг право					<u>3-4</u> 188,68 м из них 45,00 м по наклону 8°	
			05						
	2	239	34						
			Круг лево						
	4	327	05						
34									
4	1	359	Круг право					<u>4-1</u> 267,96 м	
			46						
	3	84	27						
			Круг лево						
	1	179	48						
29									

1.2. Вычисление прямоугольных координат точек теодолитного хода

Для построения плана теодолитной съемки вычисляются координаты точек съемочного обоснования: по заданию - вершины углов замкнутого теодолитного хода.

Из журнала измерений углов и длин линий (см. табл. 1) выписать в ведомость вычисления координат точек теодолитного хода (табл. 2) величины измеренных углов и горизонтальных проложений сторон.

Найти сумму практически измеренных углов $\sum \beta_i$ и сравнить ее с теоретической суммой $\sum \beta_{теор} = 180^\circ (k-2)$, где k - число углов. Разность между ними определяет практическую невязку в измеренных горизонтальных углах $f\beta = \sum \beta_i - \sum \beta_{теор}$. Сравнить ее с допустимой невязкой $f\beta_{доп} = \pm 1' \sqrt{k}$. Если $f\beta_{пр} \leq f\beta_{доп}$, то невязку распределить с обратным знаком поровну во все измеренные углы, округляя до $0,1'$, и вписать красным цветом над измеренными углами. Вычислить сумму исправленных углов $\sum \beta_{испр}$, которая должна равняться $\sum \beta_{теор}$.

Исходный дирекционный угол линии 1-2 вычислить по формуле $\alpha_{1-2} = 120^\circ + U^\circ + U'$, где U - порядковый номер студента в списке группы. Вычислить дирекционные углы последующих линий по формуле $\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} \pm 180^\circ - \beta_2$;

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} \pm 180^\circ - \beta_3;$$

$$\alpha_{4-1} = \alpha_{3-4} \pm 180^\circ - \beta_4;$$

проконтролировать вычисление дирекционных углов:

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{4-1} \pm 180^\circ - \beta_1.$$

По дирекционным углам вычислить румбы. Связь между дирекционными углами α и румбами r , а также знаки приращений координат приведены в табл. 3.

По дирекционным углам и горизонтальным проложениям вычислить приращения координат: $\Delta X = d \cos \alpha$, $\Delta Y = d \sin \alpha$ с округлением до $0,01$ м. Теоретические суммы приращений координат в замкнутом полигоне должны равняться нулю: $\sum \Delta X_{теор} = 0$, $\sum \Delta Y_{теор} = 0$. Практически полученные суммы приращений координат определяют невязки: $f_x = \sum \Delta X_{пр}$, $f_y = \sum \Delta Y_{пр}$.

Вычислить абсолютную и относительную невязки в полигоне. Абсолютная невязка в полигоне вычисляется по формуле $f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$. Найти отношение f_p к P - периметру хода, выразить простой дробью, числитель которой должен быть равен единице, и сравнить с допустимой по инструкции относительной невязкой $I : N$ ($N = 2000$ - знаменатель дроби). При $f_p / P \leq I / N$ невязка в полигоне допустима. После этого невязки в приращениях координат распределить с обратным знаком пропорционально длинам линий по формуле $\delta x_i = (-f_x / P) d_i$; $\delta y_i = (-f_y / P) d_i$. Поправки в сантиметрах надписать красными чернилами над соответствующим приращением координат.

Таблица 3

Обозначения	Четверти			
	I	II	III	IV
	СВ: 0-90°	ЮВ: 90-	ЮЗ: 180-	СЗ: 270 -
ΔX	+	-	-	+
ΔY	+	+	-	-
r	$r = \alpha$	$r = 180^\circ - \alpha$	$r = \alpha -$	$r = 360^\circ - \alpha$

Координаты первой точки задаются преподавателем. Координаты последующих точек вычислить алгебраическим суммированием координат предыдущей точки и соответствующих приращений с учетом поправок. Для вычисления координат вершин теодолитного хода использовалась прямая геодезическая задача.

1.3. План теодолитной съемки

Составление ситуационного (контурного) плана в масштабе 1: 1 000. На листе чертежной бумаги при помощи линейки Дробышева построить сетку квадратов с основанием 10 см; отклонения от расчетных длин диагоналей квадратов не должны превышать 0,2 мм.

Верность нанесения точек по координатам проконтролировать графически: определением расстояния между смежными точками и сравнением с данными ведомости координат (см. табл. 2).

Пользуясь абрисом (см. рис. 1), в масштабе плана нанести контуры ситуации, используя условные знаки (последние строго ориентируя на север и точно выдерживая их размеры).

Оформление плана и надписи выполнять черной тушью, канавы и координатные метки - зеленой.

На чистом поле чертежа у середины линии теодолитного хода нанести горизонтальные линии, над которыми написать название и величину румба, под ними - горизонтальные проложения сторон полигона.

Под чертежом плана вычертить нормальный поперечный масштаб, в свободном поле в таблице на чертеже выписать координаты точек. В правом нижнем углу поместить штамп чертежа. Все надписи выполнить печатным шрифтом, ориентируя буквы надписей и условные знаки на север.

1.4. Обратная геодезическая задача

Обратная геодезическая задача – определение длины и направления линии по известным координатам ее начальной и конечной точки.

По координатам двух несмежных вершин теодолитного хода вычислить дирекционный угол и горизонтальное проложение между этими вершинами. Результаты вычислений заносятся в табл. 4. Для решения обратной геодезической задачи применяются формулы:

$$\operatorname{tg} r = \frac{\Delta x}{\Delta y}$$

$$d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \Delta y / \sin r = \Delta x / \cos r$$

Таблица 4

№ п/п	Элементы формул	Вычисления (пример)	Решение	Схема расположения точек
1	X_B	1059,30		
2	X_A	720,77		
3	$\Delta x = X_B - X_A$	338,53		
4	Y_B	426,47		
5	Y_A	604,45		
6	$\Delta y = Y_B - Y_A$	-177,98		
7	$\operatorname{tg} r = \frac{\Delta x}{\Delta y}$	-0,52574		
8	$r = \operatorname{arctg} r$	СЗ: 27°44'		
9	α	332°16'		
10	$\cos r$	0,885126		
11	$\sin r$	0,46535		
12	$d = \Delta y / \sin r$	382,465		
13	$d = \Delta x / \sin r$	382,465		
14	$d_{\text{ср}}$	482,465		

■ Решить обратную геодезическую задачу для 1-й и 3-й или 2-й и 4-й вершин теодолитного хода, результаты занести в табл. 4.

Расчетно-графическая работа № 2. НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ

Цель работы: освоить методику обработки нивелирного хода, поперечников, построение профилей и проектирование линейных сооружений.

2.1. Обработка журнала нивелирования трассы

Заданием предусмотрено техническое нивелирование трассы методом из середины по трехметровым двусторонним рейкам. В журнале нивелирования трассы записаны отсчеты по рейкам продольного нивелирования трассы (табл. 5) и нивелирования поперечников (табл. 6).

При нивелировании трассы ход в начале и в конце привязан к реперам Рп7 и Рп9. Принять отметку Рп7 = $40,468 + 0,219 U - 0,001U$ Рп9 = $37,878 + 0,219 U$, где U - порядковый номер по списку группы.

В журнале нивелирования трассы вычислить превышения между связующими точками по отсчетам черной и красной сторон реек и среднее из них.

Результаты вычисления округляют до целых миллиметров. Отклонения между ними не должны превышать 1 - 2 мм. В конце журнала выполняют контроль хода. Допустимая невязка $fh_{\text{доп}} = 50 \text{ мм} \sqrt{L}$ (L , км, - число километров в нивелирном ходе).

Если $fh \leq fh_{\text{доп}}$, то невязку fh распределяют введением поправки с обратным знаком на все станции поровну, округляя до целых миллиметров. Вносимые поправки выписывают над соответствующими превышениями. Полученные значения записывают в графу «исправленные». Отметки связующих точек вычислить алгебраическим прибавлением к отметке Рп7 последовательно исправленных превышений на станциях. Контролем служит получение отметки Рп9.

Отметки промежуточных точек вычислить через горизонт инструмента на станции, который равен отметке данного пикета плюс отсчет по черной стороне рейке, вычитанием отсчета, записанного в колонке «Промежуточные» (табл. 5).

Вычислить отметки точек поперечников как отметки промежуточных точек (табл. 6). Отметки пикетов взять из журнала нивелирования трассы (табл. 5).

Точность вычисления связующих точек и горизонта инструмента до 0,001 м, промежуточных точек и точек поперечников до 0,01 м.

Таблица 5

Журнал нивелирования трассы

Номер станции	Номер репера и точек	Отсчеты по рейкам, мм			Превышения, мм			Горизонт инструмента ГИ, м	Отметки Н, М
		зад-ние	перед-ние	проме-жуточные	по чер-ным и крас-ным	сред-нее	ис-правлен-ные		
1	Рп7	1345							
		6028							
	ПКО		2903						
				7584					
2	ПКО	2939							
		7620							
	+40			0321					
	ПК1		0755						
			5433						
3	ПК1	0381							
		5064							
	+46			2807					
	ПК 2			2917					
			7599						
4	ПК 2	0508							
		5189							
	+60			0319					
	ПК3		2834						
			7517						
5	ПК3	2981							
		7666							
	+20			1243					
	+50			2654					
	+75			0319					
ПК 4			0317						
			5002						
6	ПК 4	1592							
		6275							
	Рп9		2596						
			7281						
Постраничный контроль									

Сумма средних превышений хода: $\sum h_{\text{ср}}$ Разность
отметок исходных реперов: $\sum h_{\text{теор}} = H_9 - H_7$
Невязка в превышениях: $fh = \sum h_{\text{ср}} - \sum h_{\text{теор}}$
Допустимая невязка: $fh_{\text{дон}}$

Журнал нивелирования поперечников

Но- мер пи- кета	Расстояние от ПК, м		Отсчеты по рейкам, мм		ГИ, м	Отметки	Примечание
	впра- во	влево	ПК	точки			
			2847				По одному поперечнику на участок выемки и насыпи в продольном профиле
	6,0			1249			
	10,0			2968			
	15,0			0304			
		11,0		0510			
		15,0		2897			
			0569				
	4,0			2633			
	9,0			2756			
	15,0			0878			
		4,0		0359			
		15,0		2805			

2.2. Расчетно-графические построения по данным нивелирования. Профили и проектирование по ним

Построение продольного профиля трассы. По данным журнала нивелирования (см. табл. 5) составить и вычертить на миллиметровой бумаге профили, приняв масштабы: для трассы - горизонтальный 1 : 1 000, вертикальный 1:100, для поперечников - общий 1 : 100.

Линии условного горизонта и вертикали пикетов должны совмещаться с утолщенными линиями миллиметровки. Ниже линии условного горизонта разместить графы (названия вписать слева на 5 мм левее от вертикали ПК0, см. приложение).

От линии условного горизонта слева параллельно вертикали ПК0 на расстоянии 20 мм начертить рейку высот шириной в 1 мм и через один заштриховать сантиметровые отрезки. При построении профиля точка с наименьшей фактической отметкой должна отстоять от линии условного горизонта на 5 - 10 см.

2.3. Проектирование по профилю

Запроектировать проектную линию профиля и провести ее красным цветом, приняв проектные отметки равными: $\text{НПК}0_{\text{фак}} + 1,95$, м, и $\text{НПК}4_{\text{фак}} - 1,72$, м. Между ПК1 и ПК4 провести проектную линию с 2 - 3 уклонами, вычисляя их значения до 0,0001. Перелом проектной линии допускается на вертикали точки, имеющей черную отметку. Между уклонами должна быть вертикальная линия в пределах смежных точек. Площади на продольном профиле «выемки» и «насыпи» должны быть примерно равные.

Вычислить проектные отметки связующих и промежуточных точек и написать их значения красным цветом с точностью до 0,01 м в графе «Проектные отметки» над соответствующей точкой по вертикальной линии.

Вычислить рабочие отметки как разность между фактическими и проектными отметками соответствующих точек, абсолютное значение их написать красным цветом под проектной линией - для выемки, над проектной линией - для насыпей по вертикальной линии. Площади срезки и насыпи слабо закрасить разным цветом.

На чертеж синим цветом выписать данные точек нулевых работ (точка пересечения черного и красного профиля). Расстояния с округлением до 0,1 м, отметки до 0,01 м.

Приложение Черным цветом

Проектные отметки	15 мм	Черным цветом, ось трассы - красным
Уклоны	10 мм	Красным цветом Красным цветом
расстояния		
Фактические отметки	15 мм	Черным цветом
Расстояния	10 мм	Черным цветом
Пикеты	10 мм	Черным цветом

←→
50мм

2.4. Построение поперечного профиля

По данным табл. 6 построить поперечные профили – поперечники, один для участка выемки, другой – для насыпи.

На поперечниках заполнить графы: проектные отметки, проектные расстояния, фактические отметки, расстояния, номер пикета, совместив с вертикальной утолщенной линией на миллиметровой бумаге. Проектная линия на поперечниках – горизонтальная – должна соответствовать проектной отметке пикета на продольном профиле.

Вопросы для самоконтроля

1. Как вычисляется горизонтальный угол, измеренный одним приемом?
2. Как вычисляется горизонтальное проложение линии?
3. Как определить угловую невязку в теодолитном ходе и как она распределяется?
4. Как вычисляются дирекционные углы и как контролируется правильность их вычислений?
5. Как вычислить невязку в приращениях координат и как они распределяются?
6. Какая линейная невязка допускается в теодолитном ходе?
7. Какой план составляют по результатам теодолитной съемки?
8. Какие существуют способы построения ситуации на плане?
9. Как вычисляется горизонтальное проложение в обратной геодезической задаче?
10. Какие точки называются связующими, какие плюсовыми?
11. Как контролируется правильность вычислений превышений в журнале технического нивелирования?
12. Как вычисляют невязку нивелирного хода и как она распределяется?
13. Как вычисляется допустимая невязка в превышениях нивелирного хода?
14. Как проверить правильность распределения невязки в нивелирном ходе?
15. Что такое уклон?
16. Как вычисляются проектные отметки точек?
17. Как вычисляются рабочие отметки?
18. Как определяются точки нулевых работ?
19. Как вычислить расстояние до точек нулевых работ и определить отметку этой точки?

Рекомендательный библиографический список

1. Инженерная геодезия : учебник / Г. А. Федотов [и др.]. – 6-е изд. – М. : НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 358 с. – Режим доступа:
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301109.html>
2. Геодезия : учебник / М. А. Гиршберг [и др.]. – Изд. стер. – М. : НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 352 с. – Режим доступа:
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300027.html>
3. Подшивалов, В. П. Инженерная геодезия [Электронный ресурс] : учебник / В. П. Подшивалов, М. С. Нестеренок. – 2-е изд., испр. – Минск : Выш. шк., 2014. – Режим доступа:
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300560.html>
4. Ходоров, С. И. Геодезия – это очень просто. Введение в специальность. [Электронный ресурс] / С. И. Ходоров. – 2-е изд. – М. : Инфра-Инженерия, 2015 – Режим доступа:
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930934007.html>
5. Нестеренок, М. С. Геодезия [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. С. Нестеренок. – Минск : Выш. шк., 2014. – Режим доступа:
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939538.html>

ОГЛАВЛЕНИЕ

Расчетно-графическая работа № 1. ТЕОДОЛИТНАЯ СЪЕМКА	3
1.1. Обработка журнала измерения горизонтальных углов и длин линий.....	3
1.2. Вычисление прямоугольных координат точек теодолитного хода	5
1.3. План теодолитной съемки	8
1.4. Обратная геодезическая задача.....	9
Расчетно-графическая работа № 2. НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ	10
2.1. Обработка журнала нивелирования трассы	10
2.2. Расчетно-графические построения по данным нивелирования.	
2.3. Профили и проектирование по ним	12
2.4. Проектирование по профилю.....	13
2.5. Построение поперечного профиля.....	14
Вопросы для самоконтроля	14
Рекомендательный библиографический список	15

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Методические указания по выполнению
расчетно-графических работ № 1, 2

Составитель:

ПОТЛОВ Александр Анатольевич

Издается в авторской редакции

Подписано в печать 16.07.20.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 0,93. Тираж 50 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.