

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Т.И. Хаменов

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Учебно-методическое пособие
к расчетно-графическим работам
по направлению подготовки 08.05.01
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

Пенза 2016

УДК 528.48.69

ББК 38.115

X18

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – кандидат технических наук, доцент
кафедры «Землеустройство и геодезия» Е.П. Тюкленкова (ПГУАС)

Хаметов Т.И.

X18 Инженерная геодезия: учеб.-метод. пособие к расчетно-графическим работам по направлению подготовки 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» / Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 80 с.

Изложены содержание и последовательность выполнения расчетно-графических заданий по дисциплине «Инженерная геодезия».

Учебно-методическое пособие подготовлено на кафедре «Землеустройство и геодезия» и предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016

© Хаметов Т.И., 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с типовой учебной программой подготовки по направлению 08.03.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений». Целью дисциплины «Инженерная 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 в строительной отрасли, организационно-управленческой и научно-исследовательской деятельности.

Учебно-методическое пособие соответствует учебной программе предмета «Инженерная геодезия», которая изучается студентами в первом и втором семестрах на первом курсе. Основной задачей пособия является доведение до обучающихся в доступной форме излагаемого материала, с целью самостоятельного выполнения расчетно-графических заданий. Выполнение расчетно-графических заданий позволяет закрепить теоретические знания, полученные на лекционных занятиях. При самостоятельной работе студенты изучают: специальную литературу, мультимедийный курс лекций, список которой приведен в конце учебного пособия.

В результате изучения дисциплины «Инженерная геодезия» студентами должны быть освоены следующие компетенции:

– владение знанием нормативной базы проектирования и мониторинга высотных и большепролетных зданий и сооружений

– способность организовывать процесс возведения высотных и большепролетных сооружений и конструкций с применением новых технологий и современного оборудования, принимать самостоятельные технические решения

В результате освоения компетенций студент должен:

знать: нормативную базу проектирования, строительства и мониторинга высотных и большепролетных зданий и сооружений; Организацию технологического процесса возведения высотных и большепролетных сооружений и конструкций с применением новых технологий и современного оборудования, принимать самостоятельные технические решения

уметь: использовать нормативную базу проектирования и мониторинга при строительстве высотных и большепролетных зданий и сооружений; Использовать передовые способы и методы геодезического сопровождения процесса возведения высотных и большепролетных сооружений и конструкций с применением новых технологий и современного оборудования, принимать самостоятельные технические решения

владеть: навыками соблюдения на практике нормативной базы проектирования и строительства высотных и большепролетных зданий и сооружений; Навыками использования инструментального контроля в процессе возведения высотных и большепролетных сооружений и конструкций с применением новых технологий и современных геодезических приборов и оборудования.

Расчетно-графическая работа №1

СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА

УЧАСТКА МЕСТНОСТИ

1.1. Задания и исходные данные

При съемке участка местности был проложен замкнутый теодолитный ход. Точка I теодолитного хода, является точкой опорной геодезической сети с известными координатами. Построить план теодолитной съемки в масштабе 1:500, с вынесенными на него горизонталями, полученными по результатам геометрического нивелирования площадки состоящей из 12 квадратов.

Четырехугольный теодолитный ход (полигон) проложен по часовой стрелке. В нем измерены длины всех сторон D и правые по ходу внутренние углы β . На рис. 1 показан теодолитный ход со всеми измеренными параметрами.

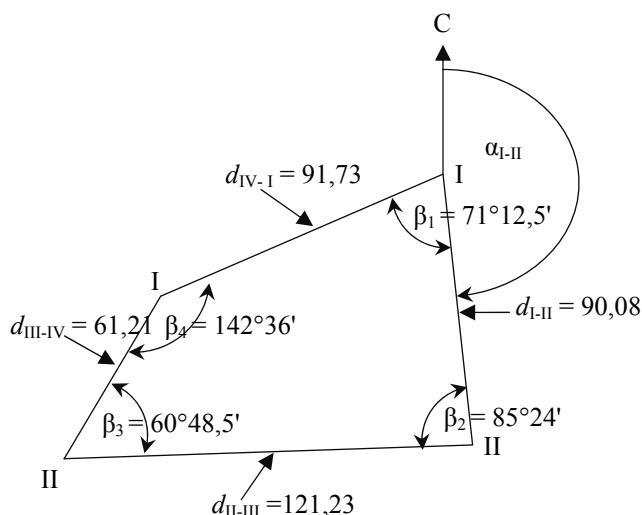


Рис. 1. Схема теодолитного хода

Средние значения измеренных внутренних углов хода и горизонтальные проложения его сторон приведены в табл. 1

Горизонтальное проложение (рис. 2), является проекцией измеряемой линии на местность, на плоскость, $d = D \cdot \cos\gamma$.

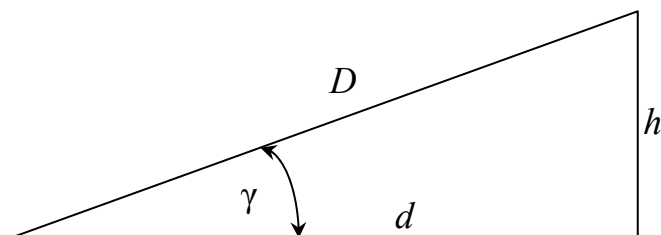


Рис. 2. Соотношение горизонтальных проложений (d) и длин сторон (D)

Т а б л и ц а 1

Номера точек	Измеренные углы (правые)	Наименование сторон	Измеренные длины сторон D , м	Горизонтальные проложения d , м
I	$\beta_1 = 71^\circ 12,5'$			
		I-II	90,08	90,08
II	$\beta_2 = 85^\circ 24'$			
		II-III	121,23	121,23
III	$\beta_3 = 60^\circ 48,5'$			
		III-IV	61,21	61,21
IV	$\beta_4 = 142^\circ 36'$			
		IV-I	91,77	91,77

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 α_{I-II} стороны I-II (см. рис. 1);
- б) внутренние горизонтальные углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$;
- в) горизонтальные проложения сторон $d_{I-II}, d_{II-III}, d_{III-IV}, d_{IV-I}$;
- г) координаты исходной точки.

Значения внутренних горизонтальных углов и горизонтальных проложений приведены в табл. 1.

Исходный дирекционный угол α_{I-II} студенты вычисляют по формуле, заданной преподавателем, согласно порядковому номеру в списке группы. Например: номер студента в списке группы 25, тогда

$$\alpha_{III-I} = 10 \cdot N + 20^\circ 47' = 250^\circ + 20^\circ 47' = 270^\circ 47'.$$

Координаты точки I задаются преподавателем.

Например: $X_1 = 370, Y_1 = 470$.

1.2. Расчет ведомости вычисления координат точек теодолитного хода

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:

$$\Sigma \beta_{\text{пол}} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = 360^\circ 01'.$$

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

$$\Sigma\beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (n - 2) = 180^\circ(4-2) = 360^\circ,$$

где n – количество углов полигона.

Определяем разность между полученной и теоретической суммами углов.

$$f\beta_{\text{пол}} = \Sigma\beta_{\text{пол}} - \Sigma\beta_{\text{теор}} = 360^\circ 01' - 360^\circ = 1'.$$

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:

$$f\beta_{\text{доп}} = \pm 1' \sqrt{n} = 1' \sqrt{4} = 2'.$$

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

$$f\beta_{\text{пол}} = 1' \leq f\beta_{\text{доп}} = 2'.$$

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. 1.

Вычисление дирекционных углов и румбов. Дирекционный угол – это горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана или линии, параллельной ему, до заданного направления, по часовой стрелке. В отличие от азимутов, дирекционный угол постоянен на протяжении всего направления.

Прямой и обратный дирекционные углы отличаются ровно на 180° , т.е. $\alpha_{\text{обр}} = \alpha_{\text{пр}} \pm 180^\circ$. При определении дирекционного угла на местности необходимо знать значение истинного азимута и величину сближения меридианов γ , тогда $\alpha = A_{\text{ист}} + \gamma$. Значение величины γ подписывается под южной стороной рамок топографических карт.

Румб – это острый угол, который отсчитывается от северного или южного конца меридиана, до заданного направления по ходу или против хода часовой стрелки. Так как румбы могут иметь одинаковые значения в разных четвертях, то перед численным значением румба указывается буквенное значение четверти.

I четверть – СВ, II четверть – ЮВ, III четверть – ЮЗ, IV четверть – СЗ.

Соотношение дирекционных углов и румбов показано на рис. 3, а также в табл. 2.

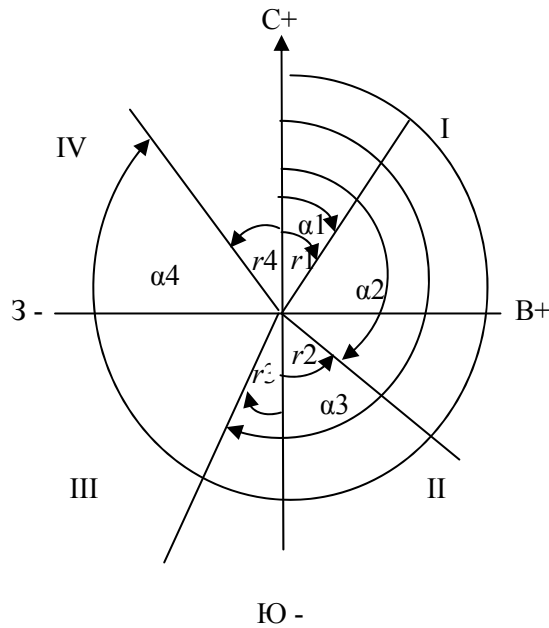


Рис. 3. Соотношение между дирекционными углами и румбами

Соотношение дирекционных углов и румбов, а также знаки приращения координат даны в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Четверти	I – СВ	II – ЮВ	III – ЮЗ	IV – СЗ
Дирекционный угол (α)	$\alpha = r$	$\alpha = 180^\circ - r$	$\alpha = 180^\circ + r$	$\alpha = 360^\circ - r$
Румб (r)	$r = \alpha$	$r = 180^\circ - \alpha$	$r = \alpha - 180^\circ$	$r = 360^\circ - \alpha$
Знаки приращений координат	$\Delta X+; \Delta Y+$	$\Delta X-; \Delta Y+$	$\Delta X-; \Delta Y-$	$\Delta X+; \Delta Y-$

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:

$$\alpha_{\text{II-III}} = \alpha_{\text{I-II}} + 180^\circ - \beta_2 = 270^\circ 47' + 180^\circ - 85^\circ 24' = 5^\circ 23';$$

$$\alpha_{\text{III-IV}} = 5^\circ 23' + 180^\circ - 60^\circ 48' = 124^\circ 35';$$

$$\alpha_{\text{IV-I}} = 124^\circ 35' + 180^\circ - 142^\circ 36' = 161^\circ 59';$$

$$\alpha_{I-II} = 161^{\circ}59' + 180^{\circ} - 71^{\circ}12' = 270^{\circ}47'$$

Если полученный дирекционный угол больше 360° , то из него вычитаем 360° . Если значение полученного дирекционного угла α_{I-II} равно исходному значению, то расчет выполнен верно. Вносим значения дирекционных углов в координатную ведомость. Определяем румбы всех направлений по формулам: приведенным в табл. 2, и вносим их значения в координатную ведомость (табл. 3).

Вычисление приращений координат. Для определения приращений координат вершин теодолитного хода, решаем прямые геодезические задачи.

Прямая геодезическая задача. Даны координаты первой точки (X_1 и Y_1), горизонтальное расстояние

от первой до второй точки d_{1-2} и дирекционный угол α_{1-2} линии 1-2 (рис.4). Требуется определить координаты точки 2 (X_2 и Y_2).

Из треугольника 1-2-3 (рис.4) находим приращения координат ΔX и ΔY .

$$\Delta X = d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2}; \Delta Y = d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2}.$$

Координаты точки 2 находим по формулам:

$$X_2 = X_1 + \Delta X; Y_2 = Y_1 + \Delta Y.$$

Например: даны координаты точки 1, дирекционный угол направления 1-2, и расстояние (горизонтальное проложение) между точками 1 и 2. ($X_1 = 886$ м; $Y_1 = 222$ м; $\alpha_{1-2} = 82^{\circ}30'$, $d_{1-2} = 604,0$ м). Требуется определить координаты точки 2 (X_2 ; Y_2).

Находим приращения координат линии 1 – 2:

$$\Delta X_{1-2} = d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2} = 604,0 \text{ м} \cdot \cos 82^{\circ}30' = 78,84 \text{ м},$$

$$\Delta Y_{1-2} = d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2} = 604,0 \text{ м} \cdot \sin 82^{\circ}30' = 598,83 \text{ м}.$$

Приращения координат по осям X и Y имеют положительные значения, так как дирекционный угол отвечает первой четверти.

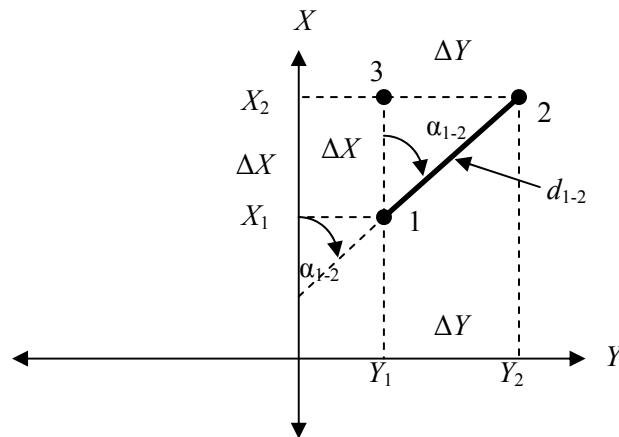


Рис.4. Прямая геодезическая задача

Таблица 3

№ 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		$\pm\Delta X$	$\pm\Delta Y$	$\pm\delta_x$	$\pm\delta_y$	$\pm\Delta X_{ур}$	$\pm\Delta Y_{ур}$	X	Y
I	71°12,5'	-0,5'	71°12'											370	470
				270°47'	СЗ	89°13'	90,08	1,23	-90,07	0,01	0	1.24	-90,07		
II	85°24'		85°24'											371,24	379,93
				5°23'	СВ	5°23'	121,23	120,69	11,37	0,01	0	120,70	11,37		
III	60°48,5'	-0,5'	60°48'											491,94	391,3
				124°35'	ЮВ	55°25'	61,21	-34,69	50,32	0,01	0	-34,68	50,32		
IV	142°36'		142°36'											457,26	441,62
				161°59'	ЮВ	18°01'	91,77	-87,27	28,38	0,01	0	-87,26	28,38		
														370	470
				270°47'	СЗ	89°13'									
$\Sigma\beta_{пол} = 360°01'$				$P = 364,18$				$\Sigma-121,96$		$\Sigma-90,07$		$\Sigma-121,94$		$\Sigma-90,07$	
$\Sigma\beta_{теор} = 360°$				$f_p = 0,04$				$\Sigma+121,92$		$\Sigma+90,07$		$\Sigma+121,94$		$\Sigma+90,07$	
$f\beta_{пол} = 1'$				$f_{отн} = 0,00011$				$f_x = -0,04$		$f_y = 0$					
$f\beta_{доп} = 2'$				$1/N_{пол} = 1/9104,5 < 1/N_{доп} = 1/2000$											

Перед тем как взять функцию косинуса или синуса, переводим значения градусов из градусной системы в десятичную. Для этого значения минут делим на 60, а затем прибавляем значение градуса: $(30' : 60) = 0,5 + 48^\circ = 48,5^\circ$. Эта операция осуществляется при положении DEG на калькуляторе.

Определяем координаты точки 2 по формулам:

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{1-2} = 886 + 78,84 = 964,84 \text{ м,}$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1-2} = 222 + 598,83 = 820,83 \text{ м.}$$

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

$$\Delta X_{I-II} = 90,08 \cdot \cos 270^\circ 47' = 1,23,$$

$$\Delta Y_{I-II} = 90,08 \cdot \sin 270^\circ 47' = -90,07,$$

$$\Delta X_{II-III} = 121,23 \cdot \cos 5^\circ 23' = 120,69,$$

$$\Delta Y_{II-III} = 121,23 \cdot \sin 5^\circ 23' = 11,37,$$

$$\Delta X_{III-IV} = 61,12 \cdot \cos 124^\circ 35' = -34,69,$$

$$\Delta Y_{III-IV} = 61,12 \cdot \sin 124^\circ 35' = 50,32,$$

$$\Delta X_{IV-I} = 91,77 \cdot \cos 161^\circ 59' = -87,27,$$

$$\Delta Y_{IV-I} = 91,77 \cdot \sin 161^\circ 59' = 28,38.$$

Значения приращений координат округляем до сотых долей. Аналогичным образом определяем приращения координат других направлений и вносим эти значения в координатную ведомость (см. табл. 3).

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

$$\Sigma -\Delta X = (-34,69) + (-87,27) = -121,96,$$

$$\Sigma + \Delta X = 1,23 + 120,69 = 121,92,$$

$$\Sigma -\Delta Y = -90,07,$$

$$\Sigma + \Delta Y = 11,37 + 50,32 + 28,38 = 90,07.$$

Вносим эти данные в координатную ведомость.

Оценка точности проведенных измерений. Определяем периметр хода, как сумму горизонтальных проложений

$$P = \Sigma d = 364,18 \text{ м.}$$

Определяем разницу между положительными и отрицательными суммами приращений координат.

$$f_x = \Sigma + \Delta X - \Sigma - \Delta X = 121,92 - 121,96 = -0,04,$$

$$f_y = \Sigma + \Delta Y - \Sigma - \Delta Y = 90,07 - 90,07 = 0.$$

Полученные разности являются невязками по осям X и Y .
 Вносим эти данные в координатную ведомость (табл. 3).
 Определяем абсолютную невязку теодолитного хода по формуле:

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

Определяем относительную невязку хода по формуле

$$f_{\text{отн.}} = f_p / P = 0,04 / 364,18 = 0,00011.$$

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 .

$$1 / N_{\text{пол}} = (f_p : f_p) / (P : f_p) = (0,04:0,04) / 364,18 : 0,04 = 1 / 9104,5.$$

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:

$$1 / N_{\text{пол}} = 1 / 9104,5 < 1 / N_{\text{доп}} = 1 / 2000.$$

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:

$$\delta_x = (f_x / P) \cdot d; \delta_y = (f_y / P) \cdot d.$$

Например: определяем поправки в приращения координат по оси X .
 Определяем поправки в приращения координат по оси X .

$$\delta_{x1} = (-0,04/364,2) \cdot 90,08 = 0,01,$$

$$\delta_{x2} = (-0,04/364,2) \cdot 121,23 = 0,01,$$

$$\delta_{x3} = (-0,04/364,2) \cdot 61,12 = 0,01.$$

$$\delta_{x4} = (-0,04/364,2) \cdot 91,77 = 0,01.$$

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

$$f_x = \delta_{x1} + \delta_{x2} + \delta_{x3} + \delta_{x4} = 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01 = -0,04.$$

Вносим значения поправок в табл. 3.

Аналогичным образом определяем поправки по оси Y . Так как невязка по оси Y равна 0, то и поправки в приращения координат по оси Y равны нулю.

Вычисляем исправленные (уравненные) приращения координат по формулам:

$$\Delta X_{I-II \text{ испр}} = \Delta X_{I-II} \pm \delta x_2 = 1,23 + 0,01 = 1,24,$$

$$\Delta Y_{I-II \text{ испр}} = \Delta Y_{I-II} \pm \delta y_2 = -90,07 - 0 = -90,07.$$

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

Определение координат точек теодолитного хода. Координаты последующих точек рассчитываются по формулам:

$$X_{\text{посл}} = X_{\text{пред.}} + \Delta X_{\text{испр}}; Y_{\text{посл}} = Y_{\text{пред.}} + \Delta Y_{\text{испр.}}$$

Например: вычисляем координаты по оси X :

$$X_I = 370,$$

$$X_{II} = X_I + \Delta X = 370 + 1,24 = 371,24,$$

$$X_{III} = 371,24 + 120,70 = 491,94,$$

$$X_{IV} = 491,94 - 34,68 = 457,26,$$

$$X_I = 457,26 - 87,26 = 370.$$

Равенство значений X_I , полученного в результате расчета, с исходным значением, свидетельствует о правильности расчета. Вносим значения координат в табл. 3.

Вычисляем координаты по оси Y . $Y_I = 470$

$$Y_I = 470,$$

$$Y_{II} = 470 - 90,07 = 379,93,$$

$$Y_{III} = 379,93 + 11,37 = 391,30,$$

$$Y_{IV} = 391,30 + 50,32 = 441,62,$$

$$Y_I = 441,62 + 28,38 = 470.$$

Вносим значения координат по оси Y в табл. 3.

1.3. Построение координатной сетки и точек вершин теодолитного хода

Построение плана начинается с построения координатной сетки и выноса на нее вершин теодолитного хода.

Координатную сетку со стороной квадратов 10×10 сантиметров, вычерчивают с помощью линейки Дробышева, или с помощью циркуля

измерителя и масштабной линейки. Координатная сетка вычерчивается в масштабе 1:500. Можно рекомендовать первоначально построить координатную сетку в масштабе 1:5000 на тетрадном листе в клетку со стороной квадрата 1см., что позволит достаточно точно оценить положение теодолитного хода внутри координатной сетки, выяснить помещается ли, окружающая полигон ситуация (результаты съемки подробностей) на ваш лист и определить количество необходимых квадратов.

Производим оцифровку координатной сетки. Для этого выбираем в координатной ведомости координаты по осям X и Y , имеющие наименьшее значение (см. табл. 3).

Например: для выбранного варианта, такими координатами являются координата точки I по оси X ($X_I = 370$) и координата точки II по оси Y ($Y_{II} = 379,93$). Отсчет координат начинаем с чисел меньше, наименьших координат и кратных 50, так как 10 см в 1:500 масштабе соответствуют 50 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 300. Проводим оцифровку остальных линий сетки через 50 метров (рис.5).

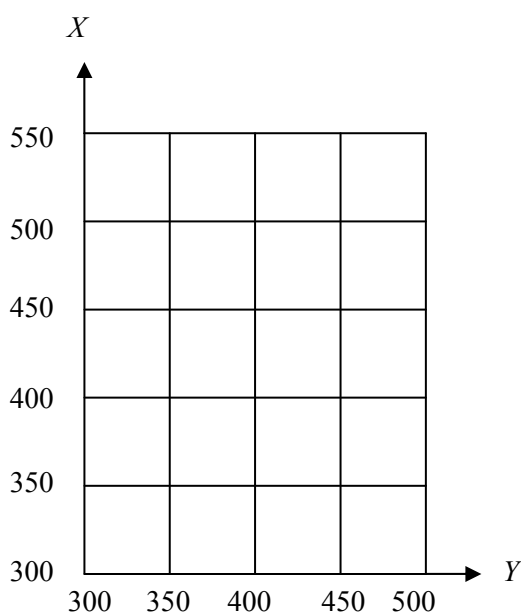


Рис.5. Пример оцифровки координатной сетки

Выносим на координатную сетку вершины теодолитного хода по их координатам. При выносе точек, пользуемся угольником, циркулем измерителем и поперечным масштабом. После нанесения вершин теодолитного хода на план (рис.6), приступаем к выносу на него результатов съемки подробностей.

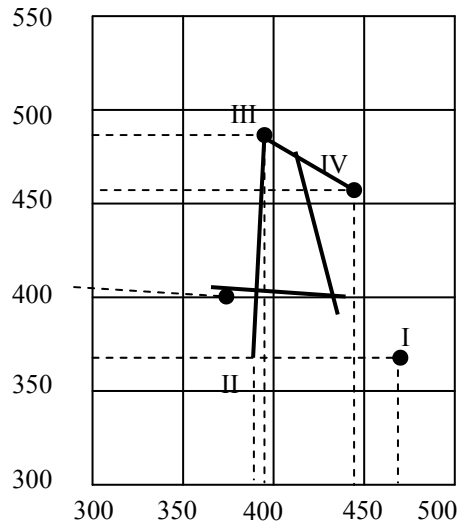


Рис. 6. Пример выноса вершин теодолитного хода на план

1.4. Нанесение на план ситуации с абриса теодолитной съемки

При проведении съемки ситуации местности было применено несколько способов: способ перпендикуляров, способ угловой засечки, способ линейной засечки, способ створов, а также способ полярных координат.

Во время съемки подробностей составлялся 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.7). Помимо ситуации на абрис вынесена сетка квадратов 30×30 метров, в которых было проведено геометрическое нивелирование.

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, 6 м – в 1:1000, и 4 м – в 1:500 масштабах. При применении эккера в 1:1000 масштабе, допускается длина перпендикуляра до 40 метров.

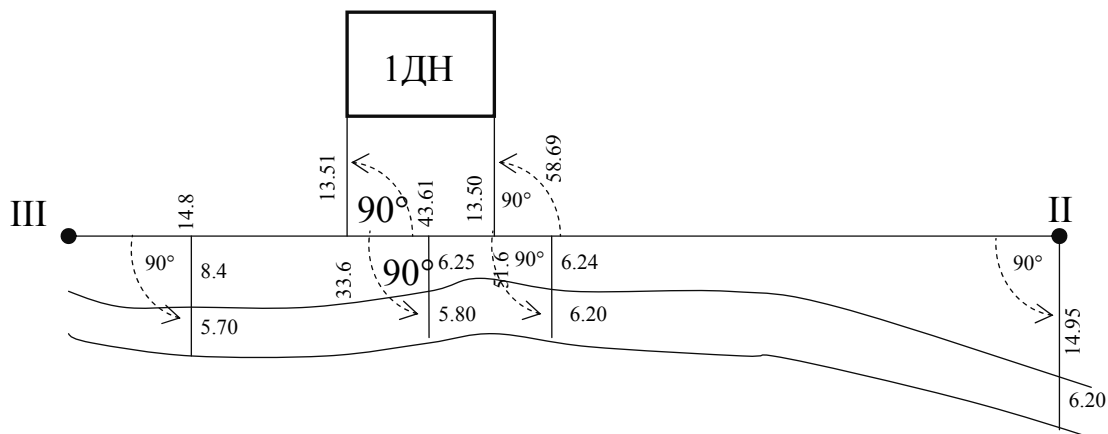


Рис.8. Схема построения точек способом перпендикуляров

Затем по перпендикулярам в 1:500 масштабе откладываются расстояния указанные на абрисе теодолитной съемки (см. рис.7) и строится правая стена здания 1ДН, проверяя соответствие ее длины заданному на абрисе размеру. Зная размеры здания, строим на плане здание 1ДН. Аналогичным образом вправо от линии теодолитного хода III-II, по перпендикулярам откладываем в масштабе расстояния до левого и правого берегов реки Сура. Соединив плавной линией полученные точки, строим русло реки.

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 (см. рис. 7), а также крайние границы, правого и левого берегов реки Сура.

При выносе точки, способом створов, на план продлевается линия IV – III и от точки III откладывается в масштабе расстояние 3,5 метра (рис.9). Таким образом, находим положение левого берега реки Сура. Отложив в том же направлении 5,6 метра, находим положение правого берега реки Сура. Соединяем плавными линиями полученные точки с точками, определенными способом перпендикуляров и строим все русло реки.



Рис.9. Схема определения положения точки способом створов.

Аналогичным образом определяется положение края дороги, продлевая линию II-I.

Способ угловой засечки. Наиболее выгодно применять этот способ при определении положения точек, расположенных в труднодоступных местах. Угол засечки в этом случае должен быть не менее 30° и не более

150°. Этим способом в нашем варианте определено положение одинокого дерева (см. рис.7).

От линии I–II, из точек I и II теодолитного хода с помощью транспортира откладываем углы $24^{\circ}15'$ и $38^{\circ}30'$ (см. рис.7). Пересечение полученных направлений даст положение дерева.

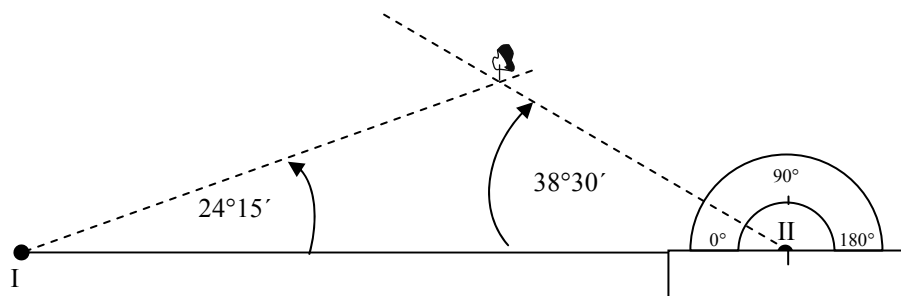


Рис.10. Схема определение положения стены здания способом угловой засечки

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 2КЖ и положение средней опоры ЛЭП. От линии теодолитного хода IV–I, из точек, расстояние до которых измерялось от станции IV (52,5 и 60,0 метров) с помощью циркуля делаем засечки 8 и 11 метров (рис.11). Расстояние для засечек берется с абриса с учетом масштаба.

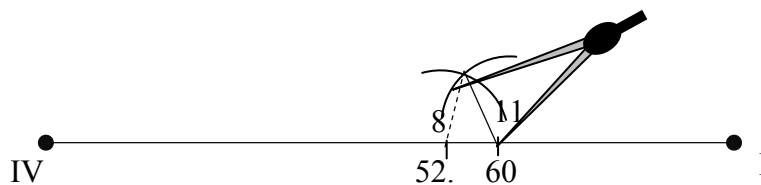


Рис.11. Схема определения положения стены здания способом линейной засечки

Пересечение двух дуг даст положение средней опоры ЛЭП. Аналогичным образом определяется положение здания 2КЖ. Соединив полученные точки между собой, строим стену здания на плане. Длина стены в масштабе должна соответствовать длине стены на абрисе (см. рис.10). Используя размеры здания 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 нижней опоры ЛЭП и правая сторона дороги. Определение на плане нижней опоры ЛЭП производится в следующей последовательности:

а. От линии теодолитного хода IV–I, от точки IV, с помощью транспортира откладываются углы $61^{\circ}24'$.

б. По полученному направлению в 1:500 масштабе откладывается 24,25 метра = 4,85 см. Полученная точка и определяет положение опоры ЛЭП на плане (рис.12).

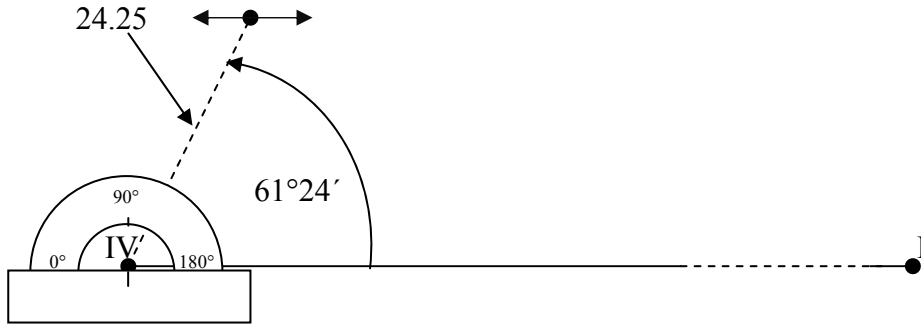


Рис.12. Схема определение положения опоры ЛЭП способом полярных координат








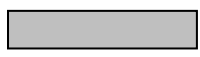
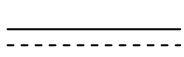
Аналогичным способом определяется положение правого края дороги.

Используя перечисленные способы, выносим на план результаты съемки подробностей, учитывая условные знаки, приведенные в табл. 4.

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.

Т а б л и ц а 4

Условные обозначения к топографическому плану

Изображения на планах	Названия	Цвет изображения	Размеры в мм
1	2	3	4
а.  I б.  II	а. Точка плановой сети и ее номер. б. Вершина теодолитного хода и ее номер.	Черный.	 ○ d = 3
 79.13	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

Окончание табл. 4

1	2	3	4
	Здание каменное жилое	Черный	Размеры даны в масштабе
	Постройка каменная нежилая.	Черный	Размеры даны в масштабе
.....	выгон	Черный
	Луг	Черный	
	Одинокое дерево	Черный	
	Границы контуров имеющих извилистые формы: Граница леса, граница луга.	Черный	
	Кустарник	Черный	
	Горизонтали. Утолщенные основные.	Коричневый	

1.5. Обработка результатов нивелирования 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. Далее, с помощью мерной ленты, весь участок разбивается на квадраты.

На абрисе теодолитной съемки показана сетка из 12 квадратов (20×20 м), разбитых от линии теодолитного хода I–II. Внутри сетки квадратов от точки $P_{п1}$ с известной отметкой ($H_{P_{п1}} = 53.426$ м.) проложен замкнутый нивелирный ход. Студенты вычисляют по формуле отметку:

$$H_{P_{п1}} = 30,00 + ш,ш;$$

где ш – двузначное число, образованное произведениями цифр – номера потока и группы. Например: группа Ст1-11, ш = 1·11=11, тогда: $H_{Рп1} = 300+11,11=41,110$ м.

Ход проложен по часовой стрелке и точки внутри хода сняты как связующие, т.е. абсолютные отметки последующих точек определяются через превышения (рис.13).

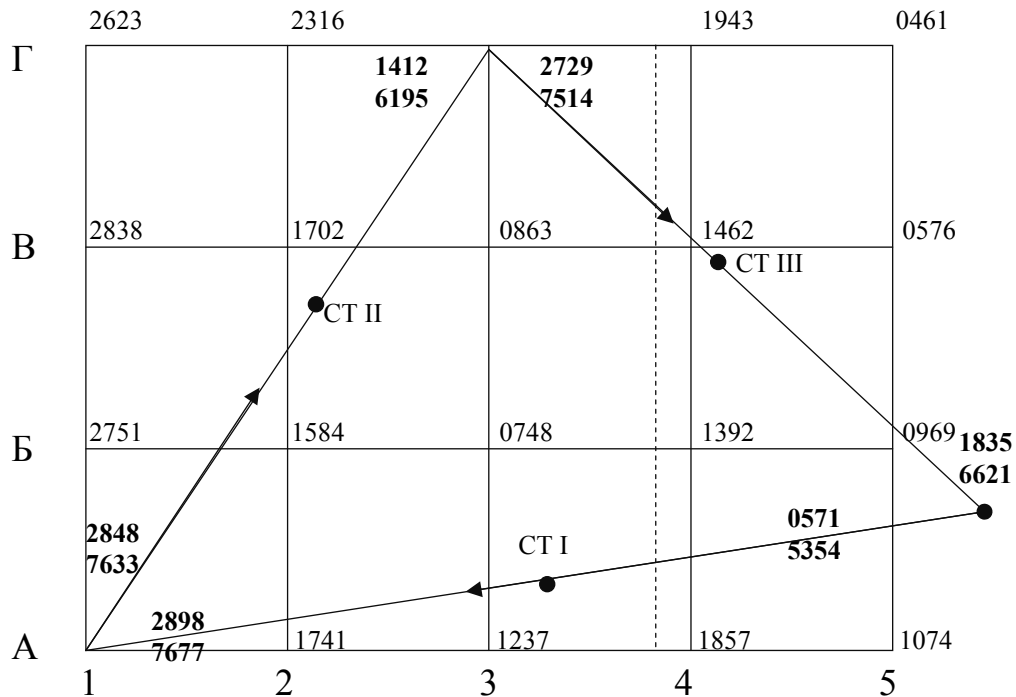


Рис. 13. Схема замкнутого нивелирного хода

Нивелирование проведено с трех станций, т.е. нивелир устанавливался на станции СТ I (между Рп1 и точкой А1), СТ II (между точками А1 и Г3), СТ III (между точками Г3 и Рп1).

Находим превышение между точками Рп1 и А1:

$$h_1 = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}} = 0571 - 2892 = -2321,$$

$$h_2 = a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}} = 5354 - 7677 = -2323,$$

$$h_{\text{ср1}} = -2321 + (-2323)/2 = -2322.$$

Находим превышение между точками А1 и Г3.

$$h_1 = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}} = 2848 - 1412 = 1436,$$

$$h_2 = a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}} = 7633 - 6195 = 1438,$$

$$h_{\text{ср2}} = 1436 + 1438 / 2 = 1437.$$

Определяем превышение между точками Г3 и Рп1.

$$h_1 = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}} = 2729 - 1835 = 0894,$$

$$h_2 = a_{кр} - b_{кр} = 7514 - 6621 = 0893,$$

$$h_{ср3} = 0894.$$

Находим сумму средних превышений нивелирного хода.

$$\Sigma h = h_{ср1} + h_{ср2} + h_{ср3} = -2322 + 1437 + 0894 = 0,009 = 9 \text{ мм.}$$

Эта величина является невязкой нивелирного хода. Чтобы определить правильность измерений, сравниваем полученную невязку с допустимой.

Допустимая невязка определяется по формуле

$$fh_{доп} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{n} = 17,3 \text{ мм} > 9 \text{ мм,}$$

где $n = 3$ – количество сторон нивелирного хода.

Измерения считаются правильными, если полученная невязка, меньше допустимой невязки. Полученная невязка разбрасывается равномерно на все превышения с обратным знаком.

Так как полученная невязка равна +9 мм, то разделив ее на три, получим $9:3 = -3$ мм.

Прибавив поправки к превышениям, получаем исправленные превышения.

$$h_{1исп} = -2322 - 3 = -2325, h_{2исп} = 1437 - 3 = 1434, h_{3исп} = 0894 - 3 = 0891.$$

Сумма исправленных превышений должна быть равна нулю.

$$\Sigma h_{исп} = -2325 + 1434 + 0891 = 0.$$

Находим абсолютные отметки точек А1 и Г3 по формуле:

$$H_{посл} = H_{пред} + h_{исп},$$

$$H_{А1} = H_{Рп1} + h_{1исп} = 53,426 - 2,325 = 51,101 \text{ м,}$$

$$H_{Г3} = H_{А1} + h_{2исп} = 51,101 + 1,434 = 52,535 \text{ м,}$$

$$H_{Рп1} = H_{Г3} + h_{3исп} = 52,535 + 0,891 = 53,426 \text{ м.}$$

Равенство исходной и конечной величины отметки $H_{Рп1}$ свидетельствует о правильности проведенных расчетов.

Определение отметок промежуточных точек.

Все точки кроме А1 и Г3 вычисляются как промежуточные. На журнале нивелирования площадки проведена прерывистая линия, делящая площадку на две части (см. рис.13). Эта линия показывает, что точки Г1, Г2, В1, В2, В3, Б1, Б2, Б3, А2, А3 сняты со станции II, а точки Г4, Г5, В4, В5, Б4, Б5, А4, А5 сняты со станции III (рис.14).

$$ГП_{1СТII} = H_{А1} + a = 51,101 + 2,848 = 53,949,$$

$$ГП_{2СТII} = H_{Г3} + b = 52,535 + 1,412 = 53,947,$$

$$ГП_{срСТII} = 53,948,$$

$$ГП_{1СТIII} = H_{Г3} + a = 52,535 + 2,729 = 55,264,$$

$$ГП_{2СТIII} = H_{Рп1} + b = 53,426 + 1,835 = 55,261,$$

$$ГП_{срСТIII} = 55,263.$$

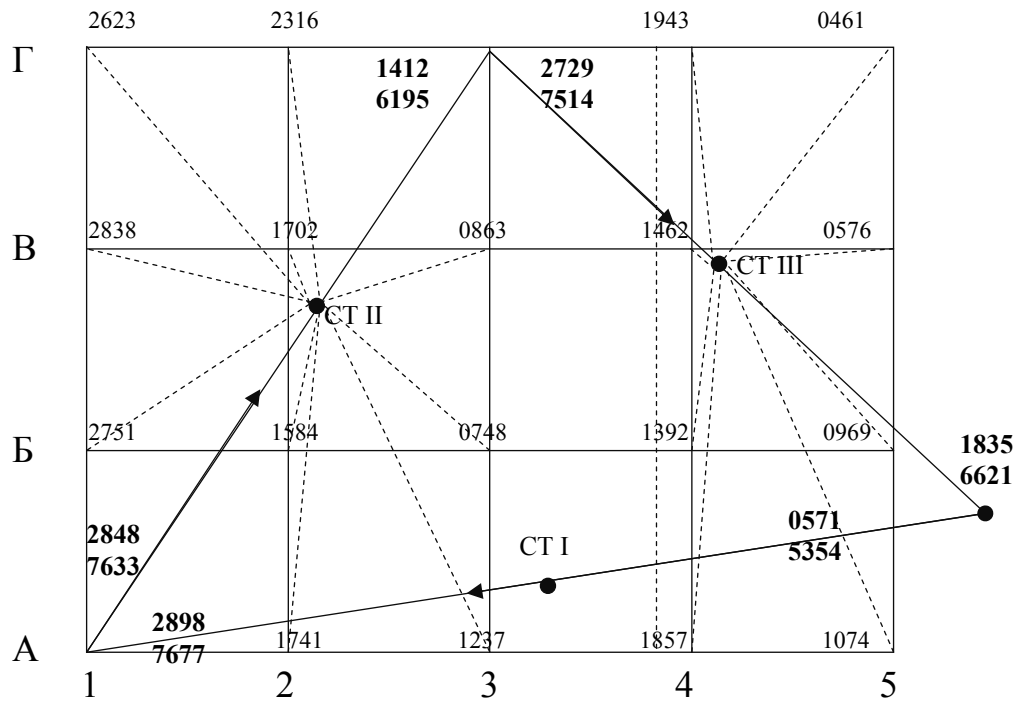


Рис.14. Схема нивелирования промежуточных точек

Вычисляем абсолютные отметки всех точек площадки для СТП, по формуле $H_i = ГП_{ср} - c$, где c отсчет по рейкам на углах площадки.

Например: $H_{Г1} = ГП_{срСТII} - 2623 = 53,948 - 2,623 = 51,325$ м.

Аналогичным образом вычисляем абсолютные отметки всех точек снятых со станции II. Данные выносим на сетку квадратов. Аналогичным образом вычисляем отметки промежуточных точек снятых со станции III. В результате расчетов получаем сетку квадратов с абсолютными отметками вершин каждого квадрата (рис. 15). Отметки округляем до сотых долей.

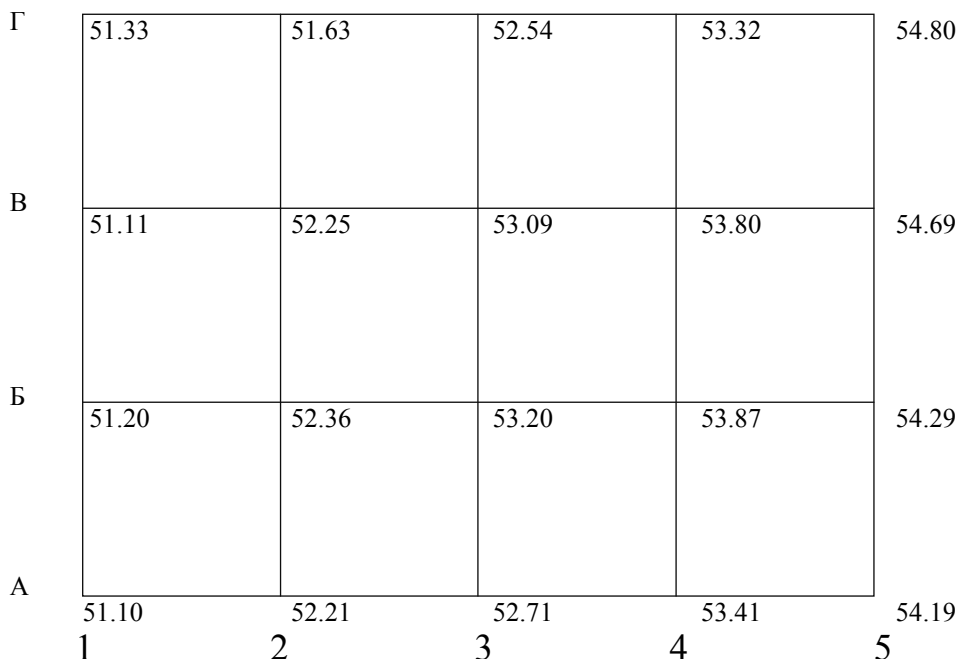


Рис.15. Схема площадки с абсолютными отметками вершин квадратов

1.6. Изображение рельефа местности горизонталями и оформление топографического плана

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 $H_{A1} = 51,10$ м (см. рис. 15).

Оцифровку начинаем с числа, которое меньше, наименьшей отметки и нацело, делиться на 0,5 метра (высота сечения рельефа в данном задании). Таким числом является 51,00 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.16). 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.

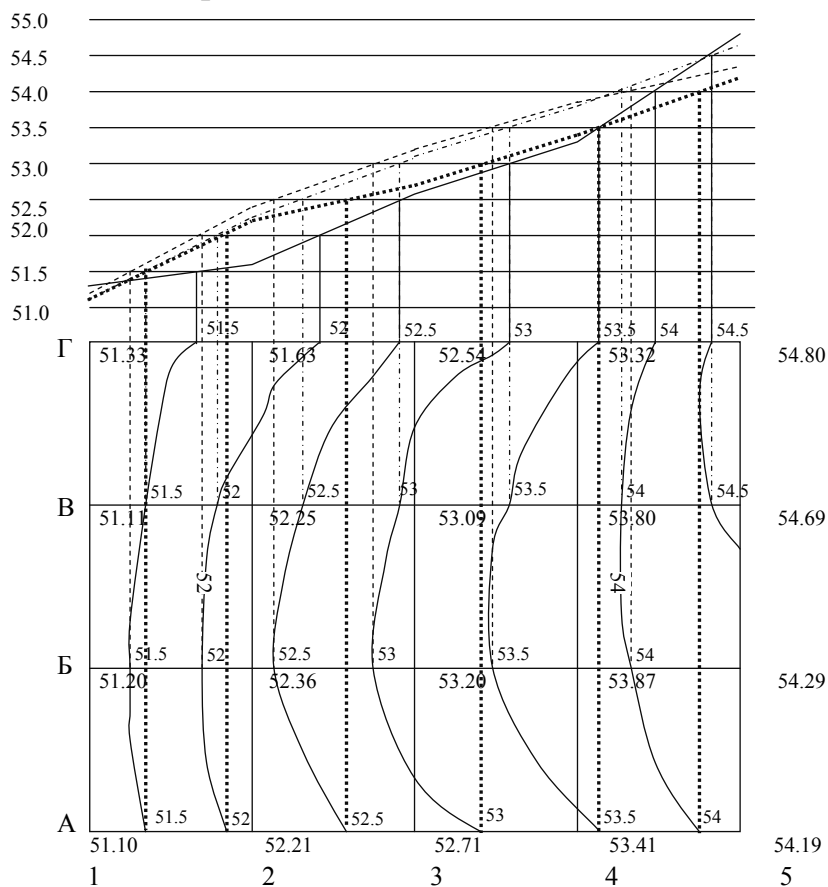


Рис.16. Построение горизонталей графическим способом

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 горизонталю. Горизонталю наносятся коричневым цветом. Подписываем только целые четные горизонталю, верх цифры направлен в сторону увеличения рельефа. Можно рекомендовать студентам построить горизонталю на отдельном листе, а затем перенести их на план. Необходимо обратить внимание на порядок нумерации квадратов на абрисе и на схеме нивелирования (см. рис.14). Так как понижение рельефа направлено в сторону реки Сура.

Построение горизонталей аналитическим способом. Аналитический способ заключается в том, что положение горизонталей на линиях, соединяющих точки с известными отметками, находятся путем математических расчетов. Например: имеется квадрат $ABCD$ с известными абсолютными отметками его вершин (см. рис.16). Между точками A и B с отметками 53,320 и 54,802, через 0,5 м, можно провести три горизонталю 53,5; 54,0; 54,5. Расстояние между этими точками в 1:1000 масштабе равно 8 см, или 80 мм. На местности этому расстоянию соответствует 80 м. Определяем превышение между точками B и A :

$$h = H_B - H_A = 54,802 - 53,320 = 1.482 \text{ м.}$$

Разделив полученное превышение на расстояние в миллиметрах, получаем величину $i = 1,482 / 80 = 0,018$, равную изменению превышения на 1 мм расстояния на плане. Ближайшей горизонталью к точке A является горизонталь 53,5. Определяем превышение между ней и отметкой точки A :

$$h_1 = H_A - 53,320 = 53,5 - 53,320 = 0,180 \text{ м.}$$

Разделив h_1 на i , получаем расстояние от т. A до горизонталю 53,5 в миллиметрах. $X_1 = h_1 / i = 0.18 / 0.018 = 10$ мм.

Откладываем полученное расстояние от точки A и получаем положение горизонталю на линии AB . Аналогичным образом определяем положение горизонталю 54,5.

$$h_2 = H_B - 54,5 = 54,802 - 54,5 = 0,302,$$

$$X_2 = h_2 / i = 0,302 / 0,018 = 16,8 \text{ мм.}$$

Отложив (16,8 мм.) от точки B , определяем положение горизонталю 54,5 на линии AB .

Положение 54 горизонталю на линии AB можно найти, разделив расстояние между горизонталями 53,5 и 54,5 пополам.

Если между точками проходит значительное количество горизонталей, то расстояние между ними можно определить, разделив высоту сечения рельефа (в нашем варианте 0,5 м) на i . Аналогичным образом определяем

положение горизонталей на линиях BD , AC и CD . Соединив, точки с одинаковыми отметками строим горизонтали (рис.17).

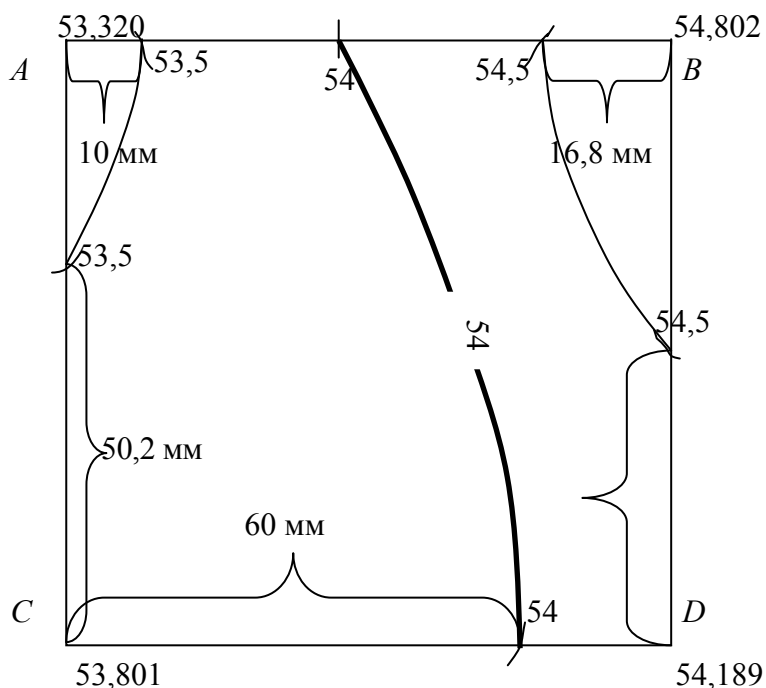


Рис.17. Построение горизонталей аналитическим способом

Построение графика заложений. На свободном месте плана (желательно в нижнем правом углу) строится график заложения для определения углов наклона или уклонов. Уклон $i = \text{tg} \gamma = h/d$, 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 $d = h/\text{tg} \gamma$. h – величина постоянная равная 0,5 м, поэтому величина d будет зависеть только от изменения $\text{tg} \gamma = i$. 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.

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

в. Находим значения d для каждого уклона. Например: $i = 0,01$, $h = 0,5$ м, тогда $d = h / i = 0,5 / 0,01 = 50$ м.

г. В 1:500 масштабе откладываем величину d по перпендикулярам. 50 м в 1:500 масштабе равно 10 см.

д. Вычисляем оставшиеся расстояния d и откладываем их в масштабе на графике.

Полученные точки соединяем плавной линией (рис. 18).

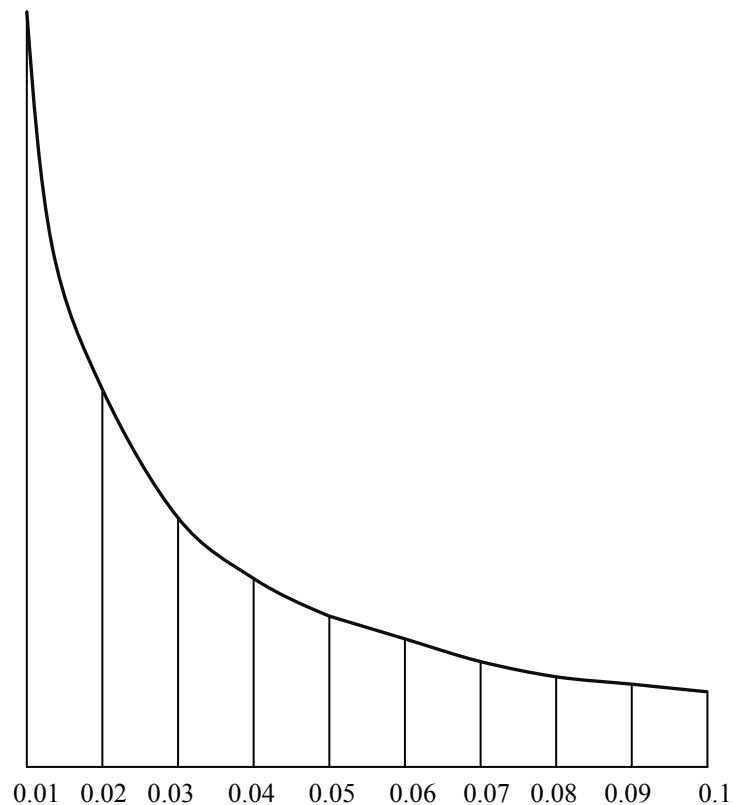


Рис.18. График заложения для определения уклонов

График заложения может быть направлен в другую сторону, если поменять направление смены значений уклонов на обратное. Это связано с удобством его размещения на плане, так как свободное место для графика может быть как в правом, так и в левом углу плана.

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.

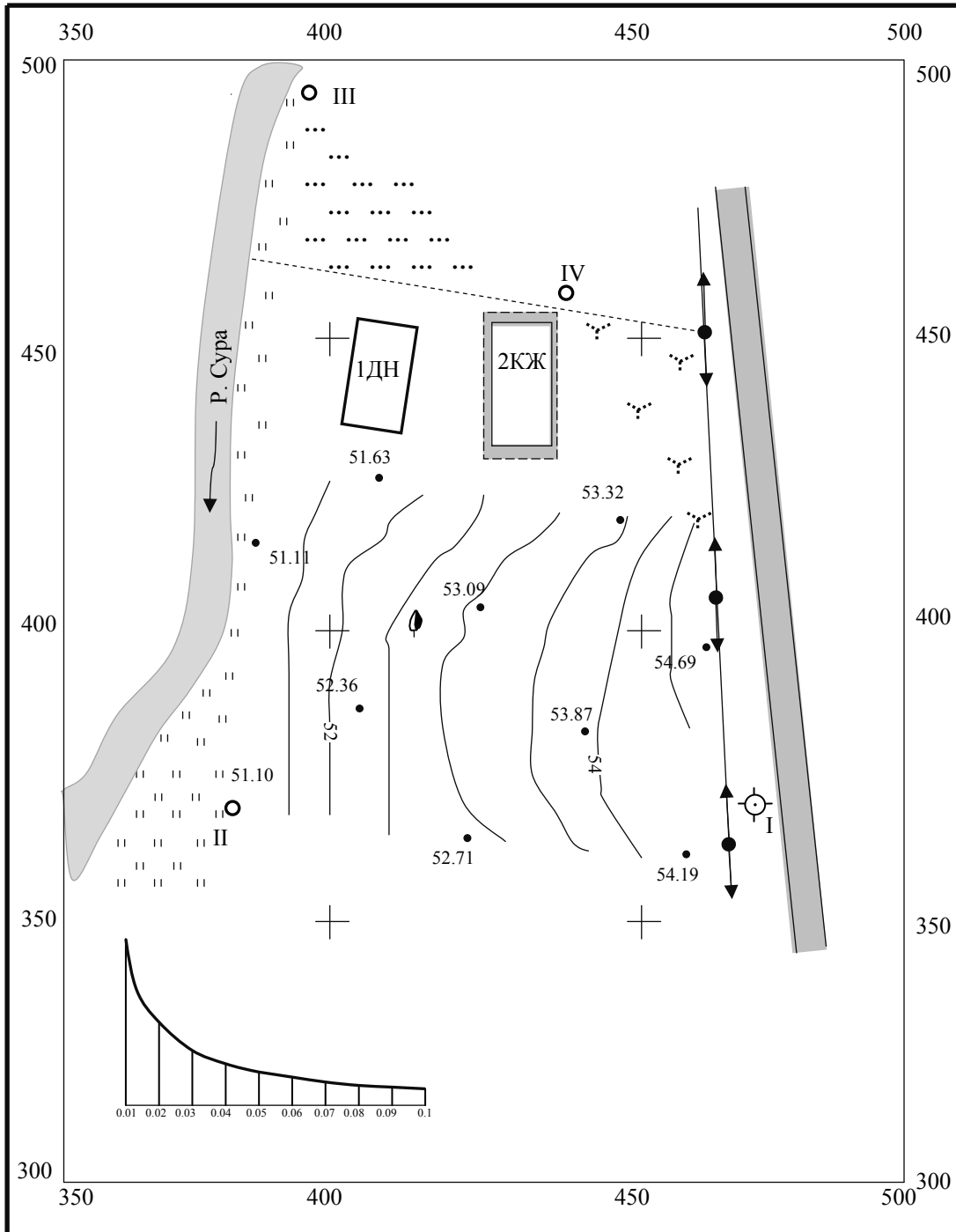
Убираем линии теодолитного хода, оставляя лишь его вершины. Сетку квадратов геометрического нивелирования заменяем точками, расположенными на вершинах квадратов с подписанными абсолютными отметками. Строим на плане горизонтали, которые показываем коричневым цветом. Все контуры и рельеф, изображаемые на плане вычерчиваются цветной тушью. При этом необходимо выдерживать очертания и размеры согласно условным знакам, приведенным для масштаба 1:500 (см. табл. 4).

Окончательно оформляем топографический план участка, вынося на него зарамочное оформление (рис. 19).

ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ПЛАН

Системы координат условные

ПГУАС



Выполнил ст. гр. СТР-11
Иванов И.И.

Масштаб 1:500
Горизонтالي проведены через 0.5 м.

Проверил
Оценка

Рис.19. Топографический план участка. Масштаб 1:500

Контрольные вопросы

1. Что такое абрис теодолитной съемки?
2. Какие способы съемки подробностей вы знаете?
3. Каким способом съемки подробностей определяются точки расположенные в трудно – доступном месте?
4. В каких случаях применяется способ перпендикуляров?
5. На какие линии опираются точки выносимые способом створов?
6. В каких случаях применяется способ полярных координат?
7. Как определить положение точки способом линейной засечки?
8. Как производится оцифровка координатной сетки?
9. Прямая геодезическая задача. Как определяются приращения координат?
10. Как определяется абсолютная невязка теодолитного хода?
11. Как определяется относительная невязка теодолитного хода?
12. Чему равен периметр теодолитного хода?
13. Как вычисляются поправки в приращения координат?
14. Как разносятся поправки в приращения координат?
15. Чему должна быть равна сумма приращений координат по оси X , после внесения поправок в приращения?
16. По каким формулам вычисляются координаты вершин теодолитного хода?
17. По каким формулам определяется превышение для связующих точек?
18. Как определяются абсолютные отметки связующих точек?
19. В чем отличие определения абсолютных отметок между связующими и промежуточными точками?
20. Что такое горизонт прибора?
21. Как определяются абсолютные отметки промежуточных точек?
22. По какой формуле определяется допустимая невязка замкнутого нивелирного хода?
23. Какие способы нивелирования поверхности вы знаете?
24. В каких случаях применяется способ нивелирования по квадратам?
25. Какими способами строятся горизонталы?
26. Как производится оцифровка палетки при построении горизонталей графическим способом?
27. Как построить график заложений (уклонов)?

Расчетно-графическая работа №2 СОСТАВЛЕНИЕ КАРТОГРАММЫ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

2.1. Задание и исходные данные

По результатам нивелирования площадки (РГР№1) состоящей из 12 квадратов (рис.20), с длиной стороны каждого 20 метров, **требуется** построить проектную плоскость 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. Работа выполняется в масштабе 1:500 на листе чертежной бумаги А4. Картограмма земляных масс выполняется для оптимизации земляных работ. Основным условием баланса земляных работ является примерное равенство объемов выемки и насыпи, так как нарушение этого равенства приводит к резкому подорожанию стоимости проекта строительства.

2.2. Вычисление проектных, рабочих отметок и нанесение линий нулевых работ

На сетку квадратов вносятся абсолютные отметки вершин квадратов, которые подписываются черным цветом под горизонтальной разделительной линией каждого квадрата (рис. 20). 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) левой половины площадки (рис. 20). Проектная отметка половины площадки определяется по формуле

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

где ▲ H_1 – отметки вершин, принадлежащих только одному квадрату;

● H_2 – отметки вершин в которых сходятся два квадрата;

■ H_4 – отметки вершин в которых сходятся четыре квадрата (рис.20);

$n = 6$ – число квадратов половины площадки.

Например: для рассматриваемого варианта H_x' будет равно:

$$\sum H_1 = 51,33 + 52,54 + 52,71 + 51,10 = 207,68,$$

$$2 \sum H_2 = (51,63 + 53,09 + 53,20 + 52,21 + 51,20 + 51,11) \cdot 2 = 624,88,$$

$$4 \sum H_4 = (52,25 + 52,36) \cdot 4 = 418,44,$$

$$H_x' = (207,68 + 624,88 + 418,44) / 24 = 52,13 \text{ м.}$$

	(51.35)	(52.13)	(52.92)	(53.70)	(54.48)
Г	51.33	51.63	52.54	53.32	54.80
В	(51.35)	(52.13)	(52.92)	(53.70)	(54.48)
	51.11	52.25	53.09	53.80	54.69
Б	(51.35)	(52.13)	(52.92)	(53.70)	(54.48)
	51.20	52.36	53.20	53.87	54.29
А	(51.35)	(52.13)	(52.92)	(53.70)	(54.48)
	51.10	52.21	52.71	53.41	54.19
	1	2	3	4	5

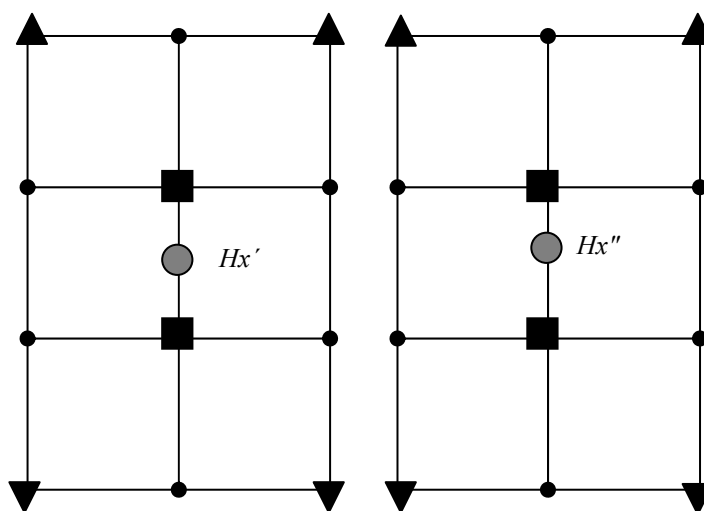


Рис.20. Схема определения проектных отметок обеих половинок площадки (скобками указывается красный цвет цифр)

Эта отметка является проектной, для всех вершин квадратов линии №2 проектируемой площадки. Она подписывается красным цветом над разделительной, горизонтальной линией, над абсолютной отметкой вершины квадрата (см. рис.20). Красный цвет показан скобками.

Аналогичным образом вычисляем проектную отметку H_x'' правой половины площадки:

$$H_x'' = (214,24 + 643,98 + 430,69) / 24 = 53,70 \text{ м.}$$

Отметку по линии 3 (H_3) рассчитываем по формуле:

$$H_3 = (H_x' + H_x'') / 2 = 52,92 \text{ м.}$$

Определяем уклон площадки по формуле

$$i = (H_x'' - H_x') / 2d = (53,70 - 52,13) / 40 = 0,039,$$

где d – длина стороны квадрата, равная 20 метрам.

Проектные отметки по линиям 1 и 5 рассчитываются по формулам:

$$H_1 = H_x'' - id = 52,13 - 0,039 \cdot 20 = 51,35\text{м.}$$

$$H_5 = H_x' + id = 53,70 + 0,039 \cdot 20 = 54,48\text{ м.}$$

Вписываем полученные проектные отметки по линиям 1; 3; 5 красным цветом над абсолютными отметками (см. рис.20).

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

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

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

$H_{\text{абс}}$ – 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.21).

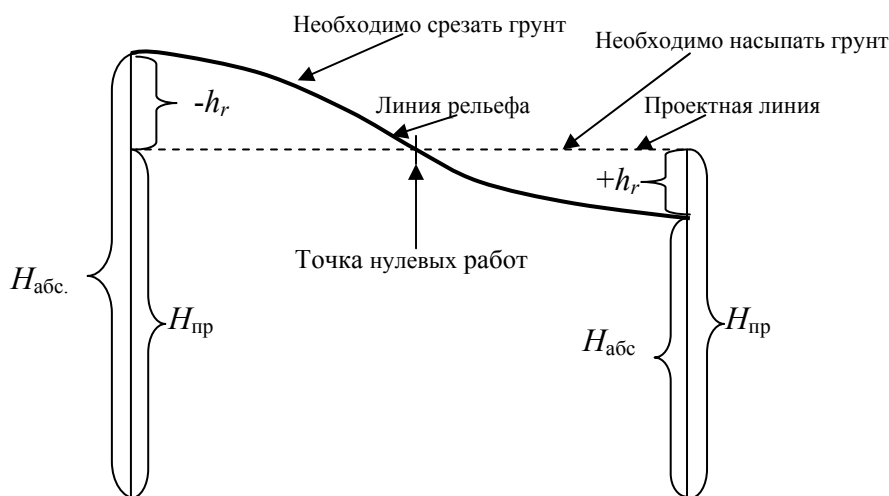


Рис.21. Схема определения рабочей отметки

Например рабочие отметки точек Г1 и В1 означают:

$$h_{Г1} = 51,13 - 51,33 = +0,20\text{м} - \text{необходимо насыпать грунт.}$$

$$h_{В2} = 52,13 - 52,25 = -0,12 - \text{необходимо срезать грунт.}$$

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

$$X = (|h_{r1}| / (|h_{r1}| + |h_{r2}|)) \cdot d,$$

где h_{r1} и h_{r2} – 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.22).

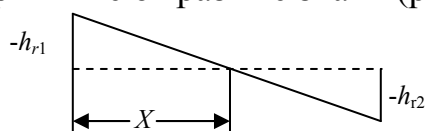


Рис.22. Определение расстояния до линии нулевых работ

Например определяем положение линии нулевых работ между точками В1 и В2.

$$X = (|0.24| / (|0.24| + |-0.12|)) \cdot 20 = 13.33 \text{ м.} = 2.67 \text{ см в } 1:500 \text{ масштабе.}$$

Откладываем это расстояние от точки, рабочая отметка которой стоит в числителе, т.е. В1 (рис.23).

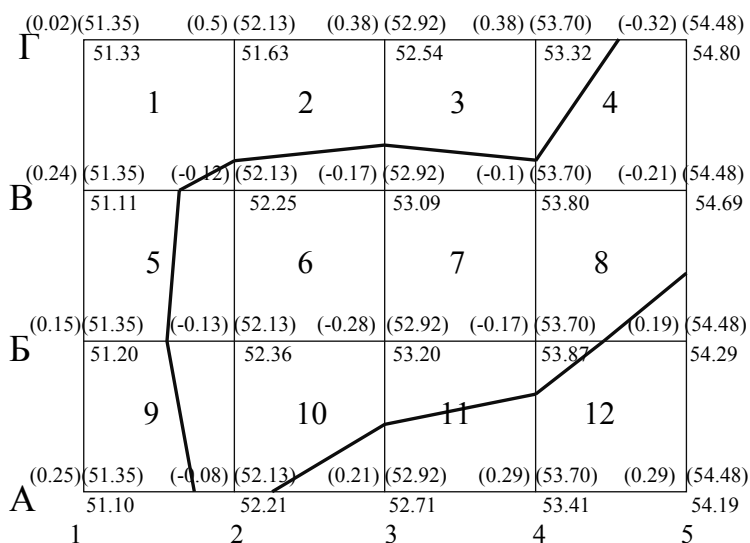


Рис.23. Построение линии нулевых работ

Определяем расстояния до линии нулевых работ на всей площадке и, соединив полученные точки, проводим линию нулевых работ (см. рис.23). Линия нулевых работ, выносится на картограмму, синим цветом. Насыпь закрашивается желтым цветом, выемка розовым или светло-фиолетовым цветом.

2.3. Вычисление баланса земляных масс и площадей. Оформление картограммы земляных масс

Для определения баланса земляных масс необходимо вычислить объемы насыпей и выемок. Для вычисления объемов земляных масс, составляется табл. 5. Таблица вычерчивается на листе А4. Предварительно производится нумерация квадратов площадки (см. рис.23). Номера квадратов вносятся в первый столбец табл. 5. 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.

Т а б л и ц а 5

Определение объемов земляных работ

№ квадрата	Вид фигуры		Площадь (м ²)		Средняя рабочая отметка (м)		Объем (м ³)	
	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	△	△	371,5	28,5	0,15	0,04	55,7	1,1
2	△	△	306,3	93,7	0,22	0,07	67,4	6,6
3	△	△	297,4	102,6	0,19	0,07	56,5	7,2
4	△	△	88,47	311,53	0,13	0,12	11,5	37,4
5	△	△	208,3	191,7	0,10	0,09	20,8	17,3
6	-	□	-	400	0	0,21	0	84
7	-	□	-	400	0	0,18	0	72
8	△	△	51,43	348,57	0,06	0,094	3,1	32,8
9	△	△	226,9	173,1	0,10	0,08	22,7	13,8
10	△	△	58,3	341,7	0,07	0,12	4,1	41
11	△	△	209,3	190,7	0,13	0,12	27,2	22,3
12	△	△	365,87	34,13	0,16	0,06	58,5	2,1
							∑V _н	∑V _в

Вычисление площадей. Вычисление площадей полученных геометрических фигур, производим по геометрическим формулам. Например: площадь треугольника в первом квадрате равна:

$$S_{\Delta} = a \cdot h / 2 = (3,9 \text{ м} \cdot 7,3 \text{ м}) / 2 = 28,5 \text{ м}^2.$$

Площадь пятиугольника равна площади квадрата минус площадь треугольника:

$$S_{\square} = 400 \text{ м}^2 - 28,5 \text{ м}^2 = 371,5 \text{ м}^2.$$

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. 5, 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. 24 все точки пятиугольника находятся ниже плоскости проходящей через линию нулевых работ (утолщенная пунктирная линия), а в треугольнике выше этой плоскости.

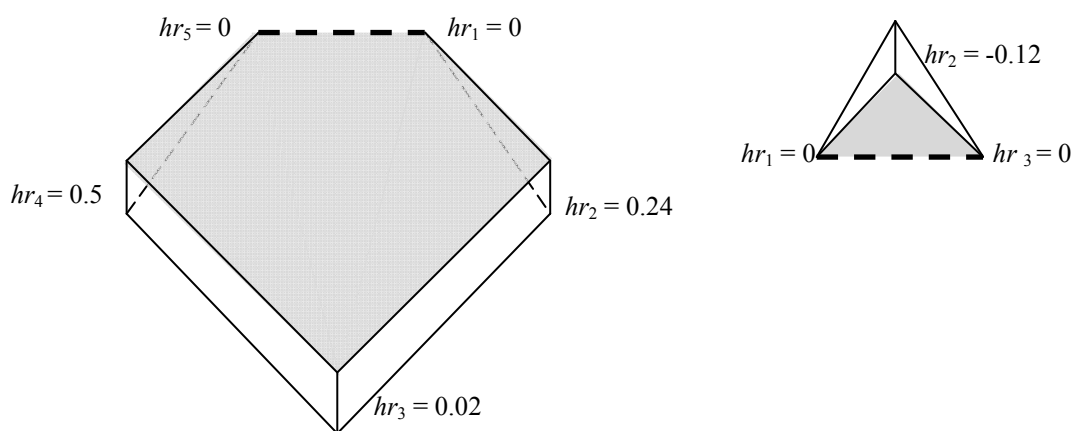


Рис.24. Треугольная и пятиугольная призмы, образованные, при сечении земной поверхности проектной плоскостью, проходящей через линию нулевых работ

$$h_{\text{ср} \Delta} = (h_{r1} + h_{r2} + h_{r3} + h_{r4} + h_{r5}) / 5 = (0 + 0,02 + 0,24 + 0,5 + 0) / 5 = 0,152 \text{ м,}$$

$$h_{\text{ср} \square} = (h_{r1} + h_{r2} + h_{r3}) / 3 = (0 + 0,12 + 0) / 3 = 0,04 \text{ м.}$$

Средние отметки остальных фигур рассчитываются по формулам:

$$h_{\text{ср} \square} = (h_{r1} + h_{r2} + h_{r3} + h_{r4}) / 4,$$

$$h_{\text{ср трап.}} = (h_{r1} + h_{r2} + h_{r3} + h_{r4}) / 4.$$

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. 5, 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:

$$m = [(\sum V_{\text{н}} - \sum V_{\text{в}}) / (\sum V_{\text{н}} + \sum V_{\text{в}})] \cdot 100 \% \leq 5 \%.$$

Если полученное число меньше 5 %, то расчет выполнен, верно.

$$m = [(327,5 - 337,6) / (327,5 + 337,6)] \cdot 100 \% = 1,5 \% \leq 5 \%.$$

В приведенном примере $m = 1,5 \%$, что меньше 5% , следовательно, работа выполнена правильно.

Если полученное значение m больше 5% , то необходимо повторить расчеты, до тех пор пока они не будут отвечать требованиям РГР.

Объемы насыпей и выемок вносим в каждый квадрат картограммы земляных масс, красным цветом.

Оформляем картограмму земляных работ на листе А4 согласно вышеперечисленным требованиям. В нижней части листа вычерчиваем штамп. Заполнение граф штампа производится по образцу (рис.25).

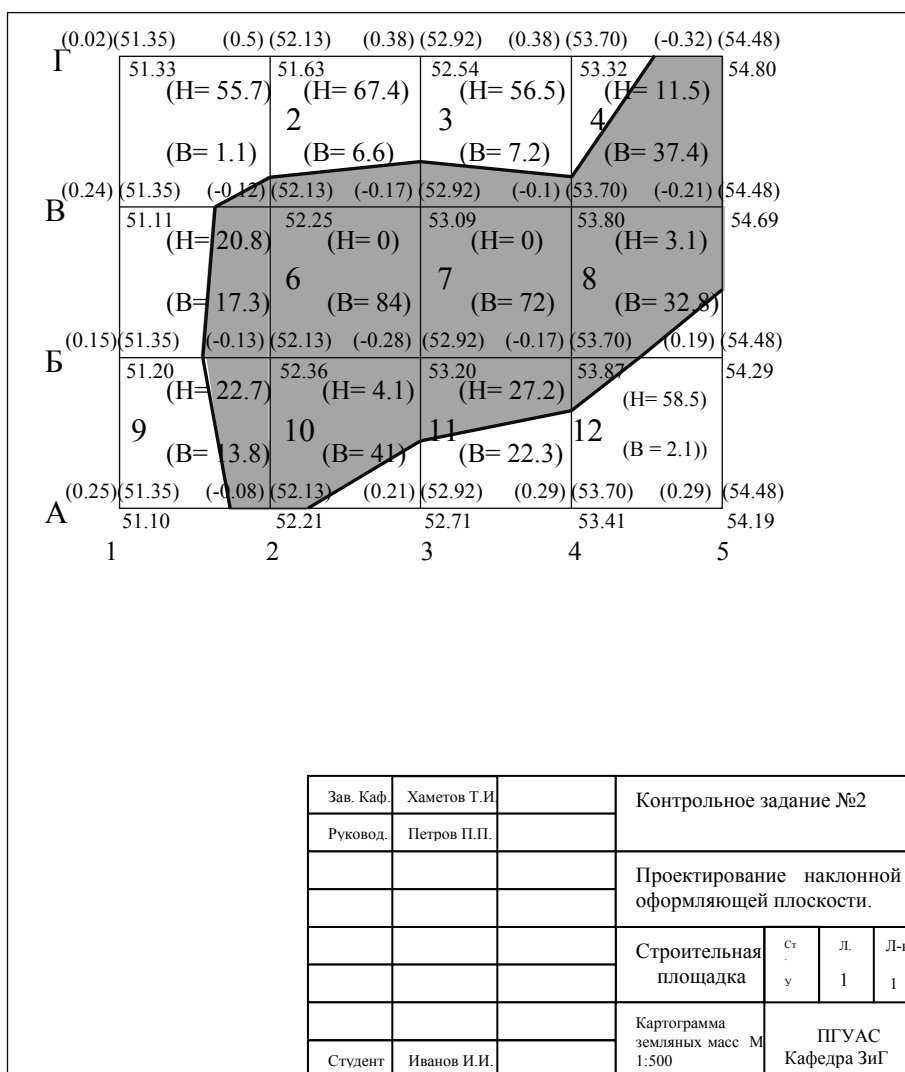


Рис.25. Картограмма земляных масс

Табл. 5, также оформляется на листе А4. Под таблицей обязательно подписывается расчет баланса земляных работ. Приветствуется выполнение табл. 5 на компьютере.

Контрольные вопросы

1. Что такое вертикальная планировка?
2. Как определяется проектная отметка вершины квадрата?
3. По какой формуле вычисляются проектные отметки?
4. Что такое уклон? Формула вычисления уклона?
5. Что показывает знак рабочей отметки?
6. По какой формуле вычисляются рабочие отметки?
7. Формула определения расстояния до линии нулевых работ?
8. Что показывает линия нулевых работ?
9. Как определяются площади насыпей и выемок?
10. Что такое средняя рабочая отметка?
11. Вычисление объемов земляных масс.
12. Что показывает баланс земляных работ? Формула его определения.

Расчетно-графическая работа №3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ АВТОДОРОГИ

3.1. Задание и исходные данные

РГР №3 состоит в построении продольного и поперечного профилей местности, проектировании по профилю оси автомобильной дороги.

В содержание работы входят следующие задания: 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 1:500); построение на продольном профиле проектной линии; оформление работы. Работа выполняется на листе миллиметровой бумаги формата А3.

Исходные данные:

1. Данные пикетажного журнала трассы автодороги (рис. 27)
2. Данные журнала нивелирования трассы автодороги (табл.6)
3. Отметки начального ($H_{рп1}$) и конечного ($H_{рп2}$) реперов
4. Румб оси трассы нивелирования r от ПК0 до угла поворота трассы
5. Угол поворота трассы φ
6. Радиус круговой кривой R .
7. На ПК0 запроектировать выемку глубиной 0,5 м
8. От ПК2 до ПК4 проектная линия проходит горизонтально, в связи со строительством на этом участке места через р. Сура
9. На ПК6 проектная отметка равна отметке земли

Журнал нивелирования трассы и пикетажный журнал автодороги выдаются преподавателем. В них проставляются:

1. Отметка начального репера $H_{рп1}$ (взять из РГР №1). Например: ($H_{рп1} = 42,487$).

2. Отметка конечного репера ($H_{рп2}$) для всех вариантов определяется по формуле ($H_{рп2} - H_{рп1} - 2,930$ или $42,487 - 2,930 = 39,557$ м.).

3. Румб первоначального направления трассы автодороги от ПК0 до вершины угла поворота рассчитывается из значения дирекционного угла или румба направления линии I–II теодолитного хода.

Для выбранного в качестве примера варианта: $\alpha_{I-II} = 270^\circ 47'$, $r_{I-II} = С389^\circ 13'$.

4. Угол поворота трассы и радиус дуги являются основными параметрами круговой кривой. Например: $\varphi = 60^\circ$, $R = 250$ метров. Угол поворота задается преподавателем. Радиус выбирают произвольно, но не меньше значения установленного для данной категории дорог.

При построении проектной линии профиля автодороги проектная отметка автодороги в точке ПК0, согласно условия на проектирование, будет расположена на 0.5 метра ниже абсолютной отметки в точке ПК0.

Высота моста от поверхности реки должна быть выше на 2.6 метра. Это значение выбрано таким образом, чтобы в самый сильный паводок мост находился выше поверхности реки.

Проектная и абсолютная отметки в точке ПК6 имеют одинаковые значения.

Проектная линия автодороги рассчитывается исходя из условий на проектирования, 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.

3.2. Вычисление главных элементов и пикетажных значений главных точек кривой

Для обработки данных пикетажного журнала сначала необходимо выполнить 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 $\varphi_{пр} = 60^\circ$, $R = 250$ 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,

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

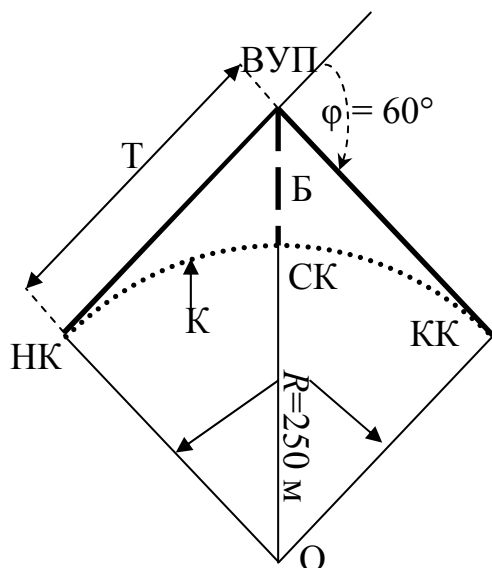
в) биссектриса – расстояние от вершины угла до середины кривой,

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

г) домер – разница расстояний считываемых по тангенсам и по кривой,

$$Д = 2Т - К.$$

Главные элементы кривой, зависят от параметров кривой (радиуса кривой и угла поворота).



$$T = R \cdot \operatorname{tg} \varphi / 2 = 144,34 \text{ м}$$

$$K = \pi R (\varphi / 180^\circ) = 261,67 \text{ м}$$

$$B = R \cdot \left[\frac{1}{\cos \varphi / 2} - 1 \right] = 36,68 \text{ м}$$

$$Д = 2Т - К = 27,01 \text{ м}$$

Рис.26. Пример расчета элементов круговой кривой

Чтобы найти на местности точки касания круговой кривой (НК и КК), от вершины угла (ВУ) в обе стороны откладываются тангенсы кривой (Т). 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 расстояний трассы должно вестись с учетом кривых (длина которых меньше длины прямых касательных), в длину трассы вводится поправка домер (Д). Домер удобнее откладывать сразу за вершиной угла.

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.

$$КК = ВУ + Т - Д,$$

$$СК = КК - К/2,$$

$$СК = НК + К/2.$$

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 (см. рис.26).

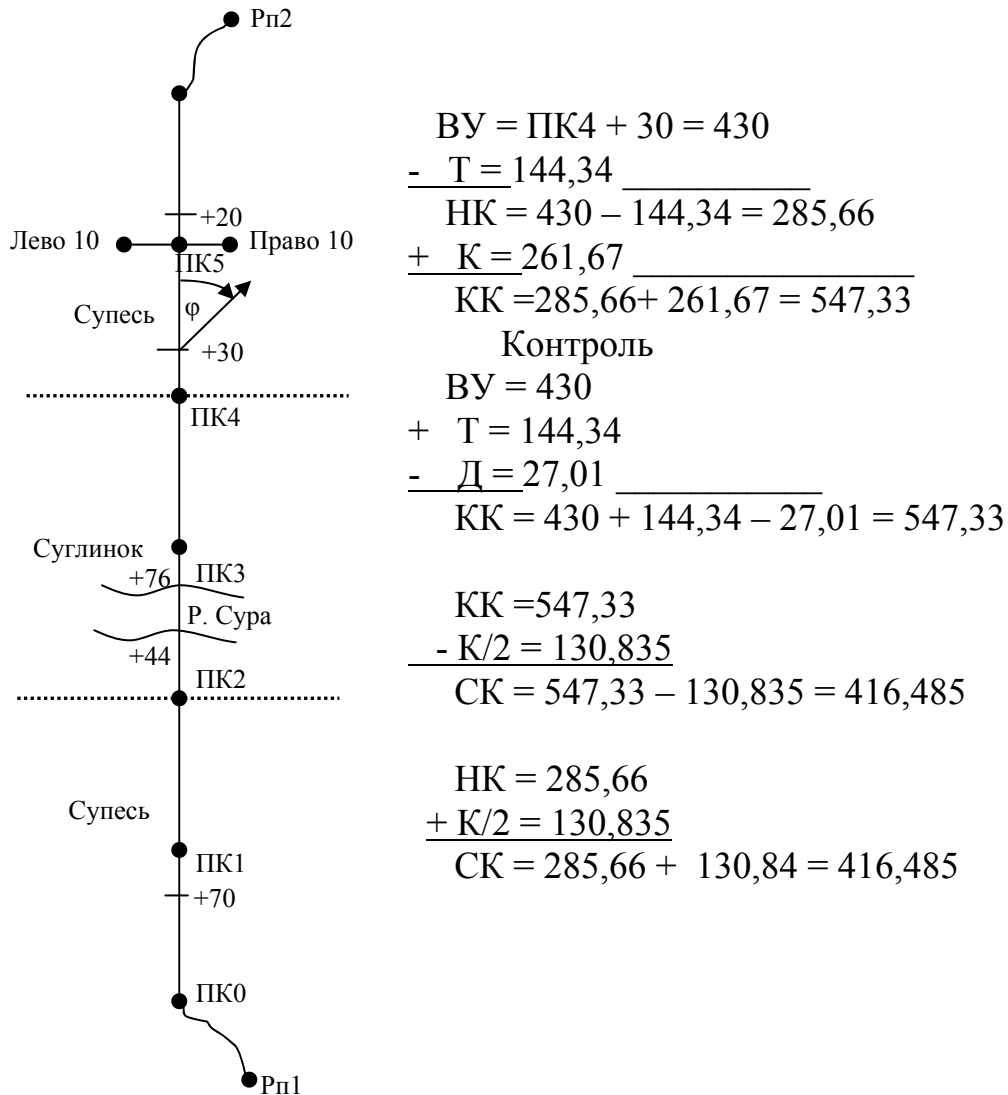


Рис. 27. Пример заполнения пикетажного журнала трассы автодороги

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 попадают три пикета ПК3, ПК4 и ПК5, причем ПК3 и ПК4 расположены до поворота, а ПК5 за поворотом.

Находим положение пикетов на тангенсах, которые находятся до поворота. Определяем их положение на тангенсе (рис.28).

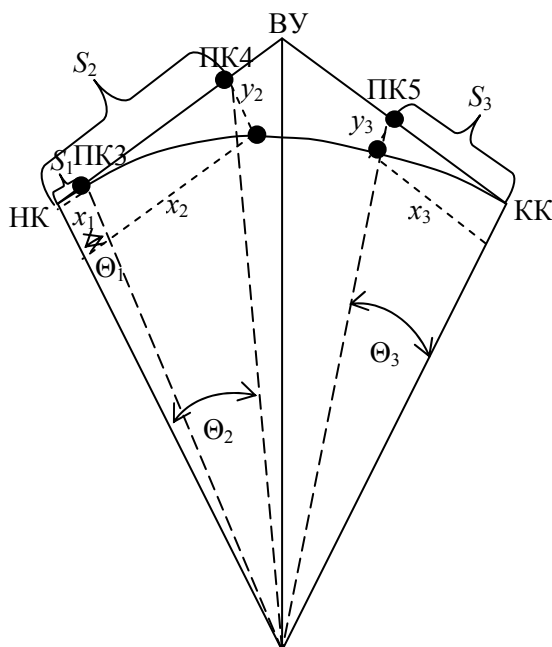


Рис. 28. Схема выноса пикета с тангенса на кривую

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

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

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

Определяем значения S для всех пикетов.

$$S_1 = \text{ПК3} - \text{НК} = 300 - 285,66 = 14,34 \text{ м.}$$

$$S_2 = \text{ПК4} - \text{НК} = 400 - 285,66 = 114,34 \text{ м.}$$

$$S_3 = \text{КК} - \text{ПК5} = 547,33 - 500 = 47,33 \text{ м.}$$

Определяем значение центрального угла и координаты $X_1; Y_1$ для выноса пикета ПК3.

$$\Theta_1 = (s_1/R) \cdot p = (14,34 / 250) \cdot 57,3^\circ = 3,29^\circ = 3^\circ 17',$$

$$X_1 = R \cdot \sin \Theta_1 = 250 \cdot 0,057 = 14,25 \text{ м,}$$

$$Y_1 = R (1 - \cos \Theta_1) = 250 \cdot 0,002 = 0,5 \text{ м.}$$

Аналогичным образом определяем значения центральных углов и координат для выноса пикетов 4 и 5.

$$\Theta_2 = (s_2/R) \cdot p = (114,34 / 250) \cdot 57,3^\circ = 26,21^\circ.$$

$$X_2 = R \cdot \sin \Theta_2 = 250 \cdot 0,44 = 110 \text{ м.}$$

$$Y_2 = R (1 - \cos \Theta_2) = 250 \cdot 0,103 = 25,75 \text{ м.}$$

$$\Theta_3 = (s_3/R) \cdot p = (47.33/ 250) \cdot 57,3^\circ = 10,85^\circ.$$

$$X_3 = R \cdot \sin \Theta_3 = 250 \cdot 0,188 = 47 \text{ м.}$$

$$Y_3 = R (1 - \cos \Theta_3) = 250 \cdot 0,018 = 4,5 \text{ м.}$$

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.

3.3. Обработка результатов нивелирования трассы

Обработке журнала нивелирования трассы предшествует нивелирование трассы, которое 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 (рис.29).

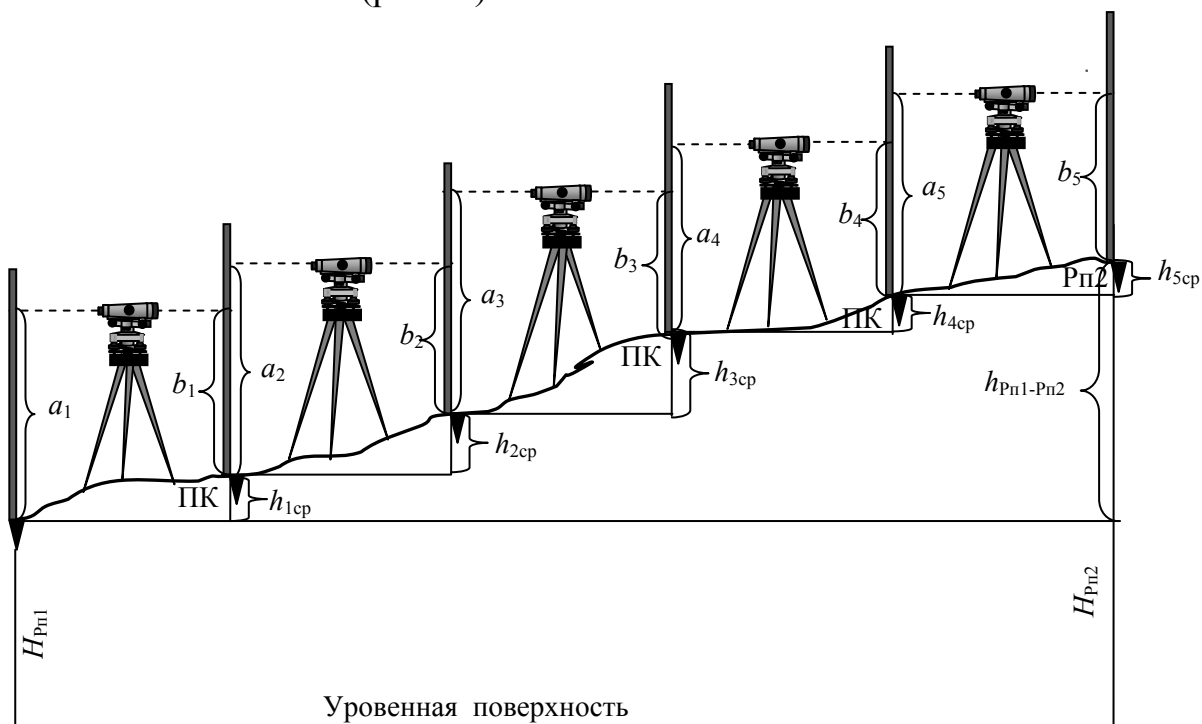


Рис.29. Схема нивелирования профиля автодороги

Пикеты нивелируются как связующие точки (рис.29), а плюсовые точки и поперечники, как промежуточные (рис.30).

Из рис. 29 видно, что превышение между реперами Рп1 и Рп2 равно сумме превышений между всеми точками профиля, т.е.

$$h_{Рп1-Рп2} = h_{1ср} + h_{2ср} + h_{3ср} + h_{4ср} + h_{5ср}.$$

Но превышение между точками равно $h_1 = a - b$, то есть взгляд назад минус взгляд вперед. То есть превышение между реперами 1 и 2 будет равно сумме взглядов назад минус сумму взглядов вперед (см. рис.29).

Для того, чтобы исключить ошибки при измерениях, превышение между связующими точками, находится как среднее из измерений, снятых по черной и красной сторонам рейки.

$$h_1 = a_ч - b_ч,$$

$$h_2 = a_{кр} - b_{кр},$$

$$h_{ср} = (h_1 + h_2) / 2.$$

Отметки промежуточных точек определяются через горизонт прибора.

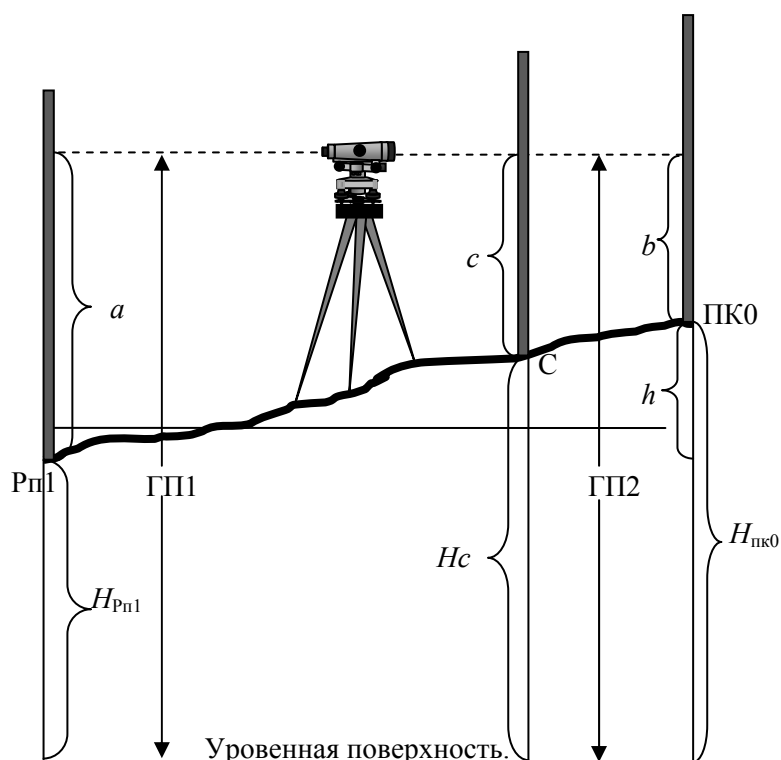


Рис. 30. Схема определения отметки промежуточной точки при нивелировании из середины

Горизонтом прибора называется расстояние от уровенной поверхности до визирной оси нивелира. Пусть требуется определить отметку точки С, характеризующую резкий перепад рельефа между Рп1 и ПК0. Горизонт

прибора равен $ГП = H_A + a$ (см. рис.30), абсолютной отметке точки плюс отсчет по черной стороне рейки, установленной на этой точке.

Вычисляем горизонт прибора по формулам:

$$ГП_1 = H_{Pn1} + a,$$

$$ГП_2 = H_{ПК0} + b,$$

$$ГП_{cp} = (ГП_1 + ГП_2)/2.$$

Разница между двумя значениями ГП не должна превышать 5 мм.

Устанавливаем рейку на точку С и берем отсчет по черной стороне, получаем отсчет с. Абсолютная отметка точки С равна: $H_c = ГП_{cp} - c$.

Результаты нивелирования трассы автодороги заносятся в специальный журнал (табл. 6). Трасса автодороги разделена на шесть отрезков по 100 метров, концам отрезков соответствуют номера пикетов от 0 до 6.

Обработка результатов нивелирования осуществляется в следующей последовательности:

Определяются превышения между всеми пикетами и реперами (как между связующими точками). Например: определяем превышение между репером №1 и пикетом № 0. Нивелир установлен посередине между этими точками. Точка соответствующая РП1 является задней, а точка пикета 0 передней. Отсчеты по рейке, установленной на этих точках, сняты, как по черной, так и по красной стороне табл. 6.

$$h_1 = a_{ч} - b_{ч} = 1712 - 2108 = - 0396,$$

$$h_2 = a_{кр} - b_{кр} = 6494 - 6892 = - 0398,$$

$$h_{cp} = (h_1 + h_2) / 2 = - 0397.$$

Определяем все превышения в табл. 6 (страница №1) и вносим их значения в столбец 6. В столбец 7 вносим значения средних превышений.

Между пикетом №1 и пикетом №2 имеется точка под номером x, такие точки называются иксовыми. Они вводятся в тех случаях, когда превышения между связующими точками больше высоты рейки (3 м), или расстояния между двумя нивелируемыми точками превышают допустимые значения для определения нивелиром. Иксовые точки служат для передачи отметок от одной связующей точки к другой (рис. 31). Превышения между иксовыми точками и связующими точками, определяется так же, как и для связующих точек. Единственным отличием иксовых точек от связующих точек, является то, что на профиле автодороги, они не отображаются.

Производим постраничный контроль: складываем все превышения в столбце задние отсчеты по рейкам. Сумма отсчетов равна $\Sigma a = 33808$. таким же образом находим сумму превышений в столбце передние отсчеты. $\Sigma b = 43186$.

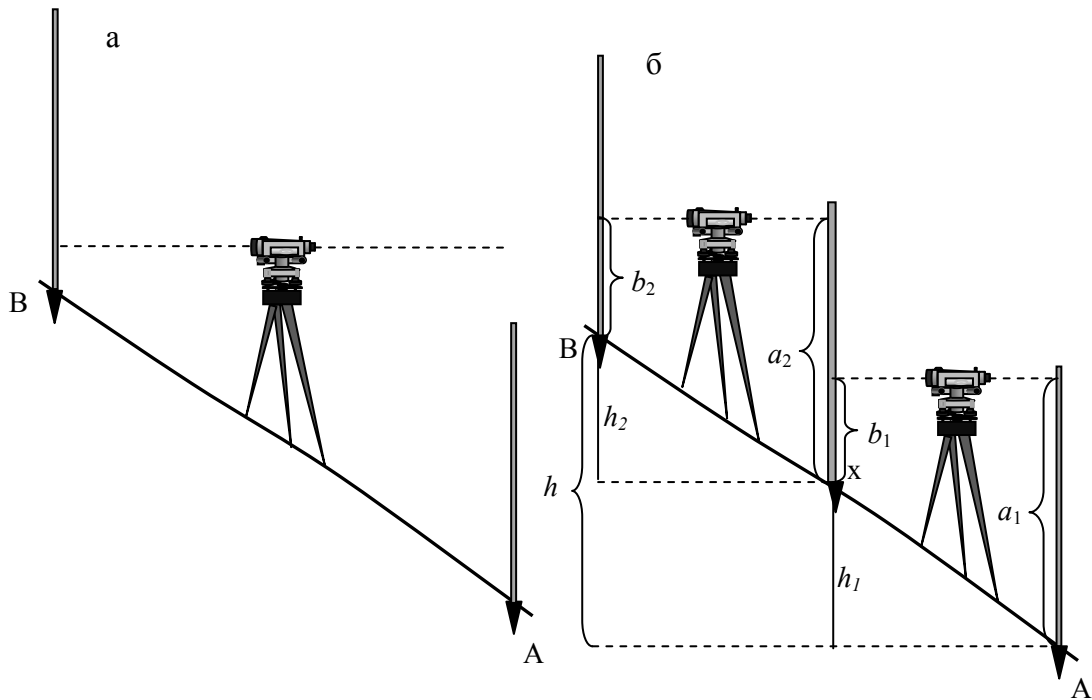


Рис. 31. Схема передачи отметки через x точку

Находим разницу между этими суммами.

$$\Sigma h = \Sigma a - \Sigma b = 33.808 - 43.186 = -9.378 \text{ м.}$$

Находим сумму всех вычисленных превышений. $\Sigma h_{\text{выч.}} = -9.378$. Сумма вычисленных превышений должна быть равна разнице между суммами отсчетов на задние и передние рейки. $\Sigma h_{\text{выч.}} = \Sigma a - \Sigma b = -9.378 \text{ м.}$

Сумма средних превышений равна половине вычисленных превышений.

$$\Sigma h_{\text{ср}} = \Sigma h_{\text{выч.}}/2 = -9,378/2 = -4,689 \text{ м.}$$

Все полученные данные вносятся в строки графы постраничный контроль.

Определяем значения всех превышений на странице №2 табл. 6 (Эти расчеты студенты производят самостоятельно). Производим постраничный контроль страницы №2, аналогично странице №1.

Производим контроль по ходу, т.е. находим суммарные значения во всех графах табл. 6.

Таблица 6 (стр. 1)

ЖУРНАЛ НИВЕЛИРОВАНИЯ ТРАССЫ АВТОДОРОГИ

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	1712			-0396			42.487
		6494				-0397 ⁻²		
	ПК0		2108		-0398	-0399		42.088
			6892					
2	ПК0	0650			-2056		ГП ₁ =42.738	42.088
		5432				-2054 ⁻³	ГП ₂ =42.737	
	ПК1		2706		-2052	-2057	ГП _{ср} =42.738	40.031
			7484					
	ПК0+70			1600				41.138
3	ПК1	1020			-1060			40.031
		5800				-1059 ⁻³		
	X		2080		-1058	-1062		38.964
			6858					
4	X	0478			-1912			38.964
		5257				-1912 ⁻³		
	ПК2		2390		-1912	-1915		37.054
			7169					
5	ПК2	1090			0732		ГП ₁ =38.144	37.054
		5875				0734 ⁻³	ГП ₂ =38.142	
	ПК4		0358		0734	0731	ГП _{ср} =38.143	37.784
			5141					
				2960				35.183
	ПК2+44			2962				35.181
	ПК2+76							
ПК3			1510				36.633	
Постраничный контроль		33808	43186		-9378	-4689		
			-9378		-4689			

Таблица 6 (стр.2)

ЖУРНАЛ НИВЕЛИРОВАНИЯ ТРАССЫ АВТОДОРОГИ

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	2311						37.784
		7095						
	ПК5		1406					38.686
			6190					
	ПК4+30			1160				38.934
	Лево 10			0622				39.472
	Право 10			0758				39.336
	ПК5+20			0302				39.792
7	ПК5	1525						38.686
		6305						
	ПК6		0545					39.663
			5325					
8	ПК6	1309						39.663
		6090						
	Рп2		1411					39.557
			6196					
Постраничный контроль		24635	21073		3562	1781		
			3562		1781			
Контроль по ходу	по	58443	64259		-5816	-2908		
			-5816		-2908			

Увязка нивелирного хода. Определив сумму всех средних превышений (Графа контроль по ходу), видим, что она равна $\Sigma h_{cp} = -2,908$ м, но разница между отметками точек Рп1 и Рп2 равна $-2,930$ ($H_{Рп1} - H_{Рп2} = -2,930$). Эта величина является фактическим превышением между точками Рп1 и Рп2, так как она получена по результатам нивелирования более высокого класса. Находим разницу между полученным и фактическим превышениями: $fh_{пол} = -2,908 - (-2,930) = 0,022$ м. Вычисленное значение является невязкой нивелирного хода. Определяем допустимость полученной невязки. Допустимая невязка равна $fh_{доп} = \pm 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{L} = 0,039$ м, где L – длина нивелирного хода в километрах. Сравниваем допустимую невязку с полученной и видим, что:

$$fh_{доп} = 0,039 \text{ м} = 39 \text{ мм} > fh_{пол} = 0,022 \text{ м} = 22 \text{ мм}.$$

Делаем вывод, что измерения произведены правильно.

Для того, чтобы уравнять нивелирный ход, необходимо избавиться от полученной невязки, т.е. равномерно разбросать ее на все превышения с обратным знаком. Следовательно 22 мм надо разделить на 8 (число превышений см. табл. 6), но 22 на 8 нацело не делится. Так как геометрическое нивелирование производится с точностью до 1 мм, то доли мм. при расчетах не учитываются. Поэтому делим 22 мм. на 6 (число превышений между пикетами) и получаем $22 : 6 = 3$; $6 \cdot 3 = 18$, в остатке остается 4 миллиметра. Делим это число пополам и добавляем к превышениям, полученным между крайними пикетами и реперами. $18 + 4 = 22$ мм.

Вносим полученные поправки в столбец (средние превышения), над средними превышениями (табл. 6). Исправленные превышения вносятся в табл. 6 строкой ниже средних превышений.

Сумма исправленных превышений должна быть равна -2930.

$$(-0,399)+(-2,057)+(-1,915)+0,730+0,902+0,977+(-0,106) = -2,930.$$

Увязав нивелирный ход, определяем абсолютные отметки всех связующих точек по формуле:

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

где $H_{\text{пред}}$ – отметка предыдущей точки; $h_{\text{испр}}$ – исправленное превышение.

Например: $H_{\text{ПК0}} = H_{\text{Рп1}} + (-0,399) = 42,487 - 0,399 = 42,088$ м.

Аналогичным образом рассчитываем отметки всех связующих точек и вносим их в табл. 1. Производим контрольный расчет:

$$H_{\text{Рп1}} - H_{\text{Рп2}} = 39,557 - 42,487 = - 2,930,$$

что свидетельствует о правильности проведенных расчетов.

Определение абсолютных отметок промежуточных точек производится через горизонт прибора по формуле:

$$H_{\text{пром}} = \text{ГП} - c,$$

где c – отсчет по черной стороне рейки, установленной на промежуточную точку.

Как видно из табл. 6 отсчеты на промежуточные точки брались на станции №2, между ПК0 и ПК1, станции №5, между ПК2 и ПК4 и на станции №6, между ПК4 и ПК5. Например:

$$\text{ГП}_{1\text{СТ}2} = \text{НПК0} + a_{\text{ч}} = 42,088 + 0,650 = 42,738;$$

$$\text{ГП}_{2\text{СТ}2} = \text{НПК1} + b_{\text{ч}} = 40,031 + 2,706 = 42,737;$$

$$\text{ГП}_{\text{срСТ}2} = 42,738.$$

Аналогичным образом определяем значения ГП на других станциях, данные вносим в табл. 6 столбец 8.

Определяем отметки промежуточных точек, например:

$$H_{ПК0+70} = ГП_{срСТ2} - c = 42,738 - 1,600 = 41,138.$$

Аналогичным образом определяем отметки других промежуточных точек и вносим их в табл. 6.

В табл. 7 даны промеры глубин р. Сура. Из табл. 6 нам известны отметки точек $H_{ПК2+44}=35,181$ и $H_{ПК2+76} = 35,183$, $H_{ср} = 35,182$ м. Это среднее значение между двумя отметками. Вносим их в табл. 7.

Т а б л и ц а 7

Положение точек	Глубины	Абсолютные отметки
ПК2+44 (урез воды)	0,00	35,182
ПК2+52 (дно)	2,50	32,682
ПК2+60 (дно)	3,20	31,982
ПК2+68 (дно)	2,80	32,382
ПК2+76 (урез воды)	0,00	35,182

Определяем отметки дна р. Сура:

$$H_{ПК2+52} = 35,182 - 2,50 = 32,682 \text{ м;}$$

$$H_{ПК2+60} = 35,182 - 3,20 = 31,982 \text{ м;}$$

$$H_{ПК2+68} = 35,182 - 2,80 = 32,382 \text{ м.}$$

Вносим полученные данные в табл. 7.

3.4. Построение продольного профиля местности по оси 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 (см. табл. 6), в 1:2000 масштабе (горизонтальный масштаб) и для выразительности рельефа в 10 раз крупнее (1:200) в вертикальном масштабе.

Все необходимые для построения профиля данные заносятся в графы расположенные в нижней части и образующие сетку профиля. Порядок и размер граф показан на рис. 32. Количество и порядок граф может варьировать в зависимости от типа линейного сооружения. Ширина граф дана в миллиметрах. Горизонтальный масштаб профиля 1: 2000 (в 1 см 20 м). Вертикальный масштаб для наглядности берется в 10 раз крупнее 1:200 (в 1 см 2 м).

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

Рис. 32. Образец выполнения сетки профиля автодороги

На листе миллиметровой бумаги (формат А3) ниже сетки необходимо оставить место для штампа. По результатам нивелирования Таблица №1 определяется линия условного горизонта. Для этого из журнала нивелирования выбирается минимальная абсолютная отметка (в нашем варианте таковой является отметка 31,982 дно р. Сура). Минимальная отметка должна располагаться выше линии условного горизонта, не менее чем на 4 см (8 м в масштабе 1:200). Тогда $31,983 - 8 = 23,983$. Отметка условного горизонта должна быть целым числом кратным двум, т.е. такими числами являются 20; 22. Для удобства отсчетов выбираем число 20. Линия условного горизонта совпадает с верхней линией сетки, которую для удобства отсчетов совмещают с утолщенной линией миллиметровки. Начало трассы (точка пикета № 0) также совмещается с утолщенной линией миллиметровки. На расстоянии 5 миллиметров влево от нулевого пикета, от линии условного горизонта восстанавливают перпендикуляр, на котором строят шкалу высот, через 2 м (1 см на профиле). Оцифровку шкалы производят вверх от условного горизонта: т.е. 20, 22, 24, 26...50 (рис.33).

Заполнение графы расстояние и пикеты. Пользуясь данными табл. 6 (графа нивелируемые точки) заполняем графу расстояния и пикеты сетки профиля. Так как, расстояние между пикетами равно 100 метрам (5 см в масштабе 1:2000), откладываем от линии нулевого пикета шесть отрезков по 5 сантиметров (рис.33).

Между ПК0 и ПК1 расположена точка ПК 0+70. Отложив вправо от ПК0 3,5 см=70 м, делим 100 метровый отрезок на два, которые в сумме $70 + 30 = 100$ метрам (рис 33). Следующие плюсовые точки находим между ПК 2 и ПК 3. Отложив вправо от ПК2 2,2 см=44 метра находим положение точки ПК 2+44. Отложив следующий отрезок, (1,6 см = 32 м от ПК2+44 до ПК 2 + 76) находим положение точки ПК2 + 76. Таким образом, 100-метровый отрезок разделился на три, которые в сумме равны 100 метрам ($44 + 32 + 24 = 100$). Если между пикетами нет плюсовых точек расстояние между ними не подписывается (ПК1 – ПК2). Сверху графы возле границы 100-метровых отрезков подписываются номера пикетов (рис.33).

Заполнение графы абсолютные отметки. Используя данные из табл. 6, заполняем графу абсолютные отметки, подписывая значения отметок напротив пикетов и плюсовых точек, округляя их до сотых (см. рис. 33).

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

Например: ПК0 ($42,09 - 20 = 22,09$ м. = 11,04 см).

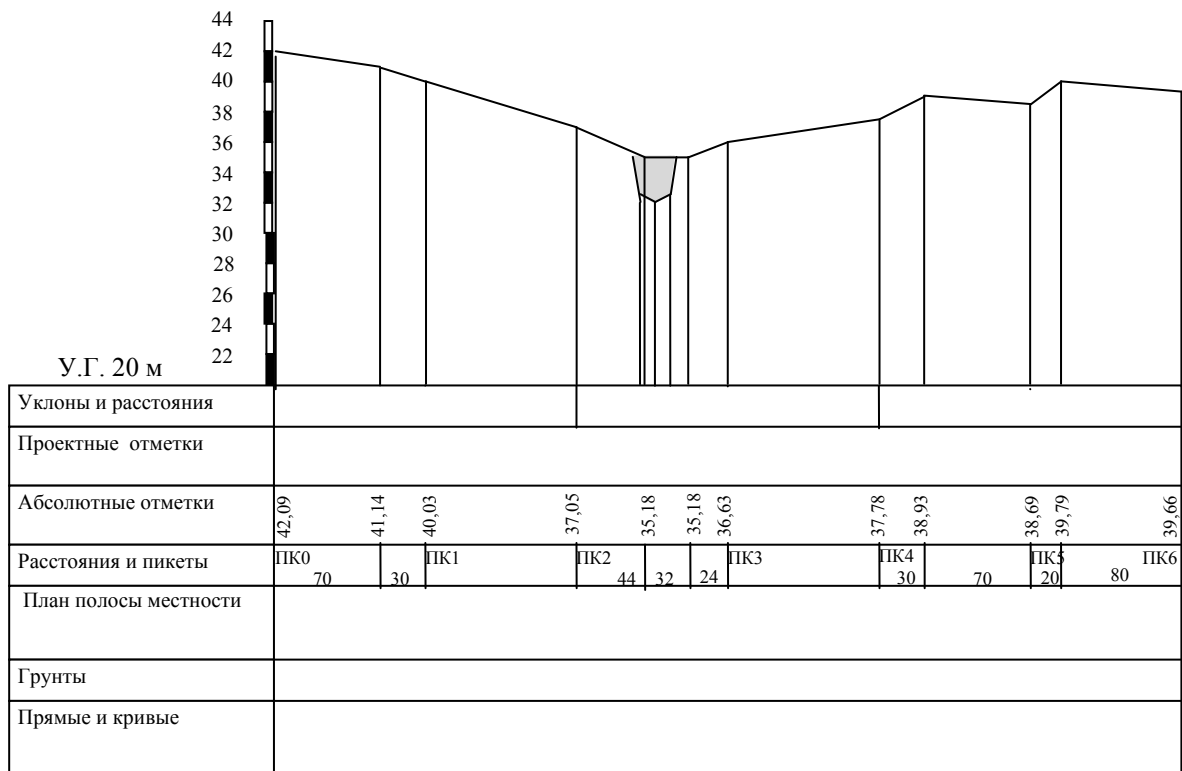


Рис. 33. Построение линии поверхности земли вдоль трассы автодороги

Полученные точки соединяем между собой и получаем линию поверхности земли по профилю трассы автодороги (см. рис.33).

Пользуясь данными табл. 7, строим русло реки Сура. Отметки дна р. Сура можно откладывать как разницу отметок от условного горизонта, так и откладывая глубины от поверхности водной глади (точки ПК2+44 и ПК2+76) (рис.34).

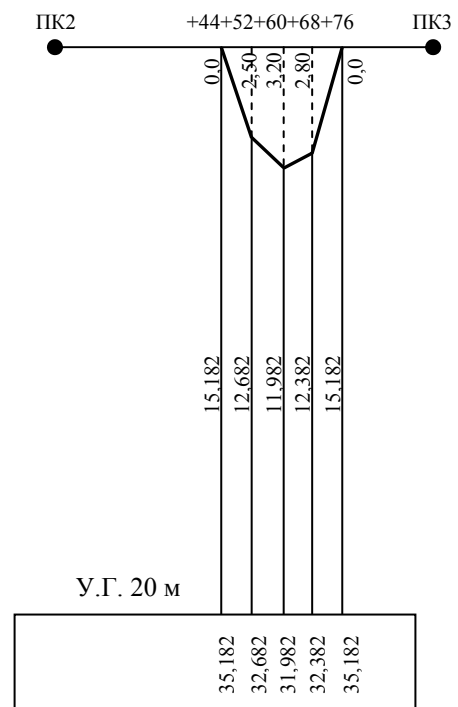


Рис.34. Схема построения русла реки Сура

3.5. Построение проектной оси трассы 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.

б. Высота моста от поверхности реки отстоит на 2,6 метра. Это значение выбрано, таким образом, чтобы в самый сильный паводок мост находился выше речной поверхности.

с. Проектная и абсолютная отметки в точке ПК6 имеют одинаковые значения.

Построение проектной линии автодороги начинаем с нахождения отметки моста через реку Сура. $35,18 + 2,60 = 37,78$ м.

Через эту точку проводим линию параллельную поверхности реки (до ПК2 влево) и до пересечения с поверхностью земли (ПК4). Соединив найденные точки с отметкой 41,59 на линии ПК0 ($42,09 - 0,5 = 41,59$) и с отметкой точки ПК6, получаем всю проектную линию профиля автодороги. Проектная линия профиля проводится красным цветом (рис.35).

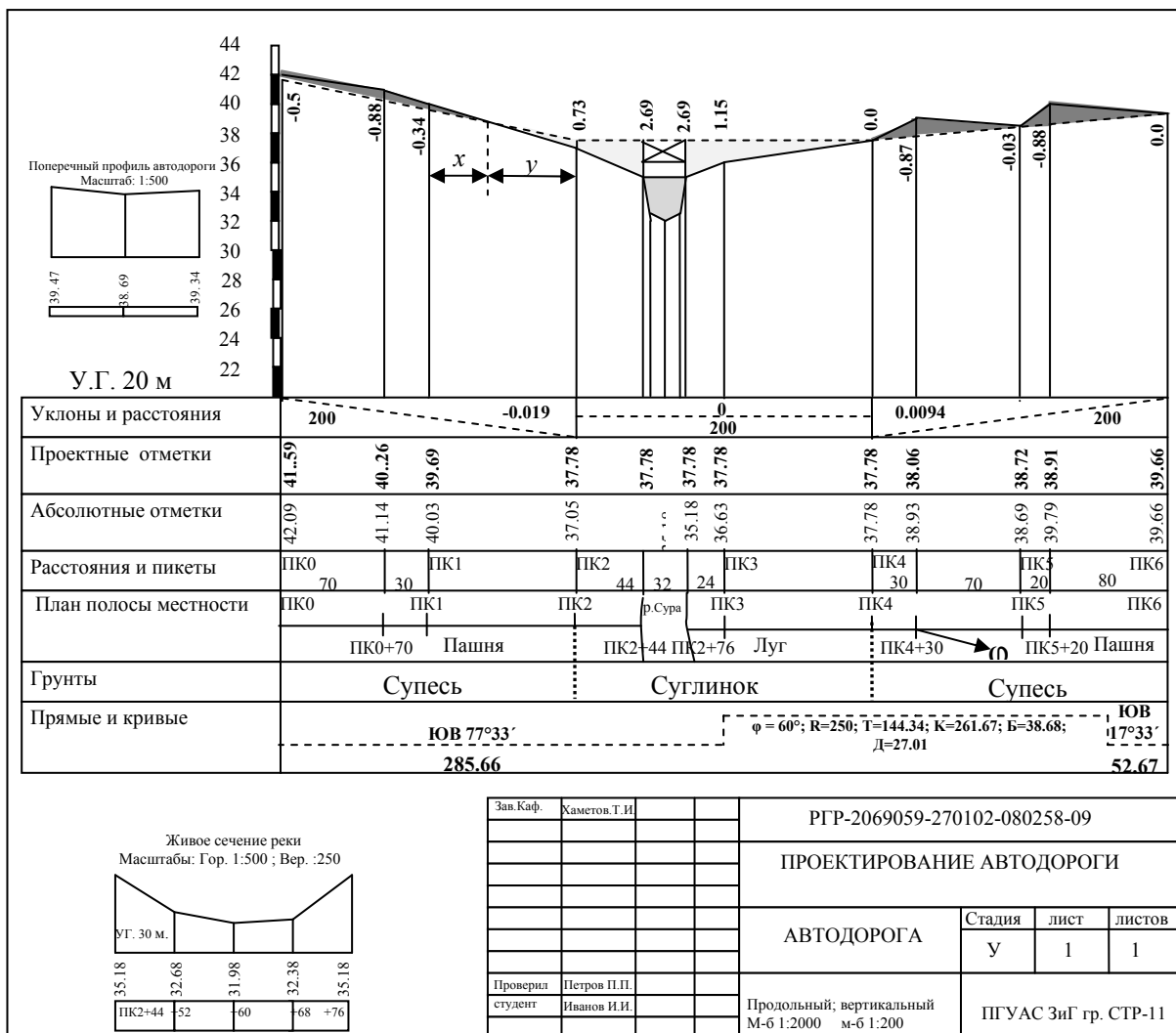


Рис.35. Оформление продольного профиля автодороги.

Пунктирные линии и надписи выполненные жирным шрифтом показывают, что они выносятся на профиль красным цветом

Определение проектных отметок всех точек профиля. Находим проектные отметки. Проектные отметки на линии высоты моста равны во всех точках этого участка

$$H_{\text{пр}} = 35,18 + 2,6 = 37,78.$$

Вносим эти значения в графу проектные отметки. Заполняем графу уклоны и расстояния. Делим графу на три вставки, границами которых являются точки перегиба проектной линии (см. рис.35). В середине центральной вставки проводим прямую линию, сверху которой подписываем значения уклона, а снизу длину вставки. На двух других участках рассчитываем уклоны по формуле: $i = h/d$, где h превышение между крайними точками вставки, d – расстояние между этими точками.

$$i_{\text{ПК0-ПК2}} = (37,78 - 41,59)/200 = -0,019.$$

Вносим эти данные в графу уклоны и расстояния (см. рис.35). Рассчитываем уклон для третьего отрезка. $i_{\text{ПК4-ПК6}} = (39,66 - 37,78)/200 = 0,0094$. Вносим эти значения в графу уклоны и расстояния (см. рис.35). Рассчитываем проектные отметки первого отрезка 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.

Находим проектные отметки всех точек на отрезке профиля ПК0 – ПК2.

$$H_{\text{пр.ПК0+70}} = H_{\text{пр.ПК0}} + (-0,019 \cdot 70) = 41,59 - 1,33 = 40,26;$$

$$H_{\text{пр.ПК1}} = 40,26 + (-0,019 \cdot 30) = 40,26 - 0,57 = 39,69.$$

Для контроля находим проектную отметку ПК2.

$$H_{\text{пр.ПК2}} = 39,69 + (-0,019 \cdot 100) = 39,69 - 1,9 = 37,79.$$

разница в 1 см с полученным ранее значением 37,78 является допустимой. Вносим полученные данные в графу проектные отметки (см. рис.35).

Рассчитываем проектные отметки третьего отрезка проектной линии автодороги.

$$H_{\text{пр.ПК4+30}} = 37,78 + (0,0094 \cdot 30) = 38,06;$$

$$H_{\text{пр.ПК3}} = 38,06 + (0,0094 \cdot 70) = 38,72;$$

$$H_{\text{пр.ПК5+20}} = 38,72 + (0,0094 \cdot 20) = 38,91;$$

$$H_{\text{пр.ПК6}} = 38,91 + (0,0094 \cdot 80) = 39,66,$$

что равно исходному значению проектной отметки ПК6. Вносим эти данные в графу проектные отметки (см. рис.35), проектные отметки вносятся красным цветом.

Рабочие отметки основных точек профиля определяем по формуле

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

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

$H_{\text{аб}}$ – абсолютная отметка точки.

Например: $hr_{\text{ПК0}} = 41,59 - 42,09 = -0,50$.

Аналогичным образом определяем остальные рабочие отметки. Отрицательное значение рабочей отметки означает, что для ее достижения необходимо срезать грунт, а положительная отметка о необходимости насыпных работ. Рабочие отметки подписываются возле линии профиля, причем отрицательные под линией профиля, а положительные рабочие отметки над линией. Рабочие отметки подписываются красным цветом. Насыпь закрашивается желтым цветом, выемка розовым цветом.

Определение расстояния до линии нулевых работ. На рис. 35 можно видеть пересечение проектной линии и линии рельефа между пикетами ПК1 и ПК2. Через эту точку проходит линия нулевых работ. Требуется определить расстояние x от ПК1 до линии нулевых работ. Рабочая отметка в точке ПК1 равна $-0,34$, а в точке ПК2 $+0,73$. Расстояние x определяется по формуле: $x = [|0,34| / (|0,34| + |0,73|)] \cdot 100 = 31,8$ м. Для контроля определяем значение y , $y = [|0,73| / (|0,34| + |0,73|)] \cdot 100 = 68,2$ м. Знак модуля означает, что знаки рабочих отметок в расчетах не учитываются $x + y = 31,8 + 68,2 = 100$ м, расстояние от ПК1 до ПК2.

Заполняем графы: план полосы местности и грунты.

При оформлении **графы прямые и кривые** от точки поворота трассы (ВУ), в обе стороны от нее откладываем в 1:2000 масштабе величину $K/2 = 130,84$ м. Из полученных точек (в середине графы) восстанавливаем перпендикуляры длиной 1 см и соединяем их. 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 вставок вписываем параметры и главные элемента кривой. На серединах прямых вставок (под разделяющей линией) подписываем их длины. Складываем длины прямых отрезков с длиной кривой. Их сумма должна быть равна длине трассы плюс – минус 1-2 сантиметра. Над линией вписываем значение румба начального направления, которое берем из координатной ведомости, на первой прямой вставке и значение румба после поворота на второй вставке. Значения румба находим через дирекционные углы.

В координатной ведомости нашего варианта $\alpha_1 = 102^\circ 27'$, $r_1 = \text{ЮВ} 77^\circ 33'$.

Вычисляем дирекционный угол после поворота по формуле

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \varphi_{\text{прав}} = 102^\circ 27' + 60^\circ = 162^\circ 27',$$

$$r_2 = 180^\circ - 162^\circ 27' = \text{ЮВ } 17^\circ 33'.$$

3.6. Построение поперечного профиля автодороги и живого сечения реки

Построение поперечного профиля автодороги и живого сечения реки выполняется в 1:500 масштабе.

В отличие от продольного профиля, поперечный профиль автодороги строится в одном масштабе, как по горизонтали, так и по вертикали. Такой неискаженный масштаб удобен для проектирования на поперечных профилях объемов насыпей и выемок. Количество граф и их порядок для поперечного профиля не регламентируется (рис.36).

Поперечный профиль автодороги
Масштаб: 1:500

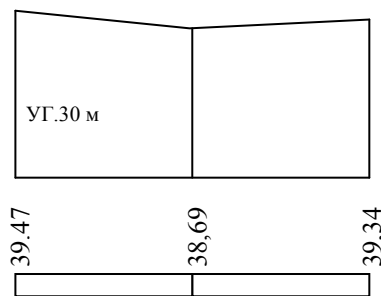


Рис. 36. Поперечный профиль автодороги

Для более наглядного изображения живого сечения реки, вертикальный масштаб, принимаем в два раза крупнее горизонтального, т.е. 1: 250 (рис.37).

Живое сечение реки
Масштабы: Гор. 1:500 ; Вер. :250

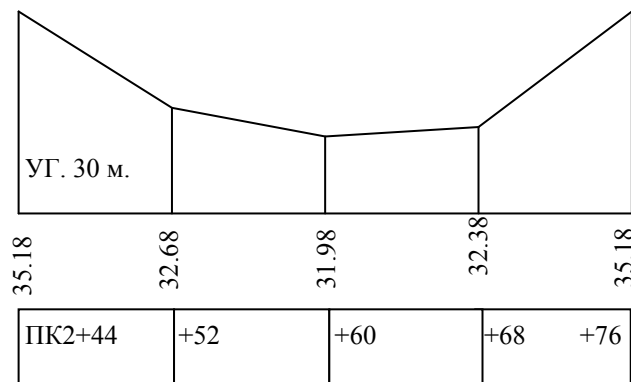


Рис.37. Живое сечение реки

3.7. Детальная разбивка круговых кривых

При строительстве линейных сооружений возникает необходимость разбивать не только главные точки кривой, но и выполнять детальную разбивку кривых, т.е. между главными точками кривой разбить промежуточные интервалы через 2, 5, 10, 20 м.

Наименьший интервал устанавливают для кривых с радиусом 20-100 м, наибольший для кривых с радиусом 1000 м и более. Существует множество способов разбивки круговых кривых, но на практике, чаще всего, разбивка кривых производится способами прямоугольных и полярных координат.

Способ прямоугольных координат. Применяется в условиях открытой площадки. Пусть требуется провести детальную разбивку кривой с радиусом R , то есть найти точки $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$. Расстояния между ними на кривой равны k (рис.38).

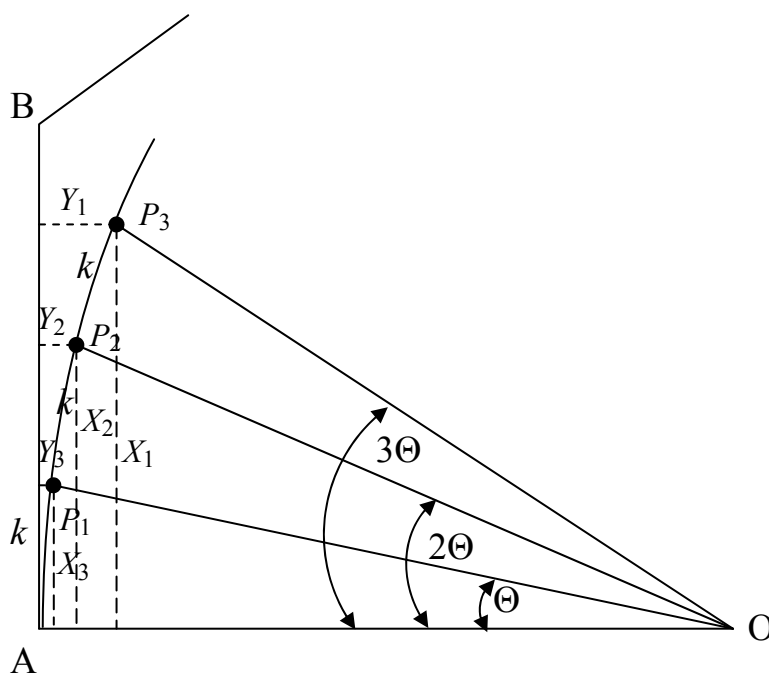


Рис.38. Разбивка кривой способом прямоугольных координат

Примем касательную AB за ось X , а радиус R – за ось Y . Положение точек P_1, \dots, P_n , лежащих на кривой определяется прямоугольными координатами. Первоначально находим величину угла Θ , соответствующего заданной дуге k . $\Theta = (180^\circ / \pi R) \cdot k$.

Из рис. 38 видно, что:

$$X_1 = R \sin \Theta,$$

$$Y_1 = R - R \cos \Theta = R (1 - \cos \Theta).$$

По аналогии могут быть определены координаты других точек P_2, P_3, \dots, P_n .

То есть,

$$X_2 = R \sin 2\Theta; Y_2 = R (1 - \cos 2\Theta),$$

$$X_3 = R \sin 3\Theta; Y_3 = R (1 - \cos 3\Theta),$$

$$X_n = R \sin n \Theta; Y_n = R (1 - \cos n \Theta).$$

Абсциссы и ординаты откладывают по касательной и перпендикулярно ей при помощи рулетки или ленты. Перпендикуляры строят теодолитом. Разбивку кривой ведут от начала и конца кривой к середине. Помимо формул координаты могут быть определены с помощью специальных таблиц для разбивки кривых. Достоинством способа прямоугольных координат является то, что точки P_1, P_2, \dots, P_n находят независимо друг от друга, поэтому ошибки не нарастают при переходе от одной промежуточной точки к другой.

Способ полярных координат или способ углов. Способ полярных координат или способ углов основан на том, что углы с вершиной в точке A на окружности (рис. 39), образованные касательной и секущей и заключающие равные дуги, равны половине соответствующего центрального угла. Величины хорды S и радиуса R известны. Из (рис. 39) видно, что хорда S равна:

$$S = 2R \sin \Theta/2.$$

Откуда, $\sin \Theta/2 = s / 2R$.

Находим значение Θ . Установив теодолит в точке A , совмещают нуль лимба с нулем алидады, визируют на точку B и от направления AB , вращением алидады откладывают угол $\Theta/2$. С помощью рулетки по направлению визирного луча откладывают величину хорды S , получают точку P_1 . С помощью теодолита от направления AB откладывают угол Θ . Установив теодолит в точке A , совмещают нуль лимба с нулем алидады, визируют на точку B и от направления AB вращением алидады откладывают угол $\Theta/2$.

С помощью рулетки по направлению визирного луча откладывают величину хорды S , получают точку P_1 . С помощью теодолита от направления AB откладывают угол Θ . Совместив начало ленты с точкой P_1 , прокладывают ее в направлении визирной оси теодолита. Пересечение отрезка S от точки P_1 и визирной линии даст положение точки P_2 . Аналогичным способом находят положение точек P_3, P_4 и так далее. В точках $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ забивают колышки.

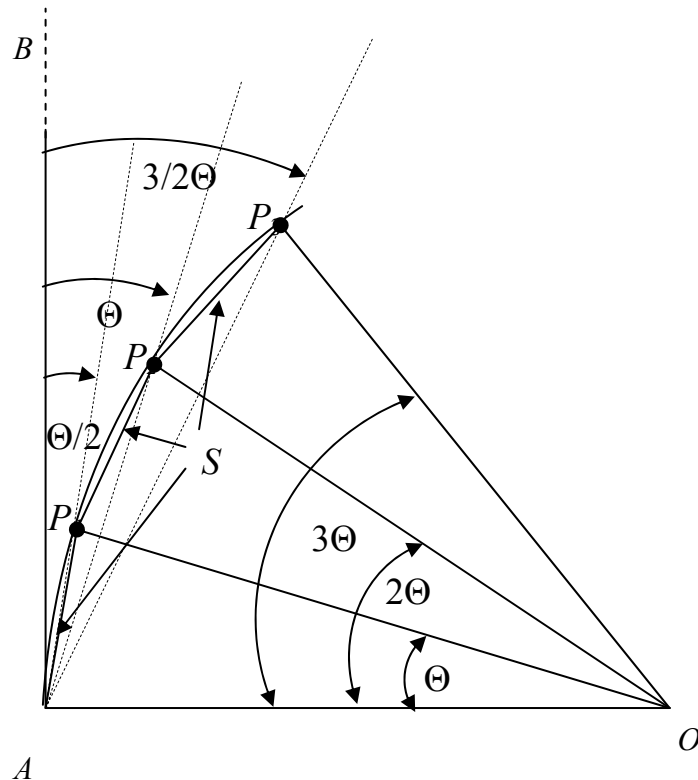


Рис. 39. Схема детальной разбивки кривой способом полярных координат

Недостатком этого способа является то, что ошибки в определении точек на кривой растут по мере увеличения их числа.

Контрольные вопросы

1. Что такое трасса?
2. Какие виды линейных сооружений вы знаете.
3. Ваше понятие о камеральном трассировании и как оно выполняется?
4. Виды геодезических работ при полевом трассировании.
5. Порядок и состав выполнения работ по инженерно-геодезическим изысканиям для всех типов линейных сооружений.
6. Полевое трассирование.
7. Пикетажный журнал. Как производится разбивка пикетажа?
8. С какого номера начинается отсчет пикетов на трассе?
9. Что такое напряженный ход трассы, как он прокладывается?
10. Особенности нивелирования профиля линейного сооружения. Как осуществляется привязка профиля?
11. Вычисление допустимости невязки нивелирного хода.
12. Назовите основные параметры круговой кривой?
13. Вычисление элементов круговой кривой. Что такое тангенс кривой, биссектриса, домер?

14. Назовите главные точки круговой кривой? Как определяется начало круговой кривой?
15. Каким способом осуществляется вынос пикета на кривую?
16. Как рассчитывается проектный уклон автодороги?
17. Что означает знак рабочей отметки? Как рассчитывается расстояние до линии нулевых работ?
18. Как определяется румб нового направления после поворота трассы?
19. По какой формуле определяется расстояние от начала трассы до начала круговой кривой?
20. Для чего строится поперечный профиль автодороги?
21. Назовите несколько способов разбивки круговых кривых?
22. Для чего производится разбивка круговых кривых?

Расчетно-графическая работа № 4. ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА И РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ПЕРЕНЕСЕНИИ НА СТРОЙПЛОЩАДКУ ОСЕЙ ЗДАНИЯ

4.1. Задания и исходные данные

Необходимые величины для перенесения проекта на местность определяют в процессе геодезической подготовки данных генплана и составления на его основе разбивочных чертежей.

Цифровые величины геодезической подготовки данных генплана – это координаты и отметки характерных точек зданий и сооружений, величины углов, линий и превышений, которые необходимо перенести и закрепить на местности от опорных точек разбивочной основы. Выбор метода и данные подготовки разбивочных чертежей зависят от точности разбивочных работ.

Подготовка данных генплана осуществляется графическим, аналитическим и графоаналитическим методами, то есть производится путем измерений на генплане и математических расчетов. В работе рассматривается графо-аналитический метод геодезической подготовки данных для переноса основной оси здания. Задание включает в себя выполнение следующих основных этапов:

1. Получение исходных данных и изучение технических требований.
2. Размещение проектируемого здания на топографическом плане с определением координат пересечения основных осей здания, а также отметки вертикальной планировки.
3. Расчеты, связанные с подготовкой данных разбивочного чертежа.
4. Расчет точности разбивочных угловых и линейных измерений. Выбор приборов и методики измерений.
5. Оформление пояснительной записки и разбивочного чертежа.

Исходные данные: Генплан масштаб 1:500 (План теодолитной съемки); координаты и отметки точек теодолитного и нивелирного ходов (РГР №1); габариты проектируемого здания 12 × 24 м.

Для геодезической подготовки использовать точки съёмочной геодезической сети (Точки теодолитного хода). Проектируемое здание следует расположить так, чтобы планировка поверхности под здание осуществлялась с минимальными объемами земляных работ. Одну из точек оси здания вынести способом полярных координат, другую способом угловой засечки. Отметку пола первого этажа принять выше отметки планировки на 25 см. Погрешность определения на местности точек оси здания (строительный допуск) – 20 мм. Разбивку осуществить с минимальными трудовыми затратами, используя приборы технической точности.

4.2. Размещение проекта здания на топографическом плане и определение координат его основных осей

Согласно заданию составляем схему разбивки здания, расположив его длинную сторону по рельефу (примерно параллельно горизонталям рис.40, 41). Точку *B* выносим способом полярных координат, а точку *A* способом прямой угловой засечки. На теодолитном плане углы полигона I и II, соединяем прямыми линиями с точками *A* и *B* (рис.40, 41).

ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ПЛАН

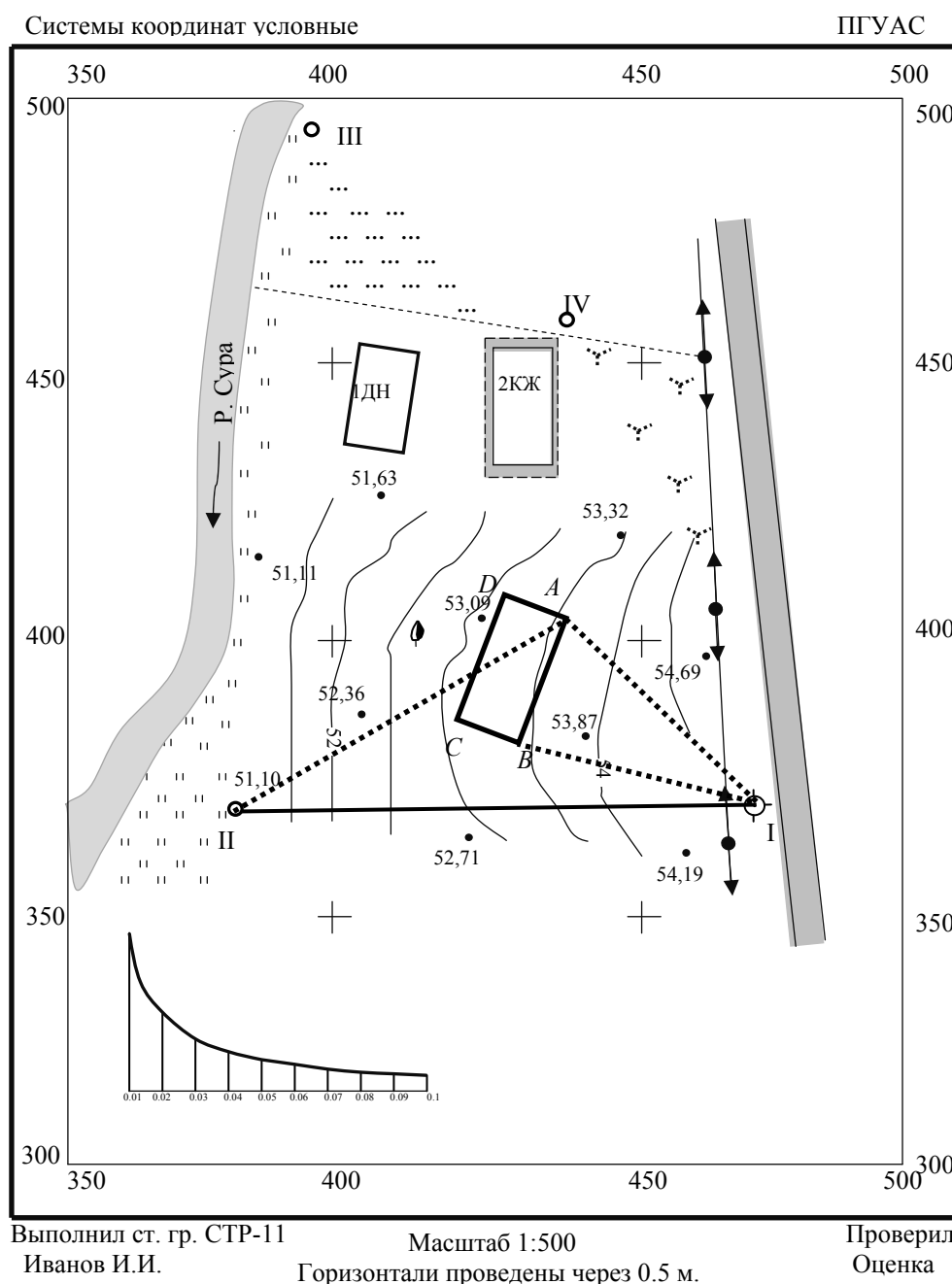


Рис.40. Топографический план участка

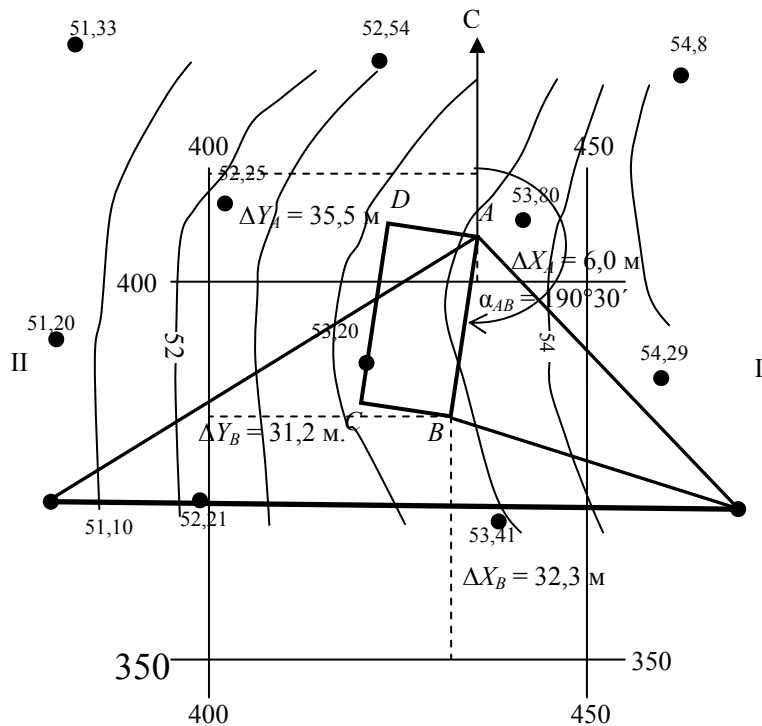


Рис.41. Схема разбивки здания. Масштаб 1:500

Графическим способом определяем (см. рис. 40) с генплана с помощью измерителя и поперечного масштаба координаты точки пересечения осей здания, точки A .

$$\begin{aligned} X_A &= X_0 + \Delta X'; \\ Y_A &= Y_0 + \Delta Y', \end{aligned}$$

где X_0, Y_0 – координаты юго-западной вершины квадрата в которой расположена точка A , $X_0 = 400$; $Y_0 = 400$ (см. рис.41);

$\Delta X, \Delta Y$ – приращения координат по осям X и Y ,
 $\Delta X' = 6,0$ м; $\Delta Y' = 35,5$ м.

Координаты точки A равны:

$$X_A = 400 + 6,0 = 406,0; Y_A = 400 + 35,5 = 435,5.$$

С помощью транспортира замеряем дирекционный угол длинной оси здания AB (см. рис.41). Угол замеряем от северного направления, так как на топографических планах, в отличие от топографических карт принята вертикальная разграфка сетки координат. $\alpha_{AB} = 190^\circ 30'$.

Аналитическим способом, решая прямую геодезическую задачу, находим координаты всех точек пересечения осей здания (углов здания). При решении используем координаты исходной точки, дирекционный угол оси AB и заданные габариты здания. Координаты вычисляем по формулам:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X; \Delta X = d \cdot \cos \alpha;$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y; \Delta Y = d \cdot \sin \alpha.$$

Заполняем табл. 8, находим приращения координат. Например:

$$\Delta X_A = d \cdot \cos 190^\circ 30' = 24 \cdot (-0,983) = -23,60;$$

$$\Delta Y_A = d \cdot \sin 190^\circ 30' = 24 \cdot (-0,182) = -4,37.$$

Т а б л и ц а 8

Определение координат углов дома

Обозначение	Внутренние углы β	Дирекционные углы α	Горизонтальные проложения (м)	Приращения координат (м)		Координаты	
				ΔX	ΔY	X	Y
<i>A</i>	90°	190°30′	24	-23,60	-4,37	406,0	435,5
<i>B</i>	90°	280°30′	12	2,19	-11,80	382,4	431,13
<i>C</i>	90°	10°30′	24	23,60	4,37	384,59	419,33
<i>D</i>	90°	100°30′	12	-2,19	11,80	408,19	423,7
<i>A</i>	90°	190°30′				406,0	435,5

Определяем положение точки *B* графическим способом (см. рис.40).

$$\Delta X_B = 32,3 \text{ м}; \Delta Y_B = 31,2 \text{ м}.$$

Координаты точки *B* равны:

$$X_B = 350 + 32,0 = 382,3 \text{ м}; Y_B = 400 + 31,2 = 431,2 \text{ м}.$$

Для удобства определения приращения координат отсчитывались от ближайших осей координатной сетки. Сравниваем значения координат точки *B* полученных графическим и аналитическим путем.

$$X_{B \text{ гр}} = 382,3; X_{B \text{ ан}} = 382,4;$$

$$Y_{B \text{ гр}} = 431,2; Y_{B \text{ ан}} = 431,13.$$

Находим разницу между значениями координат точки *B* полученных графическим и аналитическим путем.

$$X_{B \text{ гр}} - X_{B \text{ ан}} = 382,3 - 382,4 = 0,1 \text{ м};$$

$$Y_{B \text{ гр}} - Y_{B \text{ ан}} = 431,2 - 431,13 = 0,07 \text{ м}.$$

Разница между вычисленными значениями координат и полученными графически не должны превышать $0,3\tau$, где τ – точность масштаба (равная для 1:500 масштаба 0,05 м):

$$3\tau = 0,15 \text{ м} > 0,10 \text{ м};$$

$$3\tau = 0,15 \text{ м} > 0,07 \text{ м}.$$

Что позволяет сделать вывод о правильности проведенных расчетов.

4.3. Расчеты, связанные с подготовкой данных разбивочного чертежа

С целью определения разбивочных элементов (длин направлений, дирекционных углов и разбивочных углов) решаем обратные геодезические задачи. Заполняем табл. 9.

Т а б л и ц а 9

№ п/п	Обозначения	Направления (точка г.с – точка проекта)		
		I – B	I – A	II – A
1	$X_{пр}$	382,4	406,0	406,0
2	$X_{г.с}$	370	370	371,24
3	$\Delta X = X_{пр} - X_{г.с}$	12,4	36	34,76
4	$Y_{пр}$	431,13	435,5	435,5
5	$Y_{г.с}$	470	470	379,93
6	$\Delta Y = Y_{пр} - Y_{г.с}$	-38,87	-34,5	55,57
7	$tgr = \Delta Y / \Delta X$	3,1347	0,9583	1,5987
8	Четверть r°	СЗ 72,3068°	СЗ 43,7801°	СВ 57,9733°
9	$r^{\circ''}$	СЗ 72°18'41"	СЗ 43°47'01"	СВ 57°58'20"
10	$\alpha^{\circ''}$	287°41'19"	316°12'59"	57°58'20"
11	$d' = \Delta X / \cos r$	40,80	49,86	65,55
12	$d'' = \Delta Y / \sin r$	40,80	49,86	65,55
13	$d_{ср} = (d' + d'') / 2$	40,80	49,86	65,55

Определяем приращения координат между проектными точками и точками теодолитного хода I – II.

$$\Delta X = X_{пр} - X_{г.с}; \Delta Y = Y_{пр.} - Y_{г.с},$$

где $(X_{пр}, Y_{пр})$ – проектные координаты точек A и B;

$X_{г.с}, Y_{г.с}$ – координаты точек теодолитного хода I и II.

Например: приращения координат разбивочной линии I – B равны:

$$\Delta X_{I-B} = X_B - X_I = 382,4 - 370 = 12,4 \text{ м};$$

$$\Delta Y_{I-B} = Y_B - Y_I = 431,13 - 470 = -38,87 \text{ м}.$$

Аналогичным образом определяем приращения координат для других направлений и вносим их в табл. 9.

Определяем тангенсы углов разбивочных направлений по формуле

$$tgr_{I-B} = \Delta Y_{I-B} / \Delta X_{I-B} = 3,1347$$

и вносим их значения в табл. 9.

Определяем румбы всех направлений и вносим их в табл. 9.

Например: $r^\circ_{I-B} = 72,3068^\circ$, по знакам приращения координат видим, что угол отвечает IV четверти, поэтому $r^\circ_{I-B} = СЗ 72,3068^\circ$ имеет Северо-Западное направление. Две первые цифры после запятой отвечают значениям минут, а две последующие – секунд (в десятичной системе мер). Для

того, чтобы перевести ее в градусную необходимо эти числа умножить на 0,6.
 $30 \cdot 0,6 = 18'$; $68 \cdot 0,6 = 40,8=41''$. Таким образом наш румб равен:

$$r_{I-B}^{\circ} = СЗ 72^{\circ}18'41''.$$

Зная направление по румбу, вычисляем дирекционный угол:

$$\alpha_{I-B} = 360^{\circ} - r_{I-B}^{\circ} = 360^{\circ} - 72^{\circ}18'41'' = 287^{\circ}41'19''.$$

Аналогичным образом рассчитываем дирекционные углы и румбы других направлений и вносим их значения в табл. 9.

Определяем расстояние между точками I и B.

$$d' = \Delta X_{I-B} / \cos 287^{\circ}41'19'' = 12,4 / 0,3039 = 40,80 \text{ м};$$

$$d'' = \Delta Y_{I-B} / \sin 287^{\circ}41'19'' = -38,87 / 0,9527 = 40,80 \text{ м};$$

$$d_{\text{ср}} = 40,80 \text{ м}.$$

Вносим эти значения в табл. 9.

Аналогичным образом рассчитываем расстояния между точками I–A и II–A, и вносим значения в табл. 9.

Находим разбивочные углы, которые находятся как разность дирекционных углов, их составляющих. Для этого от дирекционного угла правого направления отнимается дирекционный угол левого направления.

$$\beta_1 = \alpha_{I-A} - \alpha_{I-II} = 316^{\circ}12'59'' - 270^{\circ}47' = 45^{\circ}25'59'',$$

$$\beta_2 = \alpha_{II-I} - \alpha_{II-A} = 90^{\circ}47' - 57^{\circ}58'20'' = 33^{\circ}39'37'',$$

$$\beta_3 = \alpha_{I-B} - \alpha_{I-II} = 287^{\circ}41'19'' - 270^{\circ}47' = 16^{\circ}54'19''.$$

Полученные по результатам решения обратных геодезических задач разбивочные углы и расстояния необходимо проконтролировать графически (замерить расстояния и углы) по топографическому плану.

Высотная геодезическая подготовка включает в себя вычисление отметки пола первого этажа. Для этого необходимо вычислить отметки пересечения осей здания (углов здания).

Отметки вычисляются по формуле

$$H_A = H_1 + l/L (H_2 - H_1),$$

где H_1 – отметка младшей горизонтали;

H_2 – отметка соседней горизонтали;

l – расстояние от точки A до младшей горизонтали;

L – расстояние между соседними горизонталями.

На рис. 42 через точку A проводим прямую (кратчайшее расстояние между горизонталями), примерно перпендикулярную смежным горизонталям. Замеряем с помощью линейки расстояния l и L .

$$l_1 = 0,3 \text{ см} = 1,5 \text{ м}; L_1 = 2,4 \text{ см} = 12 \text{ м};$$

$$H_1 = 53,5 \text{ м}; H_2 = 54 \text{ м}.$$

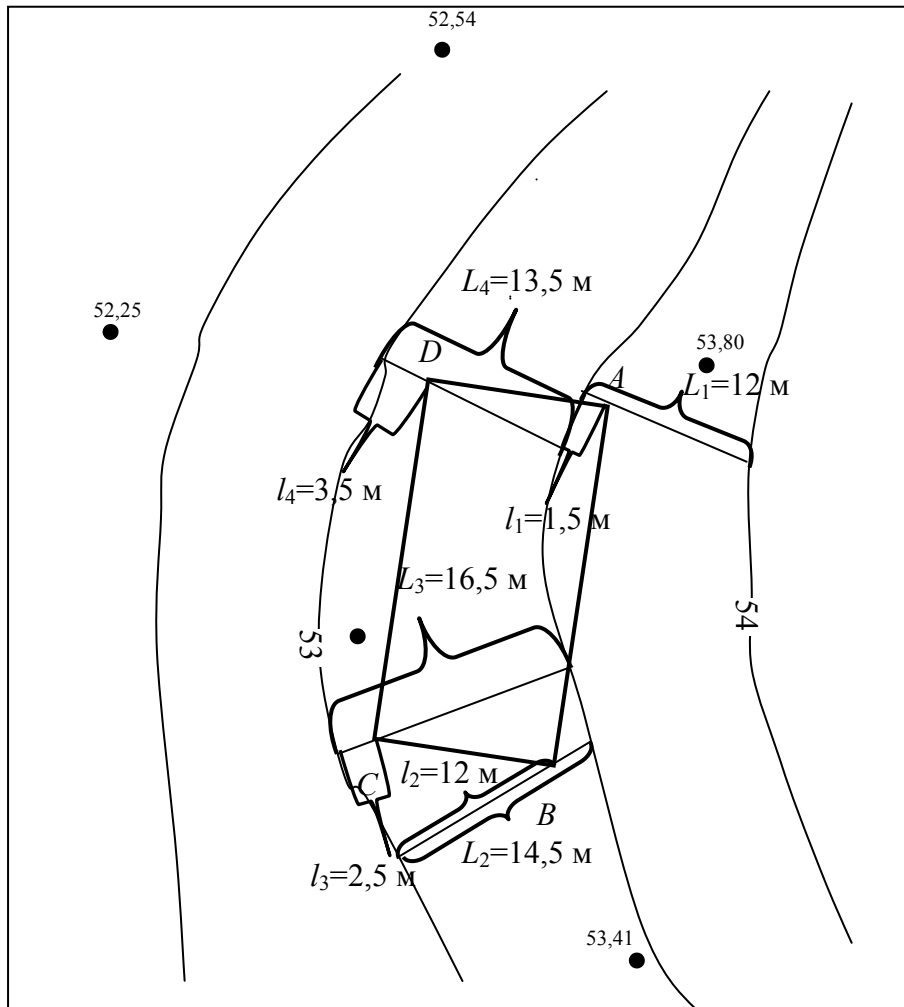


Рис.42. Схема определения отметок углов здания

Находим отметку точки A :

$$H_A = 53,5 + (1,5/12) \cdot (54 - 53,5) = 53,5 + (0,125 \cdot 0,5) = 53,5 + 0,06 = 53,56 \text{ м.}$$

Аналогичным образом находим отметки всех углов здания.

$$H_B = 53 + (12/14,5) \cdot (0,5) = 53,41 \text{ м;}$$

$$H_C = 53 + (2,5/16,5) \cdot (0,5) = 53,08 \text{ м;}$$

$$H_D = 53 + (3,5/13,5) \cdot (0,5) = 53,13 \text{ м.}$$

Вычисляем среднюю отметку (центр тяжести) горизонтальной площадки под здание:

$$H_0 = (H_A + H_B + H_C + H_D) / 4 = (53,56 + 53,41 + 53,08 + 53,13) / 4 = 53,30 \text{ м.}$$

Вычисляем проектную отметку пола первого этажа:

$$H_{1\text{этаж}} = H_0 + 0,25 \text{ м} = 53,30 + 0,25 = 53,55 \text{ м.}$$

4.4. Оформление разбивочного чертежа

По результатам плановой и высотной геодезической подготовки составляем **разбивочный чертеж** (рис. 43), используя данные табл. 8 и 9, значения разбивочных углов и результаты высотной геодезической подготовки. Разбивочный чертеж оформляется на листе А4 в 1:500 масштабе с полным соблюдением размеров длин сторон и углов.

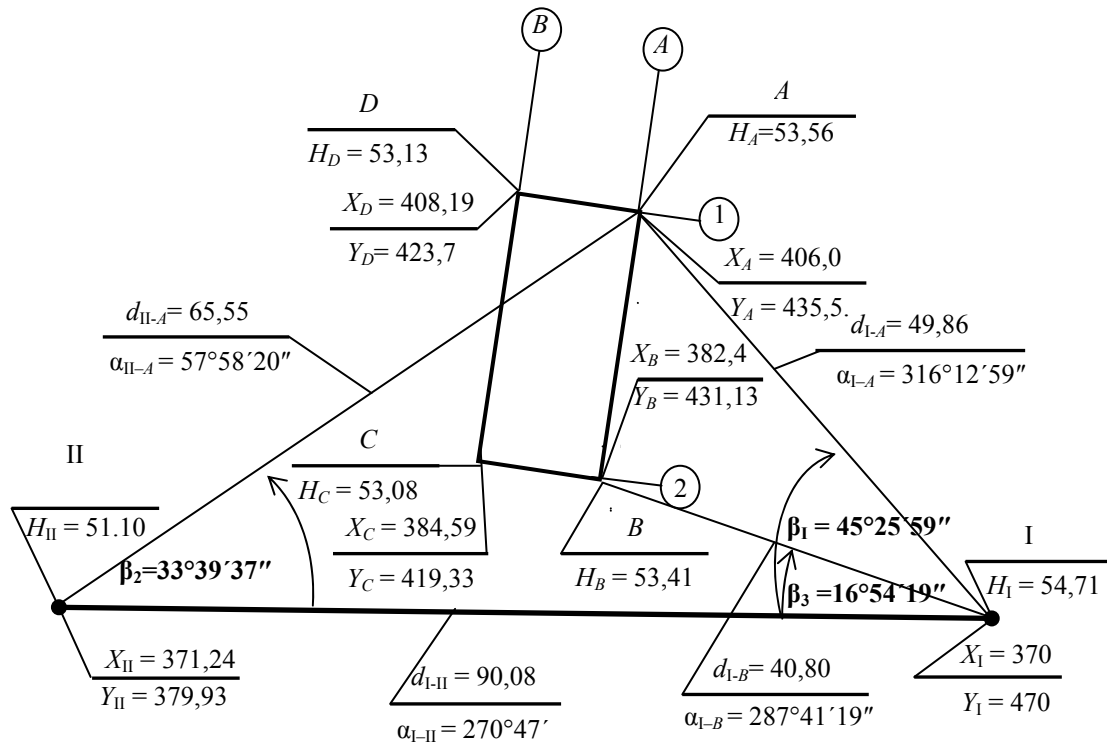


Рис.43. Разбивочный чертеж здания

4.5. Расчет точности разбивочных работ, выбор приборов и методики измерений

Точность разбивочных углов для способа прямой угловой засечки вычисляем по формуле

$$m_{\beta_{ст}} = (\Delta \cdot p \cdot \sin\varphi) / (\sqrt{d_1^2 + d_2^2}) = 49,18'',$$

где $d_1 = 49,86$, $d_2 = 65,55$ – длины привязок, м;

$p = 57,3^\circ = 206265''$ – один радиан в секундах;

$\Delta = 0,02$ м – строительный допуск;

$\varphi = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2) = 180^\circ - 79^\circ 05' 36'' = 100^\circ 54' 24''$.

Для способа полярных координат m_{β_3} вычисляют по формуле

$$m_{\beta_3} = (\Delta \cdot p) / (d_3 \cdot \sqrt{2}) = (0,02 \cdot 206265) / (40,80 \cdot 1,414) = 71,51'',$$

где $d_3 = 40,80$ м – длина полярного радиуса.

По наименьшей средней квадратической погрешности, построения разбивочных углов, выбираем марку теодолитов. Из серийно выпускаемых отечественной промышленностью теодолитов технической точности Т15, Т30, 2Т30, 4Т30, Т60.

Наименьшей ошибкой у нас является $49,18''$, т.е. $m_{\beta} = 49,18''$, что больше $t = 30''$ (точность теодолита 4Т30). Поэтому разбивочные углы строим с технической точностью.

В тех случаях, когда m_{β} меньше точности теодолита разбивочные углы строим с повышенной точностью. Данные по точности разбивки сводим в табл. 10.

Т а б л и ц а 10

Углы	$m_{\beta 1} = 49,18''; m_{\beta 2} = 49,18''; m_{\beta 3} = 71,51'' \leq 30''$ Построение угла производим теодолитом 4Т30п одним полным приемом, т.е. КЛ +КП
Расстояния	$m_d = 0,014; m_d / d = 0,0028 = 1/3561 \leq 1/2000$. Расстояние на местности откладывается 20 метровой стальной лентой в прямом и обратном направлениях, вводятся поправки за наклон, температуру и компарирование. Натяжение контролируется динамометром, створность теодолитом

Расчет точности линейных построений при выносе линии I-A на стройплощадку начинаем с определения абсолютной линейной погрешности.

$$m_d = \Delta / \sqrt{2} = 0,02 / 1,414 = 0,014.$$

Затем определяем относительную погрешность:

$$f_{\text{отн}} = m_d / d_{I-A} = 0,014 / 49,86 = 0,00028.$$

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

$$1 / N_{\text{пол}} = 1 / 3561 < 1 / 2000.$$

Делаем вывод, что измерения выполнены правильно. По полученной относительной погрешности из табл. 11 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 11

Условия измерений	Относительная среднеквадратическая 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:

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

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

- поправка за температуру:

$$\delta D_t = \alpha \cdot d_{I-A} \cdot (t_k - t_n),$$

где $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ – температурный коэффициент расширения стали;

t_k – температура компарирования;

t_n – температура измерения;

- поправка за наклон:

$$\delta D_v = h^2 / (2 \cdot d_{I-A}) = 0,013 \text{ м},$$

где h – превышение между точками I и A, $h = 54,71 - 53,56 = 1,15$ м.

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 линии, с плана на местность.

Например: поправка за компарирование составила 8 мм. Если значение ΔD_k меньше 3 миллиметров, поправка за компарирование не вводится. При $(t_{изм} - t_k)$ менее 8° поправка ΔD_t не вводится. Разность температуры компарирования и измерения равна 3° , следовательно, поправка за температуру в длину линии не входит. Поправка за наклон линии местности равна:

$$\delta D_v = h^2 / (2 \cdot d_{III-A}) = 0,013 \text{ м.}$$

Длина откладываемой на местности линии равна:

$$D = d_{I-A} + \delta D_k + \delta D_t + \delta D_v = 49,86 + 0,008 + 0,013 = 49,881 \text{ м} = 49,88 \text{ м.}$$

Поправки могут быть получены из специальных таблиц. Если линия имеет отрезки разной крутизны, то поправки за наклон вычисляются для каждого отрезка. Точность измерения стальной лентой зависит, главным образом, от характера местности. Различают три категории местности, в зависимости от которых устанавливается допустимая ошибка измерений:

а) Благоприятные условия: (ровная, хорошо просматриваемая поверхность с твердым грунтом). Допустимая относительная ошибка измерений равна 1: 3000.

б) Средние условия: (слабо кочковатая поверхность переменным составом грунта) – 1: 2000.

в) Неблагоприятные условия: (сильно кочковатая, болотистая местность) – 1:1500.

4.6. Перенесение на местность точек полярным способом

Перенесение на местность точки полярным способом сводится к построению полярного угла и определению длины полярного радиуса, откладываемого по данному направлению.

Построение полярного горизонтального угла заключается в отыскании и закреплении на местности направления, образующего с исходным направлением угол, равный проектному углу. Значение полярного угла берут с разбивочного чертежа (см. рис. 43). Например: разбивочный угол $\beta_3 = 16^\circ 54' 19''$. Согласно полученным расчетам требуется построить заданный угол с технической точностью. Построение угла будут производиться теодолитом 4Т30. Согласно разбивочному чертежу (см. рис.43) теодолит устанавливается над точкой I теодолитного хода и наводится на вешку,

установленную на точке II этого хода. При положении «круг лево» откладываем в заданном направлении угол β_3 . Отложив по направлению I–B длину полярного радиуса $d_{I-B} = 40,88$ (рис. 44), находим на местности положение точки B_1 . Повторяем измерения при круге право и определяем положение точки B_2 . Расстояние между точками B_1 и B_2 делим пополам и определяем положение точки B , которая соответствует проектному направлению (см. рис.44).

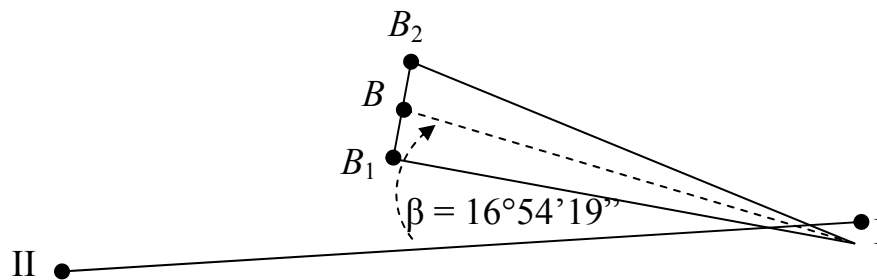


Рис. 44. Схема построение разбивочного угла с технической точностью

В тех случаях, когда m_β выше, чем точность теодолита, т.е. ($m_\beta < 30''$), проектный угол строится с повышенной точностью.

Например: $m_\beta = 22''$, строим угол в следующей последовательности.

а. Строим угол β с технической точностью (см. рис. 44).

б. Угол строим способом приемов, количество которых n вычисляем по формуле

$$n = t^2 / m_\beta^2,$$

где $t = 30''$ точность теодолита; m_β – точность построения угла.

Например: $n = (30'')^2 / (22'')^2 = 900 / 484 = 1,86 \approx 2$, т.е. n равно двум приемам.

в. Измерив, угол β двумя полными приемами, получаем угол β' .

Например:

$$\beta_1 = 16^\circ 54' 19''; \beta_2 = 16^\circ 54' 30''; \beta_3 = 16^\circ 54' 25''; \beta_4 = 16^\circ 54' 35'';$$

$$\beta' = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4) / 4 = 16^\circ 54' 27,25''.$$

г. Находим разность $\delta\beta = \beta - \beta' = 16^\circ 54' 19'' - 16^\circ 54' 27,25'' = -7,25''$, округляем полученное значение до секунд $\delta\beta = -7''$.

Измерив предварительно расстояние I – B рулеткой или дальномером, вычисляем линейную величину d , на которую необходимо переместить точку A, чтобы она попала в положение A_0 , т.е. на проектное направление.

Величину d находим по формуле

$$d = D_{I-B} \cdot (\delta\beta/p) = 40,88 \cdot (-7'' / 206265'') = -0,0014 \text{ м} = -1,4 \text{ мм},$$

где $p = 206265''$ – один радиан.

Отрезок d откладывают с помощью обычной линейки, от точки A , перпендикулярно направлению $III-A$.

е. Если, значение d положительное то его откладывают во внешнюю сторону угла, а если отрицательное, то во внутреннюю (рис. 45).

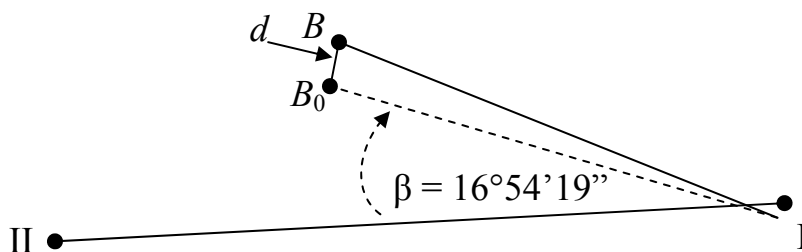


Рис.45. Схема построение разбивочного угла с повышенной точностью

Контрольные вопросы

1. Назовите основные методы подготовки данных для перенесения на местность проекта зданий и сооружений?

2. Раскройте сущность и назовите этапы разбивки зданий и сооружений.

3. Главные и основные оси здания. Их отличие.

4. Требуемая точность проектного положения точек главных и основных осей зданий и сооружений.

5. Как выполняют разбивку главных и основных осей зданий?

6. Какие существуют способы перенесения на местность осей зданий и сооружений?

7. Порядок перенесения на местность точек проекта способами прямоугольных и полярных координат.

8. Укажите схему перенесения точек проекта способами прямой угловой и линейных засечек.

9. Что вы знаете о точности перенесения на местность точек проекта различными способами.

10. Какие виды работ выполняются при перенесении проекта сооружения на местность в горизонтальной плоскости?

11. Что включает в себя термин графическая подготовка?

12. Как графически определяются прямоугольные координаты точек?

13. Как графически определяется дирекционный угол заданного направления?

14. Для чего проводится аналитическая подготовка?

15. Какие данные мы получаем при решении прямых и обратных геодезических задач?

16. Высотная геодезическая подготовка. Как определяются отметки точек?
17. Какие данные выносятся на разбивочный чертеж?
18. Для каких целей определяется точность разбивочных работ? Точность построения разбивочных углов.
19. Точность линейных измерений.
20. Как строятся на местности проектные горизонтальные углы (построение углов с технической точностью, с повышенной точностью)?

ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

К качеству выполнения расчетно-графических работ (РГР) предъявляются следующие требования:

1. Все расчеты должны быть тщательно выверены и отвечать требованиям, описанным в данном пособии.

2. Графическая часть должна быть выполнена правильно, аккуратно. Ошибки, обнаруженные преподавателям, должны быть исправлены.

3. Все чертежи должны быть выполнены с учетом правильного нанесения условных знаков, которые приведены в данном пособии и выдаются преподавателем каждому студенту на отдельном листе.

4. Все РГР защищаются у преподавателей, после защиты выставляется оценка.

5. Защита РГР должна быть выполнена в сроки оговоренном преподавателем.

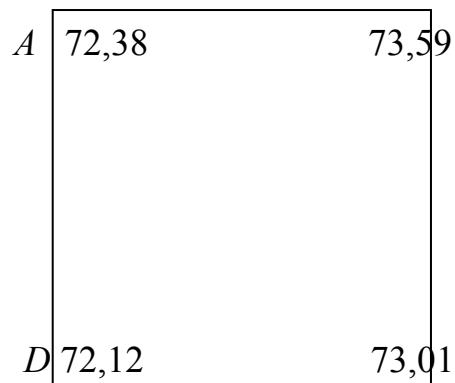
6. Помимо самой работы студенты отвечают на вопросы преподавателя, которые приведены в разделах пособия и в последующем разделе.

ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ

1. Форма и размеры земли. Что такое референц эллипсоид?
2. Дайте определение понятия карта. Чем план отличается от карты ?
3. Определить длину линии АВ на плане масштаба 1:5000, если на плане масштаба 1: 1000 длина линии равна 20 мм. Определить длину линии на местности.
4. Даны координаты точек $X_A=172,13$; $Y_A=728,07$ и $X_B=339,69$; $Y_B=644,25$, определить длину линии АВ и дирекционный угол линии АВ.
5. Даны координаты точки А: $X_A = 86, 41$, $Y_A = 979,62$ и координаты точки В: $X_B = 172,13$; $Y_B = 728,07$. Определить дирекционный угол линии АВ, и длину линии АВ.
6. Периметр замкнутого теодолитного хода 1100 м. Невязки в приращении координат $f_x = - 0,37$, $f_y = + 0,28$, допустимы ли эти невязки, доказать расчетом. Дано $1/N=1/2000$
7. Сумма измеренных углов в пятиугольном полигоне равна $539^{\circ}58'$. Верно ли измерены углы полигона? Ответ доказать расчетом.
8. Построить графически дирекционный угол линии 1-2, если румб линии 1-2 имеет значение $r_{103}=50^{\circ}$. Показать на рисунке дирекционный угол и румб обратного направления.
9. При теодолитной съемке выполняются следующие виды работ:
 - 1) рекогносцировка участка;
 - 2) измерение углов и длин сторон теодолитного хода;
 - 3) нанесение съемки на план;
 - 4) вычисление координат точек теодолитного хода;
 - 5) выполнение съемки подробностей;
 Укажите правильную последовательность.
10. Почему система высот в РФ называется Балтийской?
11. По данным результатов нивелирования (см. таблицу) определить отметки точек 2 и 3.

№ станции	№ точки	Задняя	Передняя	Промежуточная	Превышение	Среднее превышение	Горизонт прибора	Абсолютная отметка точки
1	1	0650						50,480
		5435						
	2		2702					
			7487					
	3			1600				

12. По отметкам вершин квадратов, провести линию нулевых работ и определить объемы насыпи и выемки. Длина стороны квадрата 5 см в масштабе 1: 2000.



13. Назовите способы геометрического нивелирования? Для чего измеряется высота прибора при нивелировании вперед?

14. Определить уклон по линии *A-B*, если отметка точки *A* равна (73,589 м), точки *B* (68,512 м), а горизонтальное проложение между ними равно 120 метрам. Привести рисунок.

15. Какой вид нивелирования более точный:

- 1) тригонометрическое нивелирование;
- 2) геометрическое нивелирование.

16. В каких случаях применяется способ параллельных линий, при нивелировании поверхности?

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инженерная геодезия [Текст]: учебник / под ред. Д.Ш. Михелева. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Академия, 2010.
2. Пономаренко, В.В. Геодезия [Текст]: учеб. пособие / В.В. Пономаренко, Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2015 – 124 с.
3. Хаметов Т.И. Геодезические работы в строительстве: учеб. пособие / Т.И. Хаметов, В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2015 – 104 с.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геодезические работы в строительстве [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений/Т.И. Хаметов, В.Я. Швидкий, В.В. Шлапак. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 303 с.
2. Инженерная геодезия [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений /Е.Б. Ключин, М.И. Кисилев, Д.Ш. Михилев, В.Д. Фельдман; под ред. Д.Ш. Михелева. – 8-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008.
3. Практикум по инженерной геодезии [Текст]: учебное пособие/ Т.И. Хаметов, Э.К. Громада, Э.К. Харьковова, Е.П. Тюкленкова. – 2-е изд., доп. – Пенза: ПГАСА, 2003. – 241 с.

Электронный ресурс

1. Пономаренко, В.В. Геодезические работы при изысканиях и проектировании линейных сооружений [Электронный ресурс]: мультимедийные методические указания к РГР №3 /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2010.
2. Пономаренко, В.В. Геодезическая подготовка и разбивочные работы при перенесении на местность осей сооружений [Электронный ресурс]: мультимедийные методические указания к РГР №4 / В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2010.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Расчетно-графическая работа №1	
СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА	
УЧАСТКА МЕСТНОСТИ	4
1.1. Задания и исходные данные	4
1.2. Расчет ведомости вычисления координат точек	
теодолитного хода	5
1.3. Построение координатной сетки и точек вершин теодолитного	
хода	12
1.4. Нанесение на план ситуации с абриса теодолитной съемки	14
1.5. Обработка результатов нивелирования по квадратам	19
1.6. Изображение рельефа местности горизонталями	
и оформление топографического плана	23
Контрольные вопросы	28
Расчетно-графическая работа №2	
СОСТАВЛЕНИЕ КАРТОГРАММЫ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ	29
2.1. Задание и исходные данные	29
2.2. Вычисление проектных, рабочих отметок и нанесение линий	
нулевых работ	29
2.3. Вычисление баланса земляных масс и площадей.	
Оформление картограммы земляных масс	33
Контрольные вопросы	36
Расчетно-графическая работа №3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ	
И ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ АВТОДОРОГИ	37
3.1. Задание и исходные данные	37
3.2. Вычисление главных элементов и пикетажных значений	
главных точек кривой	38
3.3. Обработка результатов нивелирования трассы	42
3.4. Построение продольного профиля местности	
по оси автодороги	49
3.5. Построение проектной оси трассы автодороги	52
3.6. Построение поперечного профиля автодороги	
и живого сечения реки	55
3.7. Детальная разбивка круговых кривых	56
Контрольные вопросы	58
Расчетно-графическая работа № 4.	
ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА И РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ ПРИ	
ПЕРЕНЕСЕНИИ НА СТРОЙПЛОЩАДКУ ОСЕЙ ЗДАНИЯ	60
4.1. Задания и исходные данные	60

4.2. Размещение проекта здания на топографическом плане и определение координат его основных осей	61
4.3. Расчеты, связанные с подготовкой данных разбивочного чертежа	64
4.4. Оформление разбивочного чертежа.....	67
4.5. Расчет точности разбивочных работ, выбор приборов и методики измерений.....	67
4.6. Перенесение на местность точек полярным способом.....	70
Контрольные вопросы	72
ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ	74
ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ.....	75
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	77
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	77

Учебное издание

Хаметов Тагир Ишмуратович

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Учебно-методическое пособие к расчетно-графическим работам

по направлению подготовки 08.05.01

«Строительство уникальных зданий и сооружений»

В авторской редакции

Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 8.10.16. Формат 60×84/16.

Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 5,0. Тираж 80 экз.

Заказ № 631.

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