МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

В.С.Боровских, А.М.Исламов, С.В.Степанов

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ
Составление топографического плана строительной площадки. Контрольная работа №1. Составление профиля трассы. Контрольная работа №2.

Учебно-методическое пособие
для выполнения контрольных работ №1 и №2 студентами очной и заочной формы обучения по направлению подготовки 08.03.01 Строительство»

Казань
2018

УДК 528.48
ББК 26.12
Б83

В.С.Боровских, А.М.Исламов, С.В.Степанов

Б83. Инженерная геодезия. Составление топографического плана строительной площадки. Контрольная работа № 1. Составление профиля трассы. Контрольная работа №2. Учебно-методическое пособие для выполнения контрольных работ студентами очной и заочной формы обучения по направлению подготовки 08.03.01. «Строительство». / В.С.Боровских, А.М.Исламов, С.В.Степанов.- Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2018. – 53 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета.

Учебно-методическое пособие предназначено студентам, обучающихся на дистанционной и заочной форме по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» для выполнения контрольных работ №1 и №2 по дисциплинам «Инженерная геодезия», «Инженерно-геодезические работы в транспортном строительстве», «Геодезические работы на строительной площадке».

Учебно-методическое пособие соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту.

Илл.18, табл. 7.

Рецензент:
Главный геодезист НПП ООО «РАСТР»
Н.М.Джепов

УДК 528.48
ББК 26.12

© Казанский государственный
Архитектурно-строительный
Университет, 2018

© Боровских В.С., Исламов А.М., Степанов С.В., 2018

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Знания и умения, приобретенные студентами в результате изучения дисциплины «инженерная геодезия», определяются в соответствии с профессиональными компетенциями бакалавра-строителя и потребностями строительного производства.

Бакалавр должен знать: состав и технологию геодезических работ, обеспечивающих изыскания, проектирование и строительство сооружений, основы выполнения разбивочных работ, геодезического контроля монтажа конструкций в процессе строительства и эксплуатации сооружений.

Бакалавр должен уметь: ставить перед геодезическими службами конкретные задачи, связанные с возведением строительного объекта на любом его этапе; курировать и направлять эти работы; квалифицированно использовать топографо-геодезические материалы для решения проектно-изыскательских задач; пользоваться основными геодезическими приборами, применяемыми на строительной площадке; самостоятельно выполнять геодезические измерения и топографические съемки небольших участков, отводимых под строительство; производить геодезические разбивочные работы и исполнительные съемки на строительной площадке, нивелировку трасс сооружений линейного типа; осуществлять контроль геометрической точности строительно-монтажных работ.

В основу изучения дисциплины положен действующий Федеральный Государственный общеобразовательный стандарт (ФГОС–3+) по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

Студенты-заочники изучают инженерную геодезию, слушая лекции и выполняя лабораторные работы в период установочных экзаменационных сессий, самостоятельно изучая учебную литературу, выполняя контрольные работы, а также с помощью консультаций. В процессе изучения курса студенты выполняют две контрольные работы, которые

представляются для рецензирования в установленные сроки. По дисциплине предусмотрены два зачета.

Успешному усвоению учебного материала по инженерной геодезии способствует посещение лекций и лабораторных занятий во время установочных и экзаменационных сессий. Учебники и учебные пособия предназначены для очной формы обучения и не учитывают специфику заочного обучения. Поэтому методические рекомендации преподавателя по изучению теоретического курса приобретают первостепенное значение.

Важный элемент заочного обучения – систематическая работа студента в межсессионный период. Студенты-заочники, руководствуясь программой курса, методическими рекомендациями преподавателя и настоящим учебно-методическим пособием, изучают самостоятельно учебник Д.Ш. Михелева «Инженерная геодезии».- М.: Академия, 2008.

Основной отчетный документ, определяющий качество изучения учебного материала, - контрольная работа. **Контрольные работы выполняются в соответствии с шифром (номер студенческого билета или зачетной книжки) студента и указаниями к выполнению работы.** При составлении ответов на контрольные вопросы и задания надо показать, что учебный материал проработан и усвоен. Ответы должны быть исчерпывающими и обоснованными, при необходимости дополнены чертежами и рисунками. Решения задач должны сопровождаться кратким пояснительным текстом, в котором указывается какая величина вычисляется и по какой формуле, какие числовые значения подставляются в формулы и откуда они берутся; надо показать ход решения задач. Оформлять контрольные работы следует аккуратно и четко, чертежи и планы вычерчивать в соответствии с условными знаками в масштабе и в цвете (возможно применение программных продуктов). После рецензирования контрольных работ студенту сообщается отзыв об их качестве.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1.
СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ.

Целью контрольной работы №1 является построение топографического плана по результатам геодезических измерений. Работа состоит из трех заданий, выполняемых в «Тетради для выполнения контрольной работы» или на листах писчей бумаги формата А4 с обязательным оформлением титульного листа. Решение всех задач, входящих в данную работу, высылаются на рецензирование одновременно.

ЗАДАНИЕ 1. **Вычисление исходных дирекционных углов; решение прямой геодезической задачи.**

ЗАДАЧА 1.1. Вычислить дирекционные углы линий ВС и СД, если известен дирекционный линии АВ и измеренные правые по ходу углы β_1 и β_2 (см. рис.1).

Исходный дирекционный угол линии АВ берется в соответствии с шифром и фамилией студента: число градусов равно двузначному числу, состоящему из двух последних цифр шифра; число минут равно 30.2 плюс столько минут, сколько букв в фамилии студента.

Например: Шуев, шифр – 1117529, α_{AB}=29˚34.2´.

Правый угол при точке В (между сторонами АВ и ВС) для всех вариантов равен, β_1=189˚59.2´ ; правый угол при точке С (между сторонами ВС и СД) для всех вариантов равен, β_2 =159˚28.0´ .

Дирекционные углы вычисляют по правилу: дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180˚ и минус горизонтальный угол, справа по ходу лежащий.

Следовательно:

$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + 180^\circ - \beta_1$;

$\alpha_{CD} = \alpha_{BC} + 180^\circ - \beta_2$.

Пример. Вычисление дирекционных углов выполняем столбиком:

α_{AB}.....	29˚34.2´+
	180˚
	209˚34.2´ -
	189˚59.2´
α_{BC}.....	19˚35.0´ +
	180˚
	199˚35.0´ -
	159˚28.0´
α_{CD}.....	40˚07.0´

Примечание. Если при вычислении уменьшаемое окажется меньше вычитаемого, то к уменьшаемому прибавляем 360˚. Если дирекционный угол получается больше 360˚, то из него вычитают 360˚.

ЗАДАЧА 1.2. Решение прямой геодезической задачи.

Найти координаты Хс и Ус точки С (см. рис.1), если известны координаты точки В, равные Хв=-14.02 м, Ув=+627.98 м, длина (горизонтальное проложение) линии ВС, равное $d_{вс}$=239.14 м и дирекционный угол линии ВС. Дирекционный угол линии ВС следует взять из решения предыдущей задачи.

Координаты точки С вычисляются по формулам:

$$Хс=Хв+\Delta Хвс,\ Ус=Ув+\Delta Увс,$$

где ΔХвс и ΔYвс – приращения координат, вычисляемые из соотношений:

$$\Delta X_{bc}=d_{bc} \times \cos \alpha_{bc},\ \Delta y_{bc}=d_{bc} \times \sin \alpha_{bc}.$$

Вычисление приращений координат рекомендуется вести на ПЭВМ или микрокалькуляторах. В этом случае знаки приращений координат устанавливаются в зависимости от знаков sin и cos.

Приращения координат можно вычислить, предварительно переведя дирекционные углы в румбы, пользуясь табл.1. Тогда знаки вычисленных приращений координат определяют по названию румба, руководствуясь также табл.1.

Таблица 1

Связь дирекционных углов и румбов, знаки приращений координат

Четверть		Формула перевода	Знаки приращений координат	
Номер	название		ΔX	ΔY
I	СВ	r = α	+	+
II	ЮВ	r = 180˚ - α	-	+
III	ЮЗ	r = α - 180˚	-	-
IV	СЗ	r = 360˚ - α	+	-

Пример. Дано d_{bc}=239.14 м, α_{bc}=19˚35′. Выполнив вычисления, получаем ΔX_{bc}=+225.31 м и ΔY_{bc}=+80.15 м.

Координаты точки С получаем алгебраическим сложением координат точки В с приращениями по линии ВС, действуя по схеме

$X_c=X_b + \Delta X_{bc}$=-14.02+225.31=+211.29 м,

$Y_c=Y_b + \Delta Y_{bc}$=+627.98+80.15=+708.13 м.

Задачи решают в тетради, решение каждой из них должно сопровождаться схематичным чертежом, соответствующим выполняемому варианту.

В задаче 1.1 пример подобран так, что вычисленный дирекционный угол $\alpha_{сд}$ последней линии должен получится на 10˚32.8′больше, чем исходный дирекционный угол $\alpha_{ав}$. Это должно служить контролем правильности решения задачи 1.1.

Решение задачи 1.2 непосредственно не контролируется. К ее решению необходимо подойти особенно внимательно, так как вычисленные координаты точки С будут использоваться в задании 2.

ЗАДАНИЕ 2. **Составление топографического плана строительной площадки.**

По данным полевых измерений выполнить обработку и вычертить топографический план строительной площадки в масштабе 1:2000 с высотой сечения рельефа 1 м.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.

1. Для съемки участка на местности между двумя пунктами полигонометрии П38 и П319 проложен теодолитно-высотный ход. В нем измерены длины всех сторон (рис. 2), а на каждой вершине хода – правый по ходу горизонтальный угол и углы наклона на предыдущую и последующую вершины. Результаты измерений горизонтальных углов и длин линий даны в табл.2, а результаты тригонометрического нивелирования даны в табл.4 и 4а. Эти данные являются общими для всех вариантов. Измерение углов проводилось оптическим теодолитом 4Т30П с точностью отчетов 0.5´ .

Таблица 2

Результаты измерений углов и длин сторон

№ вершин	Измеренные углы (правые)		Длины сторон (гор. Проложения), в м.
	°	´	
П38	330	59.2	
1	50	58.5	263.02
11	161	20.0	239.21
111	79	02.8	269.80
П319	267	08.2	192.98

2. Известны координаты полигонометрических пунктов П38 и П319 (т.е. начальной и конечной точек хода): $X_{п38}$=-14.02 м, $Y_{п38}$=+627.98 для всех вариантов; $X_{п319}$ принимается равным X_c, а $Y_{п319}$-значению Y_c, полученные при решении задачи 2 в задании 1.

Известны также исходный α_o и конечный α_n дирекционные углы:

α_o – дирекционный угол направления П37 – П38 берется в соответствии с шифром и фамилией студента также, как и в задании 1. Таким образом $\alpha_o = \alpha_{ав}$;

α_n - дирекционный угол стороны П319 – П320 для всех студентов принимается равным дирекционному углу линии CD, вычисленному в задача 1, т.е. $\alpha_n = \alpha_{cd}$. Так в нашем примере $\alpha_o = \alpha_{ав}$ =29˚34.2´, $\alpha_n = \alpha_{cd}$ =40˚07.0´.

3. Отметки пунктов П38 и П319 были получены из геометрического нивелирования. При выполнении же задания значение отметки П38 следует принять условно: количество целых метров в отметке должно быть трехзначным числом, в котором количество сотен метров равно единице, а количество десятков и единиц метров составляют две последние цифры шифра студента. В дробной части отметки (дм, см, мм) ставятся те же цифры, что и в целой части например: **Шуев – шифр – 1117529, то отметка пункта П38 будет равна 129.129 м. Отметка П319 для всех студентов принимается на 3.282 м больше отметки П38.**

4. При съемке участка местности были составлены абрисы съемки, показанные на рис. 3 (а и б) и рис. 4 (а, б, в ,г).

УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ.

1. Обработка ведомости вычисления координат вершин хода.

1.1. Увязка угловых измерений.

Значения измеренных углов записывают в графу 2 ведомости вычисления координат (см. табл.3). В графе 4 записывают и подчеркивают

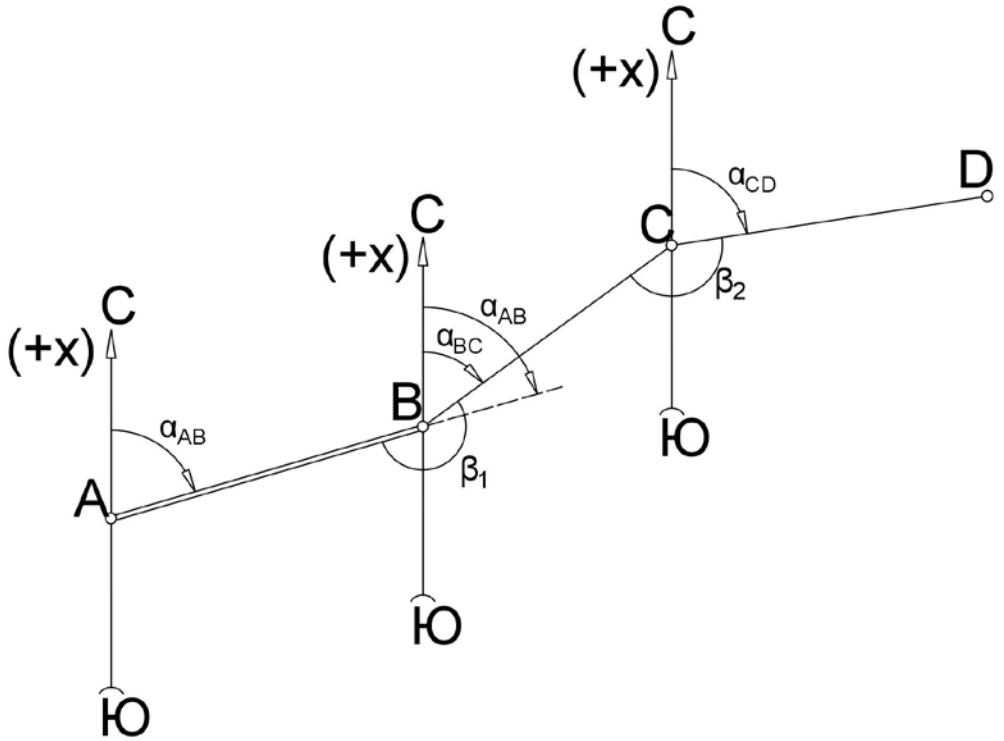


Рис.1 К вычислению дирекционных углов сторон теодолитного хода

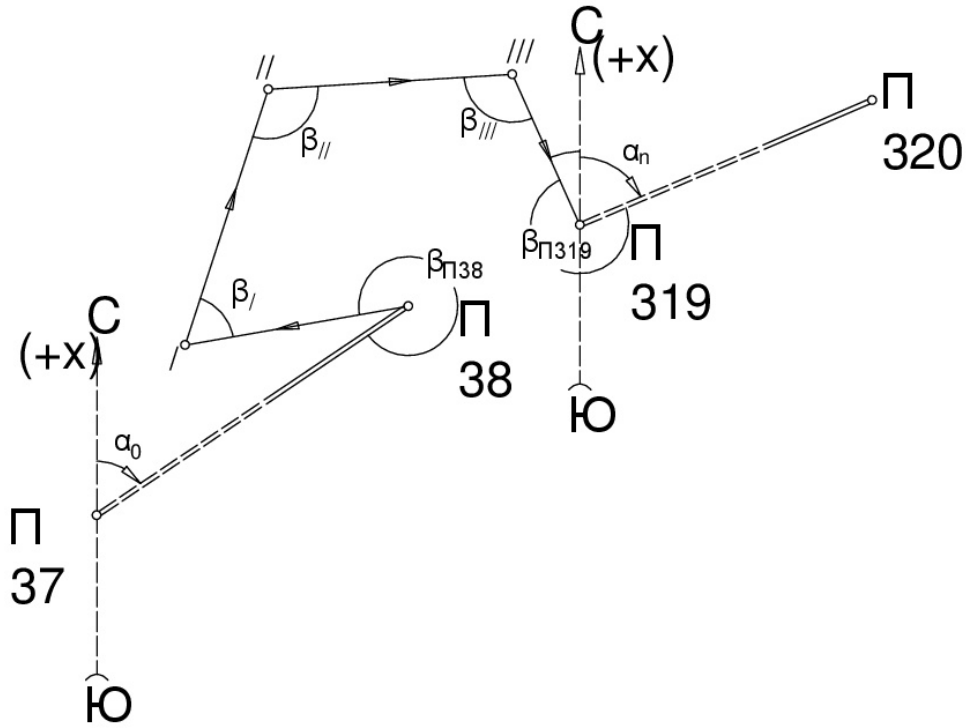


Рис. 2 Схема теодолитного хода съемочного обоснования

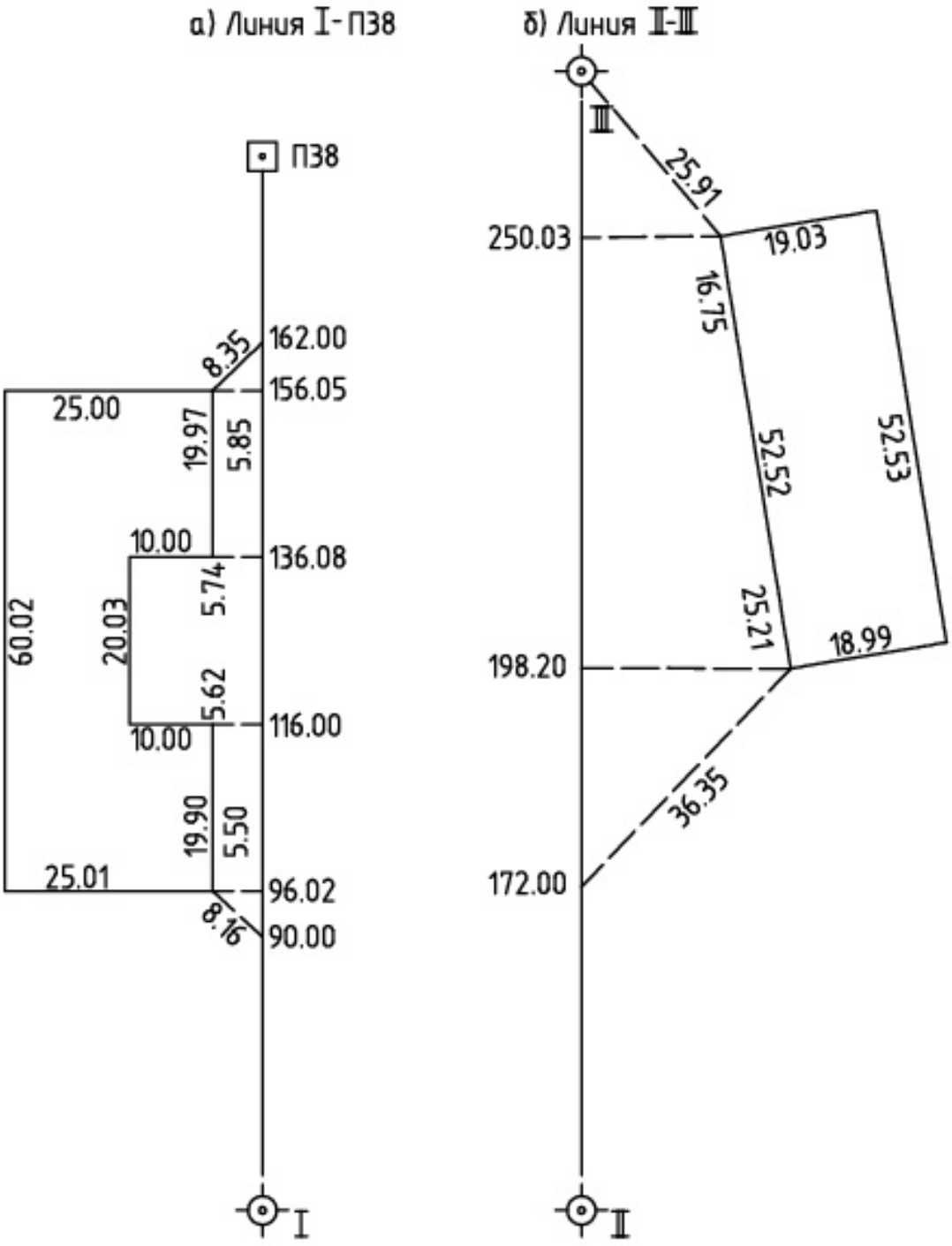


Рис. 3 Абрисы съемки зданий

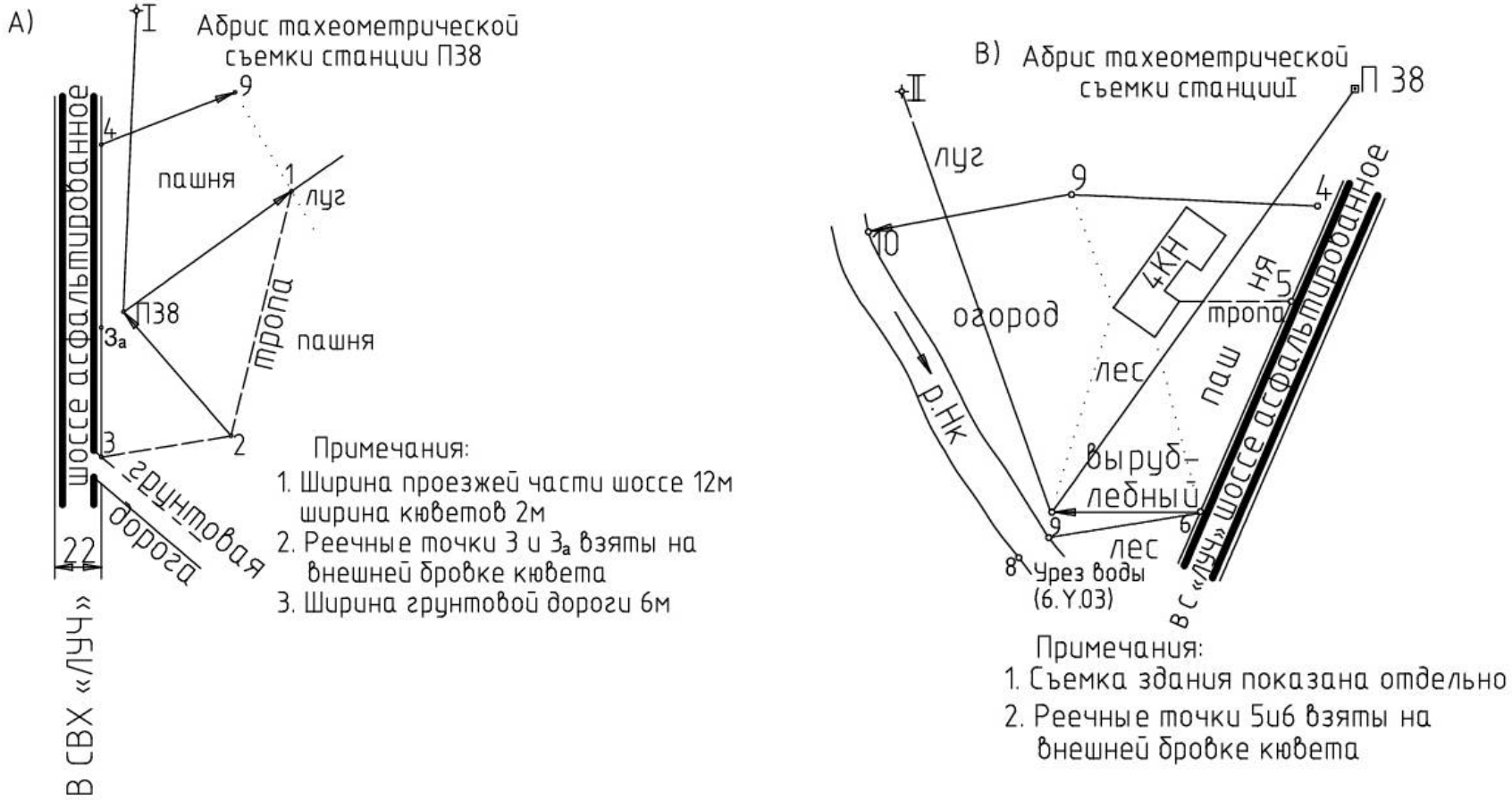
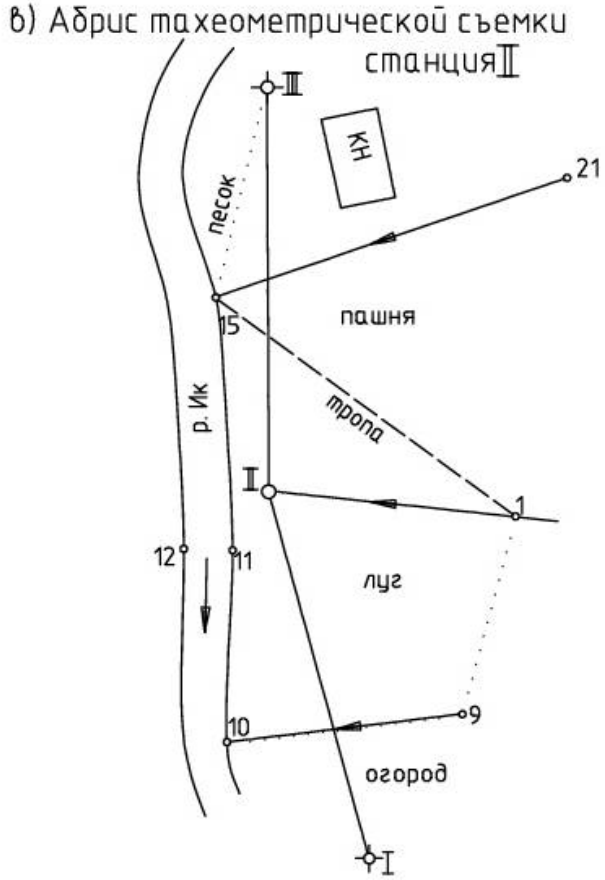


Рис. 4 Абрисы съемки



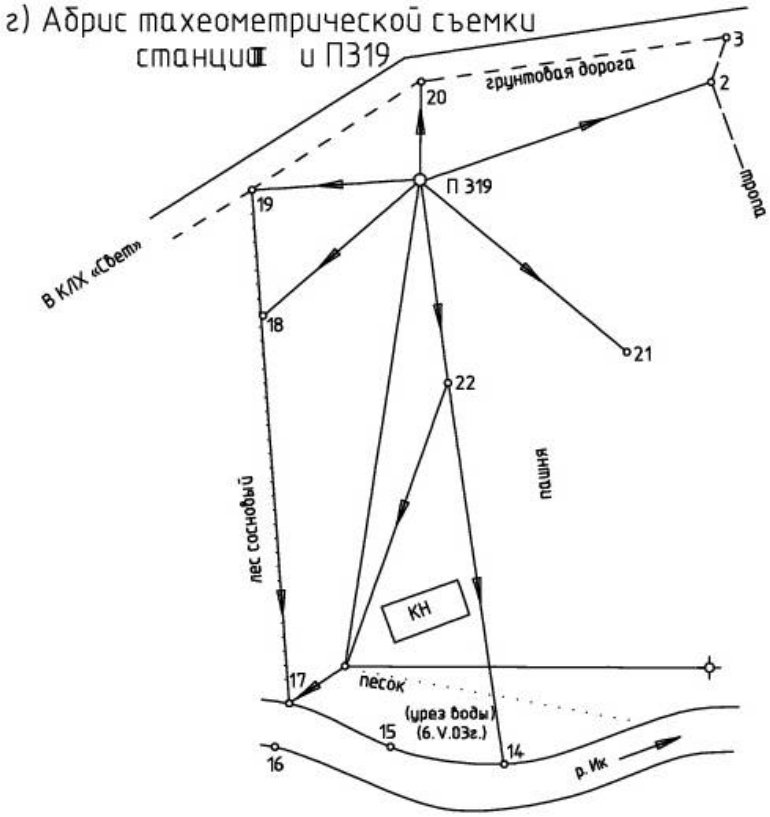


Рис. 4 Абрисы съемки

исходный дирекционный угол α_o на верхней строчке и конечный дирекционный угол α_n на нижней строчке. Вычисляют сумму измеренных углов хода $\Sigma\beta_{пр}$. Определяют теоретическую сумму углов по формуле:

$\Sigma\beta_т = \alpha_o - \alpha_n + 180^\circ \times n$, здесь n – число вершин хода.

Находим угловую невязку: $f_\beta = \Sigma\beta_{пр} - \Sigma\beta_т$.

Если невязка f_β не превышает допустимой величины: $f_{\beta\ доп.} = 1' \times \sqrt{n}$, то ее распределяют с обратным знаком поровну на все углы хода с округлением значений поправок до десятых долей минуты. Исправленные этими поправками углы записывают в графу 3 ведомости. Сумма исправленных углов должна равняться теоретической сумме.

1.2. Вычисление дирекционных углов и румбов сторон хода.

По исходному дирекционному углу α_o и исправленным значениям углов β хода по формуле для правых углов вычисляют дирекционные углы всех остальных сторон: дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180° и минус правый исправленный угол хода, образованный этими сторонами.

Например:

$\alpha_{пз8\text{-}1} = \alpha_o + 180^\circ - \beta_{пз8} = 29^\circ 34.2' + 180^\circ + 360^\circ - 330^\circ 58.9' = 238^\circ 35.3'$.

Для контроля вычисления дирекционных углов следует найти конечный дирекционный угол α_n по дирекционному углу $\alpha_{111\text{-}пз19}$ последней стороны и исправленному углу $\beta_{пз19}$ (см. рис.2):

$\alpha_n = \alpha_{111\text{-}пз19} + 180 - \beta_{пз19}$.

Это вычисленное значение α_n должно совпасть с заданным дирекционным углом α_n. При переходе от дирекционных углов к румбам см. табл.1.

Значения дирекционных углов записывают в графу 4 ведомости с точностью до десятых долей минут, а румбов – в графу 5, при этом

значения румбов округляют до целых минут.

1.3 Вычисление приращений координат.

Приращения координат вычисляют по формулам: $\Delta X = d_x \cos \alpha = d_x \cos r$; $\Delta Y = d_x \sin \alpha = d_x \sin r$; так же, как в задаче 1.2 задания 1.

Вычисленные значения приращений координат ΔX и ΔY выписывают в графу 7 и 8 ведомости с точностью до сотых долей метра. Знаки приращений координат устанавливают в зависимости от знаков $\sin \alpha$ и $\cos \alpha$, либо по названию румба, руководствуясь табл.1. В каждой из граф складывают все вычисленные значения ΔX и ΔY, находя практические суммы приращений координат $\Sigma \Delta X_{пр}$ и $\Sigma \Delta y_{пр.}$

1.4. Нахождение абсолютной и относительной линейных невязок хода; увязка приращений координат.

Сначала вычисляют невязки f_x и f_y в приращениях координат по осям x и y:

$$f_x = \Sigma \Delta X_{пр} - \Sigma \Delta X_т ; \; f_y = \Sigma \Delta y_{пр} - \Sigma \Delta y_т ;$$

где $\Sigma \Delta X_т = X_{кон.} - X_{нач.}$, $\Sigma \Delta y_т = Y_{кон.} - Y_{нач.}$

Теоретические суммы приращений координат вычисляются как разность абсцисс и ординат конечной ПЗ19 и начальной ПЗ8 точек хода. Координаты начальной и конечной точек хода записывают в графах 11 и 12 и подчеркивают.

Абсолютную линейную невязку ΔP хода вычисляют по формуле:

$$\Delta P = \sqrt{f^2_x + f^2_y}$$

и записывают с точностью до сотых долей метра.

Относительная линейная невязка $\Delta P/P$ хода (P - сумма длин сторон хода) выражается простой дробью с единицей в числителе. Если относительная невязка окажется меньше допустимой 1/2000, то невязки f_x и f_y распределяют, вводя поправки в вычисленные приращения координат. Поправки в приращения распределяют прямо пропорционально длинам сторон, записывают в графе 6, и вводят со знаком, обратным знаку соответствующей невязки. Значения поправок округляют до сотых долей

метра и записывают в ведомости над соответствующими приращениями, следя за тем, чтобы суммы поправок в ΔX и Δy равнялись соответственно невязкам f_x или f_y с противоположным знаком. Исправленные приращения координат записывают в графы 9 и 10; суммы исправленных приращений координат должны быть равны соответственно $\Sigma\ \Delta X_т$ и $\Sigma\ \Delta y_т$.

Пример в задании подобран так, чтобы невязка $\Delta P/P$ получилась допустимой. Если эта величина окажется больше 1/2000, значит в вычислениях допущена ошибка. Чаще всего ошибки встречаются при вычислениях дирекционных углов, при переводе дирекционных углов в румбы, в знаках приращений и при вычислении приращений.

1.5. Вычисление координат вершин хода.

Координаты вершин хода получают путем последовательного алгебраического сложения координат предыдущих вершин с соответствующими исправленными приращениями:

$$X_1 = X_{пз8} + \Delta X_{пз8\text{-}1}\ ;\ X_{11} = X_1 + \Delta X_{1\text{-}11} \text{ и т. д.}$$

Аналогично вычисляют координаты по оси ординат. Контролем правильности вычислений являются полученные известные координаты конечной точки ПЗ19 хода.

2. Обработка тахеометрического журнала.

В табл.4 приведена часть журнала тахеометрической съемки, в котором студент должен обработать результаты измерений, выполненных на станции ПЗ19.

2.1. Вычисление место нуля вертикального круга и углов наклона.

Из отсчетов по вертикальному кругу при «круге лево» (кл) и «круге право» (кп) на предыдущую и последующую станции дважды вычисляют место нуля (МО). Для оптического теодолита 4Т30П, которым была выполнена тахеометрическая съемка, МО вычисляют по формуле: МО=(КЛ+КП)/2.

Таблица 3

Ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода

№ вершин хода	Измеренные углы		Исправленные углы		Дирекционные углы		Румбы r			Длины линий (гориз. пролож.) d	Приращения координат, м								Координаты				№ вершин хода
											Вычисленные				Исправленные								
	°	′	°	′	°	′	назв	°	′		±	Δx	±	Δy	±	Δx	±	Δy	±	x	±	y	
1	2		3		4		5			6	7		8		9		10		11		12		13
ПЗ 7	-	-	-	-	29	34,2	-	-	-											-		-	ПЗ 7
ПЗ 8	330	-0,3 59,2	330	58,9	238	35,3	ЮЗ	58	35	263,02	-	+6 137,10	-	-5 224,46	-	137,04	-	224,51	-	14,02	+	627,98	ПЗ 8
I	50	-0,3 58,5	50	58,2	7	37,1	СВ	7	37	239,21	+	+5 237,10	+	-4 31,71	+	237,15	+	31,67	-	151,06	+	403,47	I
II	161	-0,3 20,0	161	19,7	26	17,4	СВ	26	17	269,80	+	+6 241,91	+	-5 119,47	+	241,97	+	119,42	+	86,09	+	435,14	II
III	79	-0,3 02,8	79	02,5	127	14,9	ЮВ	52	45	192,98	-	+4 116,81	+	-4 153,61	-	116,77	+	153,57	+	328,06	+	554,56	III
ПЗ19	267	-0,3 08,2	267	07,9	40	07,0	-	-	-										+	211,29	+	708,13	ПЗ19
ПЗ20	-	-	-	-																-		-	ПЗ20
$\Sigma\beta_{пр}$	889	28,7	889	27,2	$\Sigma\beta_т = a_0 - a_n + 180^\circ \times n =$ $29^\circ 34{,}2' - 40^\circ 07{,}0' +$ $+ 180^\circ \times 5 = 889^\circ 27{,}2'$					P = 965,01	+	479,01	+	304,79	+	479,12	+	304,66					
$\Sigma\beta_т$	889	27,2	889	27,2							-	253,91	-	224,46	-	253,81	-	224,51					
f_β	+0	01,5	0	00,0						$\Sigma\Delta_{пр}$	+	225,10	+	80,33									
$f_{\beta дон}$	±0	02,2			$f_{\beta дон} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 1' \sqrt{5} =$ $= \pm 0^\circ 02.2'$					$\Sigma\Delta_т$	+	225,31	+	80,15	+	225,31	+	80,15					
										f	-	0,21	+	0,18									
											$\Delta P = \sqrt{f^2_x + f^2_y} = \sqrt{(0{,}21)^2 + (0{,}18)^2} \approx 0{,}28$ м												
											$(\Delta P / P) = (0{,}28 / 965{,}01) \approx (1 / 3400) < 1 / 2000$												

При наведении со станции ПЗ19 на станцию 111:

МО=(-1° 34 ′ + 1° 35.5′)/2 =+0° 00.75′ = +0°00.8′.

Углы наклона ν на предыдущую и последующую точки теодолитно-высотного хода вычисляют с контролем по формуле:

ν = (КЛ – КП)/2=КЛ – МО= МО – КП,

и записывают со своим знаком (плюс или минус) в графу 6.

При наблюдении со станции ПЗ19 на станцию 111 угол наклона:

ν =(-1° 34 ′-1° 35.5′)/2= -1° 34.75′= -1° 34.8′,

ν =-1° 34 ′-0° 00.75′= -1° 34.75′= -1° 34.8′,

ν =+0° 00.75 ′-1° 35.5′= -1° 34.75′= -1° 34.8′.

Значение МО для направления на ПЗ20 следует вычислить самостоятельно. Полученные на станции ПЗ19 два значения МО не должны различаться более чем на двойную точность отсчетного приспособления теодолита; записывают их в графе 5 табл.4 на соответствующих строчках. Далее из этих двух значений МО выводят среднее арифметическое, округляют до целых минут и используют для вычисления углов наклонов на реечные точки:

$$\nu = КЛ – МО.$$

Углы наклона на реечные точки также записывают в графу 6 табл.4.

2.2 Вычисление горизонтальных проложений и превышений.

Значения горизонтальных расстояний между вершинами теодолитно-высотного хода переписывают в графу 7 табл.4 из ведомости вычисления координат (табл.3). Вычисление горизонтальных проложений d от станций до реечных точек производят по значениям расстояний D′ (табл.4, графа 2), полученных по нитяному дальномеру по формуле:

$$d = D'_x \cos^2 \nu.$$

Превышения h точек относительно станции вычисляют по формуле:

$$h = h' + i – l,$$

где i – высота прибора на станции, l – высота наводки на рейку (табл.4, графа 9).

При вычислениях превышений по сторонам теодолитно-высотного хода, длины которых измерены стальной землемерной лентой:

$$h' = d \times tg\, \nu.$$

При определении превышений на реечные точки, расстояния до которых измерялись по нитяному дальномеру:

$$h' = (D'/2) \times \sin 2\nu.$$

Для вычислений d и h лучше использовать микрокалькулятор. Значения горизонтальных проложений d записывают в графу 7 журнала с округлением до десятых долей метра. Если угол наклона меньше 2°, то горизонтальное проложение принимают практически равным измеренному расстоянию.

Вычисленные значения h ′ записывают в графу 8 с округлением до сотых долей метра. В графу 10 записывают значения превышений h. Если при визировании на точку труба теодолита наводилась на высоту, равную высоте прибора (i=l), то h = h ′ и значения превышений из графы 8 без изменений переписывают в графу 10.

Результаты измерений, выполненных на станциях ПЗ8, 1,11 и 111, обработаны почти полностью и для этих станций, вместо журнала тахеометрической съемки, в табл. 4а приведена выписка из его граф 1,3,7,10,11 и 12. Данные в графах 1-4 этой таблицы – общие для всех студентов, а отметки станций и реечных точек в графах 5,6 каждый студент находит самостоятельно.

2.3 Вычисление отметок станций.

Вычисление отметок станций выполняют в «Ведомости увязки превышений теодолитно-высотного хода и вычисления отметок станций» (табл. 5). Известные отметки $H_{пз8}$ и $H_{пз19}$, округленные до сотых долей метра , записывают в графу 8 на первой и последней строчках ведомости.

Из журнала тахеометрической съемки выписывают значения прямых $h_{пр}$ и обратных $h_{обр}$ превышений по сторонам хода, вычисляют средние значения $h_{ср}$ этих превышений. Затем вычисляют сумму $\Sigma h_{ср}$ полученных превышений. Теоретическое значение суммы превышений равно разности известных отметок конечной и начальной точек хода: $\Sigma h_т = H_{кон} - H_{нач}$ . .Потом находят невязку хода $f_h = \Sigma h_{ср} – \Sigma h_т$ и ее допустимое значение по формуле:

$$f_{hдоп} = 0.20 \text{ м} \times \sqrt{L},$$

где L – длина хода в км.

В графе 6 ведомости в превышения введены поправки пропорционально длинам сторон хода. Данные в графах 1-7 и 9 – общие для всех студентов; отметки в графе 8 вычисляются студентом самостоятельно. Отметки станций вычисляют по известной отметке $H_{пз8}$ станции ПЗ8 и исправленным превышениям $h_{испр}$ последовательно от начальной до конечной точек: $H_1 = H_{пз8} + h_{пз8\text{-}1}$; $H_{11} = H_1 + h_{1\text{-}11}$ и т.д. Результаты вычислений записывают в графу 8.

Контролем правильности вычислений является получение известной отметки станции ПЗ19, записанной ранее в графу 8.

2.4. Вычисление отметок реечных точек.

Вычисленные отметки станций переписывают в графу 11 табл.4 и графу 5 табл.4а на одной строчке с номером той станции, к которой данная отметка относится. Отметки станций подчеркивают.

Отметки реечных точек на каждой станции студент вычисляет самостоятельно путем алгебраического сложения отметки данной станции с соответствующими превышениями. Полученные отметки записывают в графу 11 табл. 4 и в графу 6 табл. 4а.

3. Построение топографического плана.

3.1. Построение координатной сетки

Координатную сетку в виде квадратов со стороной по 10 см

вычерчивают на листе ватмана размером не менее 40 х 40 см. Необходимое количество квадратов сетки рассчитывают, исходя из полученных значений координат вершин теодолитного хода (см. табл.3) и масштаба построения плана 1:2000.

Сетку вычерчивают остро отточенным карандашом. Построение координатной сетки необходимо тщательно проконтролировать. Пользуясь циркулем-измерителем, сравнивают между собой диагонали квадратов. Расхождения в их длинах допускается не более 0.2 мм. Если расхождения получаются больше, сетку строят заново.

Координатную сетку оцифровывают так, чтобы теодолитный ход размещался примерно в середине листа бумаги. Так, для примера, приведенного в «Ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода» (табл.3), была бы удобна оцифровка, показанная на рис. 5,а.

3.2. Построение теодолитного хода по координатам его вершин.

Вершины хода наносят на план по их вычисленным координатам (табл. 3, графы 11,12) с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки. Например, требуется нанести точку с координатами X=-14.02 м и Y=+627.98 м . Сначала выясняют в каком квадрате должна лежать эта точка: по оси X точка должна находится между линиями сетки с абсциссами 0 и –200, а по оси Y – между линиями сетки с ординатами +600 и +800 (рис.5,а). От линии с абсциссой 0 по вертикальным сторонам квадрата откладывают вниз расстояние 14.02 м (рис. 5,б) и проводят линию параллельно линии с абсциссой 0 м. Вдоль этой линии от вертикальной линии сетки с ординатой +600 откладывают вправо расстояние 627.98 – 600 = 27.98 м.

Полученную точку отмечают слабым наколом иглы циркуля-измерителя и обводят окружностью диаметром 1.5 мм; внутрь этой окружности никакие линии проводить нельзя.

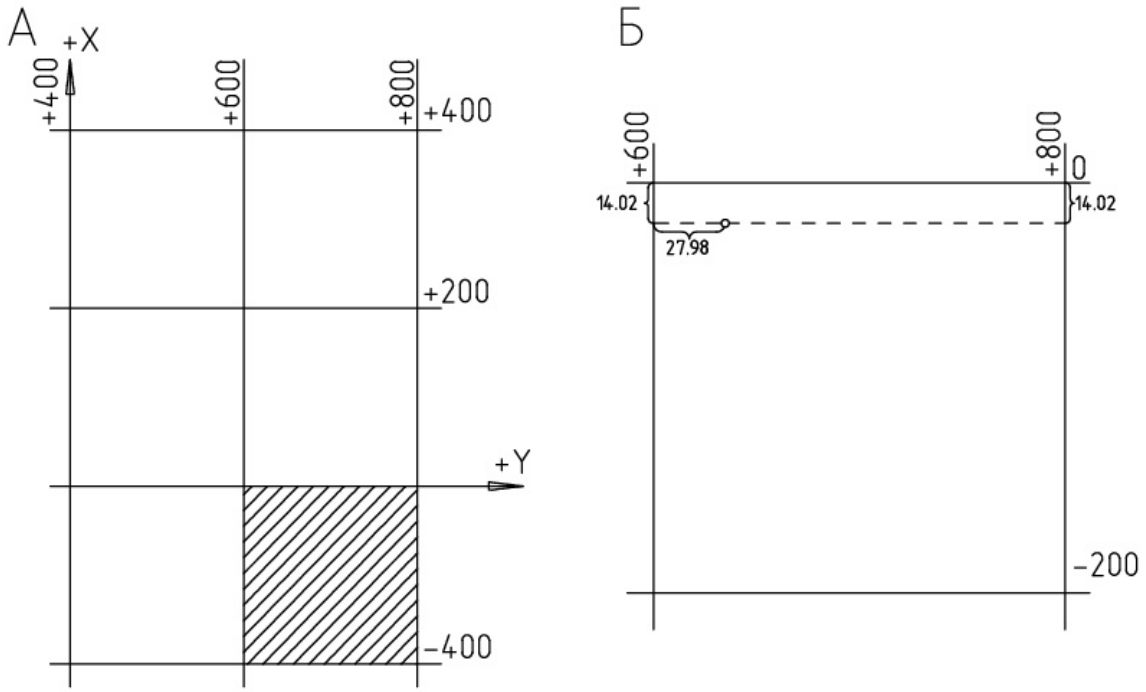


Рис. 5 Построение по координатам точек планового съемочного обоснования:

А – оцифровка координатной сетки;

Б – построение точки по координатам

Рядом в виде дроби записывают: в числителе – номер точки, а в знаменателе – взятую из табл. 5 ее отметку с точностью до сотых долей метра.

Нанесение точек хода необходимо проконтролировать. Для контроля измеряют расстояния между нанесенными вершинами: получившиеся на плане длины сторон хода должны отличатся от записанных в графе 6 ведомости вычислений координат не более чем на 0.2 мм в масштабе составляемого плана.

Последующие графические работы по составлению плана каждый студент выполняет по одному из двух вариантов «а» или «б».

3.3. Нанесение на план реечных точек.

Реечные точки наносят на план с помощью циркуля-измерителя, масштабной линейки и транспортира. Данные для нанесения берут из

тахеометрического журнала (табл.4 и 4а).

Вариант «а»: студенты, фамилии которых начинаются с букв А,Б,В,…,К, наносят реечные точки 1,3а,4-12, так как им следует изобразить ситуацию и рельеф местности в пределах участка, ограниченного линией ПЗ8 – 11, рекой и шоссейной дорогой.

***Вариант «б»*:** студенты, фамилии которых начинаются с букв Л.М,Р,…,Я, наносят реечные точки 1-3,3а,11-22, изображая ситуацию и рельеф в пределах участка, ограниченного линией ПЗ8-11, рекой, линией 17-19, грунтовой и шоссейной дорогами.

При съемке на станции ПЗ8 лимб теодолита был ориентирован по направлению на станцию 1 (отсчет по горизонтальному кругу на станцию 1 равен 0˚00´ - табл. 4а, графа 2). С помощью транспортира вправо по ходу часовой стрелки от направления ПЗ8 – 1 откладывают горизонтальные углы (отсчеты по горизонтальному кругу), измеренные при визировании на реечные точки 1,2,3,3а и 4 (см. рис. 6). Получив на плане направления на эти реечные точки, от станции ПЗ8 по ним откладывают в масштабе 1:2000 значения соответствующих горизонтальных расстояний (табл. 4а, графа 3).

При съемке со станций 1, 11,111, ПЗ19 лимб ориентировали по направлению на предыдущую заднюю станцию. Поэтому при нанесении реечных точек на план горизонтальные углы на этих станциях надо откладывать по часовой стрелке от направления на предыдущую станцию (рис. 7).

Нанесенную на план реечную точку отмечают слабым наколом иглы циркуля-измерителя и обводят кружочком диаметром 1.0 мм. Рядом карандашом подписывают в виде дроби номер точки и ее отметку с округлением до сотых долей метра. Реечные точки 7, 10, 13-15 и 17, в которых были определены отметки уреза воды в реке, надо обвести окружностями диаметром 1.2 мм , указав отметки уреза воды с точностью

Таблица 4.

Тахеометрический журнал.

Номера точек наблюдения	Отсчеты					Место нуля М 0	Угол наклона *v*		Горизонтальное проложение $d=D'cos^2v$	$h'=(D'/2)\sin 2v$ Или $h'=d\,tg\,v$	Высота наводки *l*	Превышение $h=h'+i-l$	Отметки *H*	примечания
	По нитяному дальномеру $D'=Kn$	По горизонтальному кругу		По вертикальному кругу										
		°	′	°	′		°	′						
1	2	3		4		5	6		7	8	9	10	11	12
				Станция ПЗ 19, *i* = 1,40									**<u>132,41</u>**	Оптический теодолит 4Т30 № 45686 с точностью отсчетов по шкаловому микроскопу 0,5’.
ПЗ 20	-	-	-	КП 0	32,5									
III	-	-	-	1	35,5									
ПЗ 20	-	-	-	КЛ –0	30,5	…	-	-	-	-	3,00	-	-	
III	-	0	00	-1	34	+0,8’	-1	34,8	192,98	-5,32	3,00	-6,92	-	Коэффициент нитяного дальномера *K* = 100,0; постоянное слогаемое *c* ≈ 0
18	86,2	29	31	-2	05						l = i		…	
19	56,2	69	28	-2	16						l = i		…	Съемка произведена 6.05.17
20	48,0	165	26	-3	23						l = i		…	
21	103,2	288	07	-0	52						*3,00*		…	
22	60,3	340	11	-2	49						l = i		…	

Таблица 4а.

Выписка из тахеометрического журнала.

Номера точек наблюдения	Отсчеты по горизонтальному кругу		Горизонтальные проложения	Превышения	Отметки		Примечания
	°	′			станций	Реечных точек	
1	2		3	4	5	6	7
			Станция ПЗ 8		**129,13**		
I	0	00	-	-4,17			
1	57	50	111,2	-2,32		126,81	т. 3 – на грунтовой дороге
2	140	05	61,8	+0,20		129,33	
3	181	10	66,0	-		-	
3а	238	00	13,6	-		-	
4	345	00	82,1	+0,05		129,18	
			Станция 1		**124,95**		
II	-	-	-	-0,30			
ПЗ 8	0	00	-	+4,13			
5	13	00	149,6	+4,05		129,00	т. 7,8 – на линии уреза воды
6	52	05	68,0	+2,02		126,97	
7	148	30	11,8	-0,80		124,15	
8	175	58	25,2	-		-	
9	327	45	147,8	+2,06		127,01	
			Станция II		**124,65**		
III	-	-	-	+0,90			
I	0	00	-	+0,26			т. 10 – 13 – на линии уреза воды
10	27	08	98,3	-0,23		124,42	
11	50	28	24,6	-		-	
12	66	48	34,4	-		-	
13	182	43	62,1	-0,03		124,62	
			Станция III		**125,53**		
ПЗ 19	-	-	-	+6,87			
II	0	00	-	-0,92			т. 14 – 17 – на линии уреза воды
14	24	41	102,8	-0,76		124,77	
15	56	23	44,1	-0,63		124,90	
16	128	00	38,0	-		-	
17	143	19	25,6	-0,60		124,93	

Таблица 5.

Ведомость увязки превышений теодолитно-высотного хода и вычисления отметок станций.

Номера станций	Горизонтальные проложения *d*	Превышения			Поправки в превышения	Исправленные превышения *h*испр	Отметки станций *H*	Номера станций
		Прямые *h*пр	обратные *h*обр	средние *h*ср				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ПЗ 8							129,13	ПЗ 8
	263,02	-4,17	+4,13	-4,15	-0,03	-4,18		
I							124,95	I
	239,21	-0,30	+0,26	-0,28	-0,02	-0,30		
II							124,65	II
	269,80	+0,90	-0,92	+0,91	-0,03	+088		
III							125,53	III
	192,98	+6,87	-6,92	+6,90	-0,02	+6,88		
ПЗ 19							132,41	ПЗ 19
P=	965,01			+7,81 -4,43	-0,10	+7,76 -4,48		
			∑*h*ср=	+3,38	∑*h*испр=	+3,28		

$$\sum h_т = H_{ПЗ\ 19} - H_{ПЗ\ 8} = 132{,}41 - 129{,}13 = +3{,}28$$

$$f_h = \sum h_{ср} - \sum h_т = +3{,}38 - (+3{,}28) = +0{,}10$$

$$f_{h доп} = \pm 0{,}20\ м \sqrt{L} = \pm 0{,}20\ м.$$

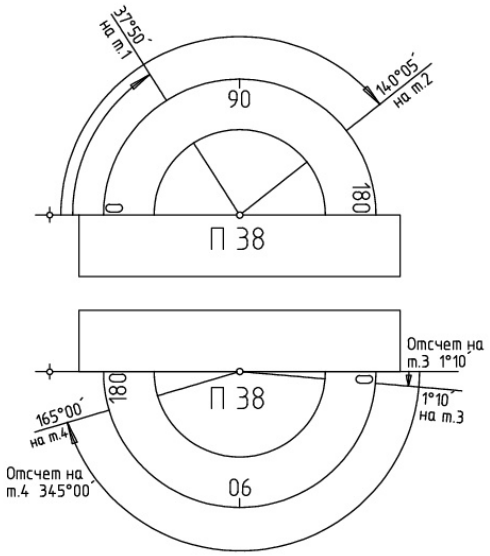


Рис. 6

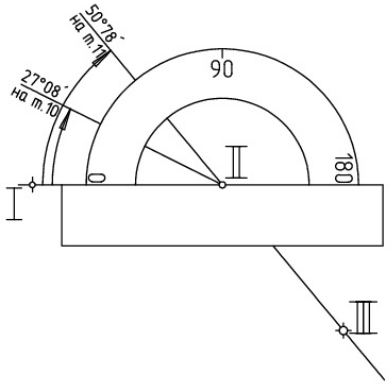


Рис. 7

до сотых долей метра. Возле остальных реечных точек, взятых на линии уреза воды, подписывают только их номера.

3.4. Изображение ситуации на плане.

Накладку ситуации производят в масштабе 1:2000 по абрисам съемки зданий (см. рис. 3) и абрисам тахеометрической съемки (см. Рис. 4,а-г).

***Вариант «а»*:** используются абрис съемки здания (рис. 3,а) и абрисы

тахеометрической съемки (рис. 4,а-в). Шоссе наносится по реечным точкам 3а, 5 и 6; ширина его 22м в пределах участка съемки везде одинаковая. Линия уреза воды в реке Ик проводится по реечным точкам7, 10, 11 и 8, 12; ширина реки определяется взаимным положением точек 7 и 8, 11 и 12.

***Вариант «б»*:** используется абрис съемки здания (рис. 3,б) и абрисы тахеометрической съемки (рис. 4,а, в, г). Шоссе и грунтовая дорога наносятся по реечным точкам 3а, 3, 20, 19; ширина шоссе 22м и грунтовой дороги 6 м в пределах участка съемки сохраняются постоянными. Линия уреза воды в реке Ик проводится по реечным точкам 11, 13, 14, 15, 17 и 12, 16; ширина реки определяется взаимным положением точек 11 и12, 16, 17.

3.5. Рисовка рельефа на плане.

По отметкам станций и реечных точек на плане проводят горизонтали с сечением рельефа 1 м. Следы горизонталей следует отыскивать графической интерполяцией; ее выполняют только между точками, которые в абрисах съемки соединены стрелками. Соединение каких-либо двух точек в абрисе стрелкой говорит о том, что местность между ними имеет один скат без перегибов, направление по которому сверху вниз и указывает стрелка. Приступая к изображению рельефа, точки на плане, между которыми в абрисе имеются стрелки, соединяют карандашом тонкими вспомогательными линиями. Интерполяция выполняется по намеченным линиям. Найденные интерполяцией следы одноименных горизонталей соединяют плавными кривыми и таким образом получают горизонтали. Отметки горизонталей, кратные 5 м, подписывают в разрывах горизонталей; при этом верх цифр должен быть обращен в сторону повышения ската местности. При некоторых горизонталях ставятся бергштрихи в направлениях характерных линий рельефа; бергштрих обязательно ставят при каждой замкнутой горизонтали.

Через контуры зданий, шоссе и грунтовую дорогу горизонтали не проводят.

3.6 Построение графика заложений.

В нижней части плана строят график заложений для уклонов. Задаваясь уклонами 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07 и высотой сечения рельефа 1 м составляемого плана, вычисляют соответствующие заложения. Исходной формулой для вычислений является формула уклона: $i = h/d$, здесь i – уклон линии; h – превышение (в нашем случае – высота сечения рельефа); d – заложение. Например: для уклона $i = 0.02$ вычисляем заложение $d = 1.0$ м/0.02 = 50.0 м, которое в масштабе плана составит 25.0 мм.

3.6 Построение графика заложений.

В нижней части плана строят график заложений для уклонов. Задаваясь уклонами 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06, 0.07 и высотой сечения рельефа 1 м составляемого плана, вычисляют соответствующие заложения. Исходной формулой для вычислений является формула уклона: $i = h/d$, здесь i – уклон линии; h – превышение (в нашем случае – высота сечения рельефа); d – заложение. Например: для уклона i =0.02 вычисляем заложение d = 1.0 м/0.02 = 50.0 м, которое в масштабе плана составит 25.0 мм.

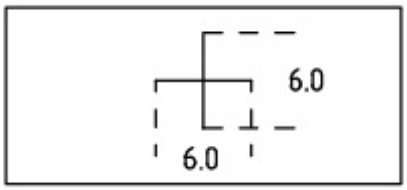
По одной оси графика откладывают значения уклонов, отложив через 5 мм шесть равных отрезков , у концов которых подписывают значения уклонов от 0.01 до 0.07 через 0.01. На концах отложенных отрезков восстанавливают перпендикуляры, по которым откладывают в масштабе 1:2000 соответствующие уклонам значения заложений. Через концы отложенных заложений проводят плавную кривую линию по лекалу.

3.7 Оформление топографического плана строительной площадки.

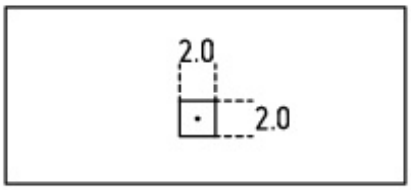
Все контуры и рельеф, изображаемые на плане, вычерчиваются тушью в соответствии с условными знаками. При этом можно руководствоваться образцами условных знаков, приведенных на рис. 8 и при вычерчивании необходимо тщательно выдерживать очертания и размеры условных знаков.

Береговые линии реки и кружочки, обозначающие реечные точки 7, 10, 13-15 и 17, в которых были определены отметки уреза воды, вычерчивают зеленой тушью. Зеленой тушью проводят и по две крайние линии (кюветы) с обеих сторон шоссе.

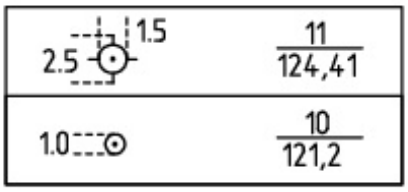
При вычерчивании элементов рельефа горизонтали проводят коричневой тушью. Толщина горизонталей должна быть 0.1 мм, а горизонтали с отметками, кратными 10 м, утолщают в 2.5 раза.



Пересечение координатных линий (вычерчивается зеленой тушью)

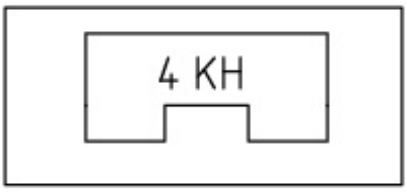


Пункт полигонометрии (полигонометрический знак)

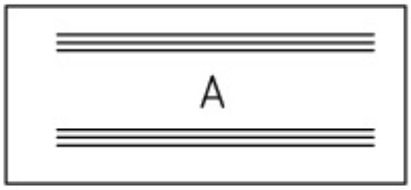


Точка съемочного обоснования

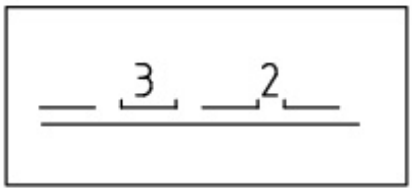
Реечная точка



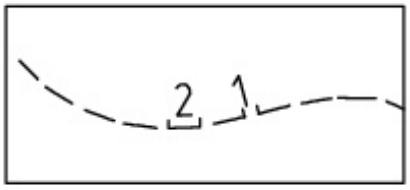
Строение 4-этажное, каменное, нежилое



Шоссе (кюветы – четыре крайние линии – зеленой тушью)

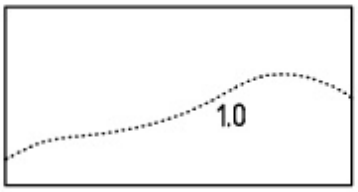


Грунтовые дороги

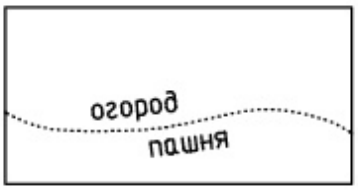


Тропа пешеходная

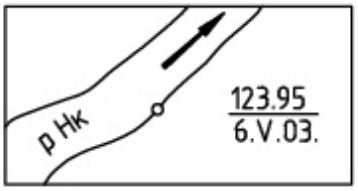
Рис. 8 Образцы некоторых условных знаков для М 1:2000
Примечание: размеры даны в миллиметрах



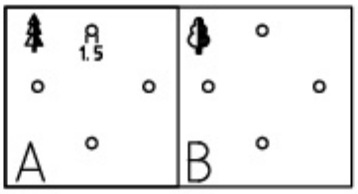
Границы контуров



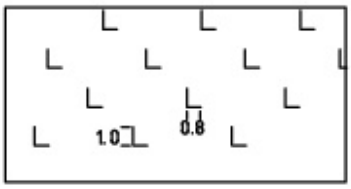
Огород, пашня
(шрифт – курсив, высота 2мм)



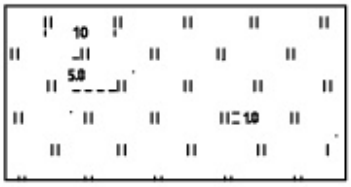
Река с отметкой уреза воды и стрелкой направления течения (берега реки – зеленой тушью, река – синяя отмывка)



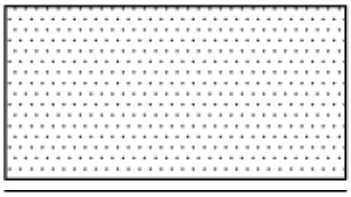
Лес хвойный, лиственный
(высота – 2,5 мм, ширина – 1,5 мм)



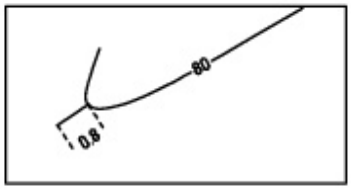
Лес вырубленный



Луг (условные знаки расставляются в шахматном порядке)



Пески (точки ставятся коричневой тушью)



Горизонталь с отметкой и бергштрихом (вычерчивается коричневой тушью)

Рис. 8 Продолжение

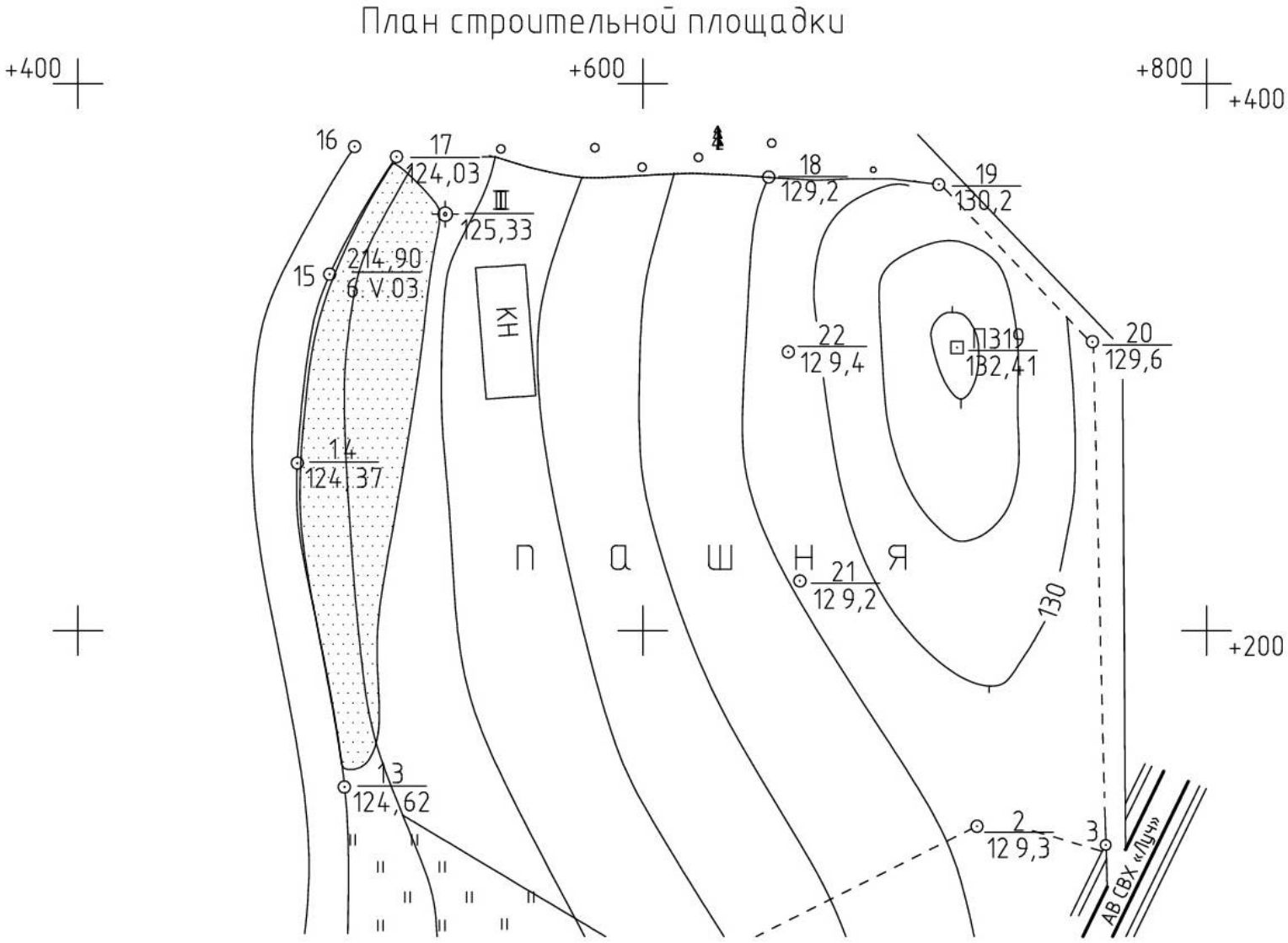


Рис. 9 План строительной площадки

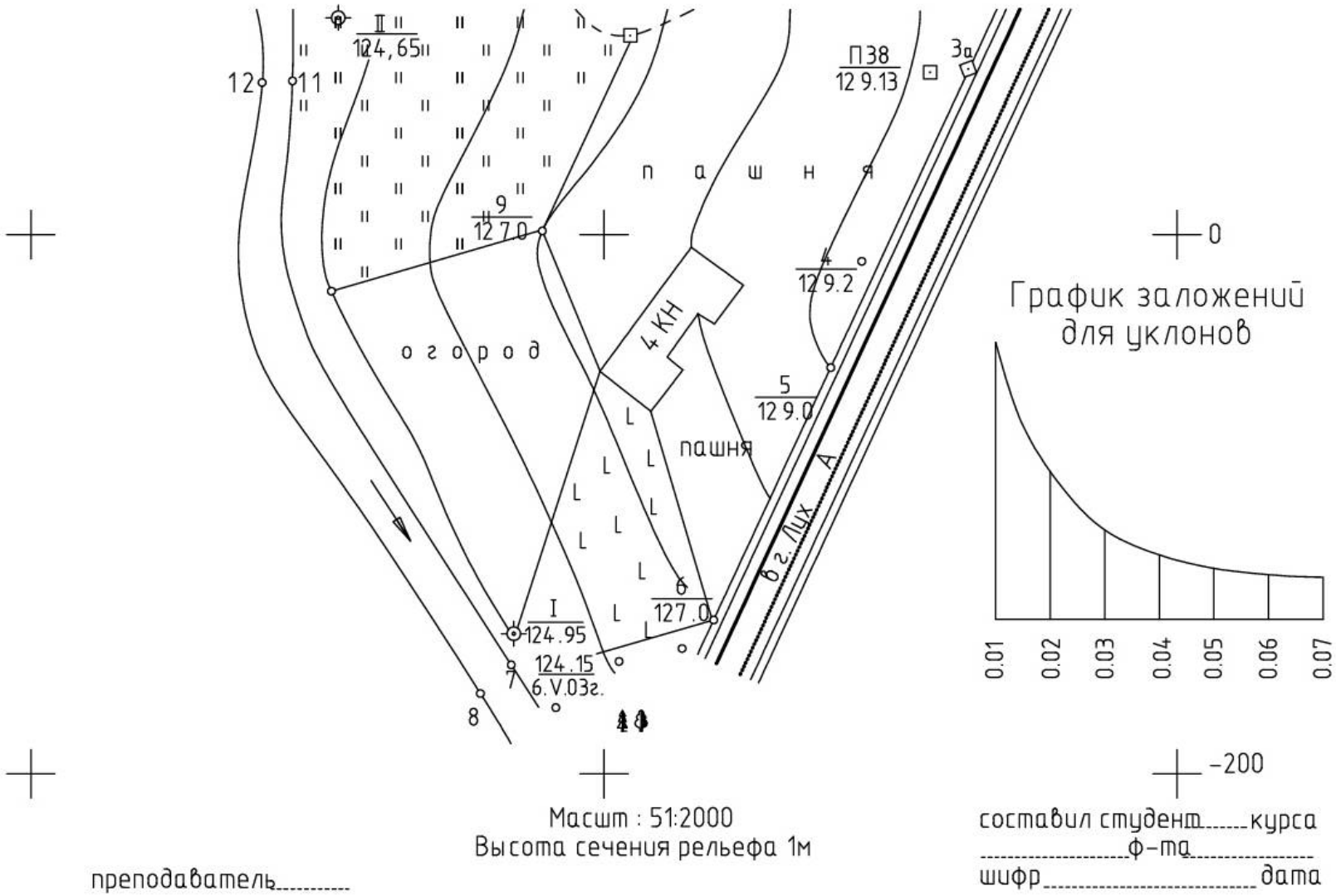


Рис. 10 Образец оформления составленного топографического плана

Отметки горизонталей, кратные 5 м, подписывают в разрывах горизонталей; это делается тоже коричневой тушью. Коричневой тушью ставят точки в условном знаке песка. Отметки реечных точек и станций выписывают черной тушью. Все остальные линии, условные знаки и надписи выполняют черной тушью. С северной стороны участка подписывают значения у, а с восточной – х линий координатной сетки. Это делают возле пересечений координатных линий (вершин квадратов) сетки.

В верхней части листа выполняют заглавную надпись, в нижней - указывают численный масштаб плана, высоту сечения рельефа и размещают график заложений для уклонов.

Общее представление об оформлении составленного плана дает рис.10.

ЗАДАНИЕ 3. **Решение задач по топографическому плану строительной площадки.**

ЗАДАЧА 3.1. Найти отметку точки А, взятой между двумя соседними горизонталями. Точка А намечается самим студентом между любыми двумя горизонталями. Найденную отметку подписывают на плане рядом с точкой.

ЗАДАЧА 3.2. Определить уклон отрезка ВС, проведенного между соседними горизонталями. Отрезок проводится в любом места плана так, чтобы его точки В и С лежали на двух соседних горизонталях. Найденное значение уклона записывают вдоль отрезка.

ЗАДАЧА 3.3. От пункта ПЗ8 к реечной точке 10 (вариант «а») или от пункта ПЗ19 к станции 111 (вариант «б»), пользуясь графиком заложений, провести кратчайшую ломаную линию так, чтобы ни на одном из ее отрезков уклон не превышал 0.02.

Задачи следует решать на составленном студентом плане (рис.10), при этом все необходимые построения выполняют в карандаше четко и аккуратно.

НА РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ ПРЕДСТАВЛЯЕТСЯ «тетрадь для выполнения контрольной работы № 1» с обязательным указанием шифра, группы и фамилия студента. В тетради представляются:

1. Решение задач на вычисление дирекционных углов линий и координат точек.
2. Ведомость вычисления координат точек теодолитного хода.
3. Два тахеометрических журнала
4. Ведомость увязки превышений теодолитно-высотного хода и вычисления отметок станций.
5. План строительной площадки.
6. Решение задач по топографическому плану строительной площадки.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2.
СОСТАВЛЕНИЕ ПРОФИЛЯ ТРАССЫ.

Целью контрольной работы № 2 является составление профиля трасса автодороги по результатам инженерно- технического нивелирования и проведение проектной линии будущей автодороги.

Работа состоит из двух заданий.

ЗАДАНИЕ № 1. **Решение задач по обработке результатов геометрического нивелирования.**

Задача 1. Дана отметка На точки А. Вычислить отметку точки В через превышение над точкой А, если по нивелирным рейкам, стоящим на точках, получены отсчеты:

В точке А……а= 1257 мм

В точке В……в= 2581 мм.

Построить пояснительный схематический чертеж. Отметку точки А следует условно принять равной: количество метров должно быть трехзначным числом, где количество сотен метров равно единице, а количество десятков и единиц метров составляют две последние цифры шифра студента. В дробной части отметки точки А / дм, см, мм/ ставятся те же цифры, что и в целой части. **На пример: студент, имеющий шифр 1117035, должен взять отметку точки А равной 135,135 м.**

Задача 2. Воспользовавшись исходными данными предыдущей задачи, вычислить вторично отметку точки В, но через горизонт инструмента. Построить поясняющий схематический чертеж.

ЗАДАНИЕ 2. **Составление профиля трассы дороги.**

По данным журналов геометрического нивелирования и пикетажному построить продольный и поперечный профили участка дороги. Нанести на продольный профиль проектную линию.

Работа состоит из следующих частей: обработка пикетажного журнала, обработка журнала геометрического нивелирования, построение

продольного профиля в масштабах: горизонтальный 1: 2000, вертикальный 1: 200; построение поперечного профиля в масштабе 1: 200 для горизонтальных и вертикальных расстояний; построение на продольном профиле проектной линии; оформление профилей.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.

1. Пикетажный журнал (рис. 11). В пикетажном журнале записан румб первоначального направления трассы СВ: 48˚50′, общий для всех студентов, а также указано значение’ первого (правого) угла поворота трассы: Уг.1пр = 35˚45’ (также общий для всех студентов). Величину второго (левого) угла поворота каждый студент определяет индивидуально: к 50˚20’ (для всех) прибавляется столько градусов, сколько букв в фамилии студента. **На пример: фамилия Иванов, то Уг. 2 лев. = 50˚20’ + 6˚ = 56˚20’.**

2. Журнал геометрического нивелирования (табл. 6). Записанные в журнале отсчеты по нивелирным рейкам и вычисляемые по этим отсчетам значения превышений являются общими для всех студентов. В графе 11 на первой и последней страницах записывают исходные данные –известные отметки реперов № 19 и № 20, между которыми на местности был проложен нивелирный ход. Отметка репера № 19 задается в соответствии с шифром студента и определяется так же, как и отметка точки А в задании 1. **На пример, у студента с шифром 1117011 отметка репера № 19 будет равна 111, 111 м.** Отметка репера № 20 для всех студентов берется на 2,101 м меньше, чем отметка репера №19.

3. Данные для проведения на продольном профиле проектной линии автомобильной дороги:

- на ПК 0 запроектировать насыпь высотой 0,50 м;
- на участке от ПК 0 до точки ПК 1 + 80,0 уклон проектной линии принять равным –0,020;

- на участке от точки ПК 1 + 80,0 до ПК 4 горизонтальный участок, уклон равен 0,000.

- на участке от ПК 4 до ПК 5 уклон равен +0,015;

- проектирование на поперечном профиле не производится.

УКАЗАНИЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ.

Обработка пикетажного журнала.

1. По радиусу кривой, равному 100 м, и величине второго угла поворота трассы находят элементы круговой кривой. Элементы горизонтальной круговой кривой (тангенс Т, кривую К, биссектрису Б, домер Д) вычисляют по формулам:

$T = R\,tg(\theta / 2)$; $К = \pi R \theta^{\circ} / 180^{\circ}$; $Б = \sqrt{(T^2 + R^2)} - R$; $Д = 2T - К$.

2. Рассчитывают пикетные значения начала (НК) и конца (КК) кривых с обязательным контролем вычислений. Расчет следует произвести в пикетажном журнале справа от трассы, условно проведенной прямой линией. На рис. 11 приведен одинаковый для всех студентов расчет первой кривой. По результатам расчетов главные точки (НК и КК) следует нанести на трассу, обозначив окружностями диаметром 1,0 мм.

3. По румбу первоначального направления и углам поворота вычисляют румбы остальных прямых отрезков (вставок) трассы. Сначала вычисляют дирекционные углы по правилу: дирекционный угол последующей прямой вставки равен дирекционному углу предыдущей прямой плюс угол поворота трассы, если она поворачивает вправо, или минус угол поворота, если трасса поворачивает влево. Расчет производится в «Тетради для выполнения контрольной работы» и должен сопровождаться чертежом трассы в плане.

Вычисленные значения дирекционных углов переводят в румбы (см. табл.2), которые записываются в пикетажном журнале вдоль стрелок, указывающих повороты трассы. На рис. 12 записан вычисленный румб СВ : 84º 35’ второй прямой вставки.

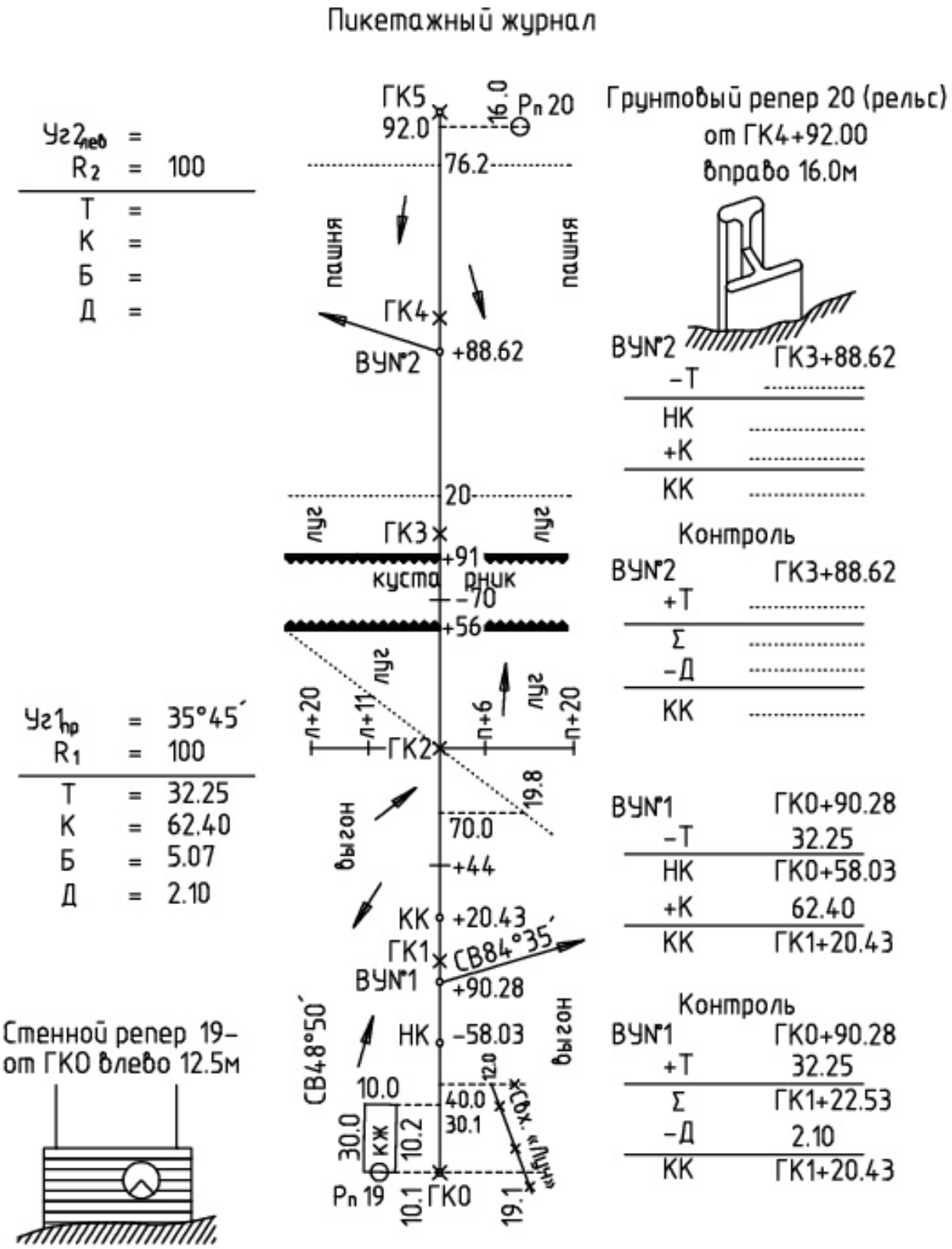


Рис 11. Пикетажный журнал.

Обработка журнала технического нивелирования.

Отметки связующих точек вычисляют через превышения, отметки промежуточных точек – через горизонт инструмента. В качестве примера в журнале (табл.6) выполнена обработка результатов нивелирования на первых трех станциях.

1. Вычисляют превышения между связующими точками: превышение равно разности заднего отсчета a и переднего b (взгляд «назад» минус взгляд «вперед»), то есть h = a – b. Для вычисления превышений используют отсчеты как по черной (a ' и b'), так и по красной (a" и b") сторонам реек. Таким образом, для каждого превышения находят два его значения: h' = a' - b' и h" = a" - b", между которыми допускается расхождение не более ± 5 мм. Записав вычисленные значения h' и h" превышения в графу 5 или 7 журнала (в зависимости от знака превышения), вычисляют среднее его значение: h = (h' + h") / 2, которое округляют до целых миллиметров, после чего записывают в графу 8 или 9. Если в округляющем значении h последней цифрой будет 5 (десятых), то правилу Гаусса округление производится до ближайшего целого четного числа: 0395,5 = 0396 или 0398,5 = 0398 и так далее.

2. Для контроля правильности вычислений в журнале выполняют постраничный контроль вычислений. Для этого, как показано в табл. 1, каждой из граф 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 суммируют все записанные в них числа. В графах 3 и 4 будут получены суммы записанных на данной странице соответственно задних Σназад и передних Σ bпер. отсчетов по черной и красной сторонам реек. В графах 6 и 7 будет получена сумма вычисленных превышений Σhвыч , а в графах 8 и 9 Σhср – сумма средних превышений. Найденные суммы записывают в нижней части таблицы под итоговой чертой. Постраничный контроль вычислений производится по формуле:

$$\Sigma назад - \Sigma b пер = \Sigma h выч = 2\,\Sigma h ср$$

Допускается расхождение в 1-2 мм, возникающие за счет округления средних значений превышений. В журнале постраничный контроль оформляют, записывая только числовые значения найденных сумм и разностей без их буквенных обозначений.

3. По известным отметкам (графа11) начальной (репер №19) и конечной (репер №20) точек хода вычисляют и записывают под итоговой чертой в конце журнала теоретическую сумму превышений:

$$\Sigma h_т = Н_{рп20} - Н_{рп19}.$$

Находят и записывают невязку хода fh, равную разности: практическая сумма $\Sigma h_{пр}$ превышений (средних) минус теоретическая сумма $\Sigma h_т$, т.е.

$$f_h = \Sigma h_{пр} - \Sigma h_т,$$

а также вычисляют допустимую величину невязки по формуле:

$$f_{hдоп} = 50 \text{ мм } \sqrt{L}$$, здесь L - длина хода в км.

Таблица 6

Журнал технического нивелирования.

№	№ Точек нивелир.	Отсчеты по рейке, мм.			Превышения, мм.				Горизонт инс-та, ГИ, мм.	Отметки Н, м.	Примечания
		задние	передние	промежуточные	вычисленые		Средние				
					+	-	+	-			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Рп. 19	1582						+1		129.129	Н3 №3445. Рейки РН 3000с.
		6266				0104		0103			
	ПК 0		1684			0102				129.027	
			6370								
2	ПК 0	1406						+1		129.027	
		6090				0905		0905			
	ПК 1		2311			0905				128.123	
			6995								
3	ПК 1	1089							129.212	128.123	Поперечник разбит на ПК2
		5773									
	+44			0307				+1		128.905	
	П+6			2685		1410		1411		126.527	
	П+20			0397		1412				….	
	Л+14			1931						….	
	Л+20			0639						….	
	ПК 2		2501							126.713	
			7183								
Постраничный контроль		22206	27044		0	4838	0	2419			
		-4838				4838					
		-2419				2419		2419		-2.416	

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	ПК2	0908									Точка +56 нивелировалась как связующая
		5592									
	+56		2517								
			7203								
5	+56	1410									
		6094									
	+70			2990							
	+91			1030							
	ПК3		1386								
			6072								
6	ПК3	2108									
		6792									
	ПК4		1712								
			6395								
7	ПК4	2342									
		7026									
	ПК5		0741								
			5425								
8	ПК5	1517									
		6203									
	Рп.20		1619							127.028	
			6302								
Постраничный контроль											
Общий контроль по ходу Рп.19 – Рп.20							Σhср = ….		Σhт =	-2.101	Fh= Σhср – Σhт =…. fhдоп = 50 мм L (L – длина хода, км)

4. Если fh ≤ f hдоп , то в средние значения превышений вводят поправки со знаком, обратным знаку невязки. Поправки вводят поровну (с округлением до целых миллиметров) вовсе правышения. Если невязка невелика (число миллиметров в невязке меньше количества превышений), то некоторые превышения – в начале и в конце хода – оставляют без поправок. Убедившись, что сумма всех поправок равняется невязке с обратным знаком, поправки записывают в графах 8 и 9 (сверху над средними значениями превышений).

5. Вычисляют последователь отметки всех связующих точек хода:

Нпк0 = Нрп19 + h1 + (h)1 ;

Нпк1 = Нпк0 + h2 + (h)2 ;

……..

Нпк20= Нпк5 + h8 + (h)8 .

Здесь (h)1, (h)2, ….., (h)8 - поправки в средние превышения, записанные в графах 8 и 9.

Контроль правильности вычислений отметок является получение в конце хода известной отметки конечной точки Нрп20.

6. Завершают постраничный контроль на каждой странице журнала. В графе 11 находят и записывают под итоговой чертой в нижней части страницы разность вычисленных отметок последней и первой связующих точек, записанных на данной странице. Эта разность должна равняться алгебраической сумме средних превышений и поправок в них. В конце журнала по данным постраничного контроля выполняют аналогичный общий контроль по всему ходу.

7. На станциях 3 и 5 вычисляют значения горизонта инструмента. Для каждой станции это делают дважды – по наблюдениям на заднюю и переднюю точки. ГИ равен отметке задней (или передней) точки плюс отсчет по черной стороне рейки, стоящей на этой точке. Расхождение между двумя вычисленными значениями ГИ допускается в пределах ±2 мм; одно из значений ГИ записывают в графу 10 журнала.

8. На станциях 3 и 5 вычисляют отметки промежуточных точек. Вычисления выполняют через горизонт инструмента: отметка промежуточной точки равна ГИ на данной станции минус отсчет по рейке, стоящей на этой промежуточной точке.

Построение продольного профиля трассы.

Продольный профиль строят по данным пикетажного и нивелирного журналов на миллиметровой бумаге (возможно применение программных продуктов) в масштабах: горизонтальный 1:2000, вертикальный 1:200.

Для построения профиля берут лист миллиметровой бумаги размером 65 х 30 см. Сначала профиль составляют в карандаше тонкими линиями; затем профиль оформляется в туши. На рис.12 приведен образец части профиля, составленного по одному из вариантов.

Построение выполняют в следующей последовательности:

1. В нижней, левой части листа заготавливают профильную сетку – систему горизонтальных граф, размеры и названия которых приведены на рис.12.

Верхняя линия профильной сетки называется линией условного горизонта. Ее следует вычертить утолщенной (жирной) горизонтальной линией.

2. По данным пикетажного и нивелирного журналов заполняют графу 5 «Расстояния», откладывая в ней горизонтальные расстояния в масштабе 1: 2000. Плановое положение всех пикетов и плюсовых точек фиксируют в этой графе вертикальными отрезками. Вертикальные отрезки, обозначающие пикеты, в масштабе 1:2000 проводятся через каждые 5 см. Под нижней линией графы «Расстояния», называемой линией пикетажа.

Подписывают номера пикетов. Пикетажное значение плюсовых точек не подписывают, но между вертикальными отрезками в графе 5 записывают горизонтальные расстояния между каждыми двумя соседними точками профиля. Если между соседними пикетами плюсовых точек нет, то расстояние 100 м в графе «Расстояния» не записывается.

3. Заполняют графу «Отметки поверхности земли», выписывая в нее из графы 11 нивелирного журнала отметки пронивелированных точек поверхности земли по трассе; отметки при записи на профиль округляют до сотых долей метра.

4. По отметкам поверхности земли строят черную линию профиля, откладывая высоты точек в масштабе 1:200 вверх от линии условного горизонта. Отметку линии условного горизонта выбирают в зависимости

от фактических отметок земли по трассе. Она должна быть кратной 10 м и при том такой, чтобы самая нижняя точка профиля отстояла от линии условного горизонта не менее чем 4 см (превышение на местности 8 м) и не более чем на 10 см (превышение на местности 20 м). Отметку условного горизонта записывают левее начальной точки линии условного горизонта.

Все пронивелированные точки профиля трассы строят на перпендикулярах к линии условного горизонта, откладывая от этой линии в масштабе 1:200 соответствующие разности отметок поверхности земли и отметки линии условного горизонта. Для удобства построения на профиле слева можно нанести вспомогательный вертикальный масштаб, подписав его через каждый сантиметр по вертикали значениями отметок через 2 м начиная от отметки условного горизонта (см. рис.12)

5. Графы 1 и 6 заполняют по данным пикетажного журнала. В графе 1, посередине ее, проводят ось дороги, условно развернутую в прямую линию, и в масштабе 1:2000 строят план местности, прилегающей к трассе. Вместо изображения условных знаков угодий обычно пишут соответствующие названия: «луг», «выгон», «пашня» и т.д. Короткими стрелками показывают направления основных скатов местности.

В графе ниже линии пикетажа на расстоянии 20 мм от нее проводят горизонтальную линию, изображающую ось дороги. Рассчитанные для обоих кривых пикетажные значения НК и КК откладывают в масштабе 1:2000 на линии пикетажа, отмечая их перпендикулярами, опущенными от этой линии на проведенную ось дороги. Вдоль перпендикуляров записывают расстояния от начала или конца кривой до ближайших переднего и заднего пикетов. Кривые условно обозначают скобками, обращенные выпуклостью вверх при повороте трассы вправо, и выпуклостью в низ при повороте влево, скобки делают высотой (глубиной) 5 мм. Под каждой кривой записывают значения всех ее шести элементов

(θ,R,Т,Б,К,Д). Над серединой каждой прямой вставки трассы записывают ее длину, а под ней – ее румб.

Для изображения километрового указателя (ПК0) от линии пикетажа опускают вниз перпендикуляр длиной 35 мм, нижние 5 мм из которых будут служить диаметром окружности, правую половину которой при оформлении закрашивают тушью.

6. Примерно в 1,5 см над линией профиля показывают положение реперов. Для этого проводят вертикальные отрезки длиной около 2 см, вдоль которых, слева и справа, записывают прямоугольные координаты репера относительно трассы. Над горизонтальной чертой сверху указывают номер репера и его отметку.

7. Заглавную и прочие надписи на профиле выполняют в соответствии с рис.12.

Построение поперечного профиля трассы.

Поперечный профиль располагают правее продольного. Горизонтальный и вертикальный масштабы поперечного профиля 1:200 (см. рис.13).

1. Для поперечного профиля заготавливают и заполняют только две графы «Отметки поверхности земли» и «Расстояния». Следует помнить, что все горизонтальные расстояния в поперечнике указываются от оси трассы. На поперечном профиле их следует откладывать вправо и влево от вертикального отрезка, обозначающего в графе расстояний положение ПК2. ПК2 подписывают симметрично относительно этого отрезка под нижней линией графы расстояний. Расстояния между соседними точками поперечного профиля, отмеченными вертикальными линиями в графе расстояний, подписывают в этой же графе.

2. В графу «Отметки поверхности земли» записывают отметки точек поперечного профиля, округленные до сотых долей метра.

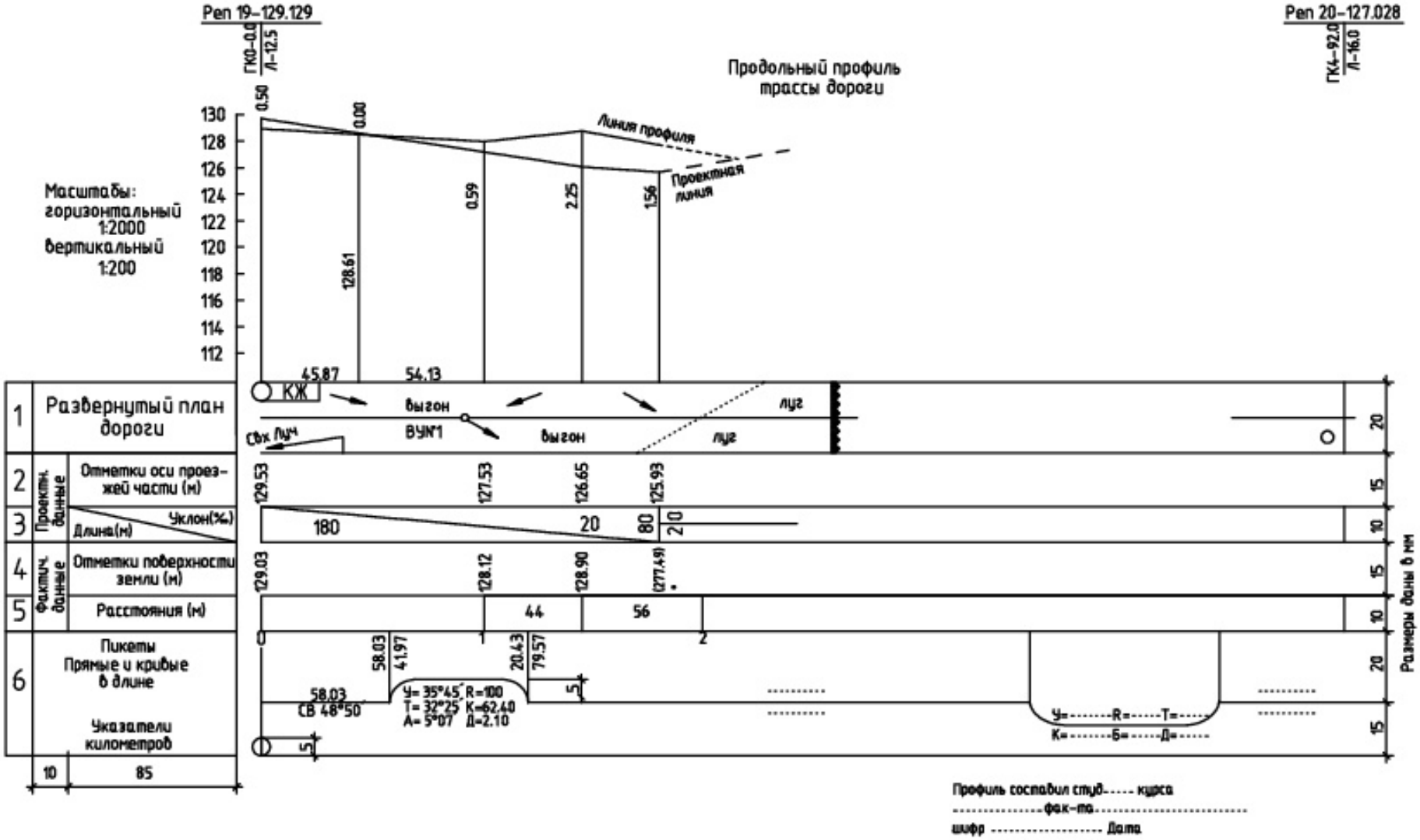


Рис. 12 Образец оформления продольного профиля

3. По отметкам поверхности земли строится линия поперечного профиля. Отметка его линии условного горизонта берется та же, что и на продольном профиле.

4. Над поперечным профилем подписывают его название «Поперечный профиль на ПК 2». Под чертежом указывают его масштаб.

Построение на продольном профиле проектной линии.

Проектную линию наносят в соответствии с заданными исходными данными в пункте 3. 1. Заполняют графу 3 «Уклоны». Прочерчивая в ней в местах переломов (изменения уклонов) проектной линии вертикальные перегородки. У каждой перегородки, слева и справа вдоль нее, вертикально записывают расстояния в метрах на местности от этой точки до ближайшего заднего и переднего пикетов. Если это изменение уклона происходит на пикете, то с обеих сторон пишут нули.

Внутри каждого узкого прямоугольника, на которые будет разбита графа «Уклоны», проводят диагональ. Из левого верхнего угла в правый нижний угол, если уклон отрицательный (линия идет на понижении) или из нижнего левого в правый верхний, если уклон положительный. На горизонтальных отрезках трассы посередине графы «Уклоны» проводят горизонтальную черту. Над диагональю или горизонтальной чертой указывают значение проектного уклона в тысячных. А под ней – длину заложения в метрах, на которое этот уклон распространяется.

2. Вычисляют проектные отметки точек ПК 0. ПК 1 + 80. ПК 4 и ПК 5, в которых запроектированы переломы проектной линии. В начале трассы на ПК0 . На котором запроектирована насыпь высотой 0,50 м, записывают проектную отметку, равную отметке поверхности земли на ПК 0 плюс 0,50 м. Отметки остальных точек вычисляют по формуле:

$$Hn = Hn\text{-}1 + id$$

здесь Hn - определяемая проектная отметка; Hn-1- известная проектная отметка предыдущей точки; i - проектный уклон; d - горизонтальное

расстояние (заложение) между точкой, в которой определяется проектная отметка, и предыдущей.

Вычисленные проектные отметки определяют до сотых долей метра, после чего записывают в графу 2 «Проектные отметки» на профиле.

3. По вычисленным проектным отметкам точек переломов проектную линию наносят на профиль.

4. Вычисляют проектные отметки всех остальных пикетов и плюсовых точек профиля по той же формуле, что и в пункте 2. Во избежание ошибок в вычислениях рекомендуется за предыдущую точку с отметкой Hn-1 всегда брать начало данного элемента проектной линии, учитывая в формуле расстояние от этой начальной точки до точки, отметка которой вычисляется. Вычисленные отметки записывают в графу 2 профиля.

Чтобы убедится в правильности расчетов и графических построений, целесообразно все вычисленные проектные отметки использовать для контроля построения проектного профиля трассы. Очевидно, что если и вычисления, и построения выполнены правильно, то точки ПК 1. ПК 1+44, ПК2, ПК 2+56, ПК 2+70, ПК 2+91, ПК 3, построенные по их проектным отметкам, должны точно попасть на проектную линию, проведенную раньше.

5. Вычисляют отметку поверхности земли в точке ПК 1+80, которая при нивелировании на местности не определялась. Для этого вычисляют уклон ската местности на отрезке от ПК 1+44 до ПК 2:

$$i = h / d,$$

где h - разность отметок поверхности земли в ближайших к ПК 1+80 передней и задней точек профиля, то есть на ПК 2 и в плюсовой точке ПК 1+44; d - горизонтальное расстояние между этими точками.

По вычисленному уклону ската и по горизонтальному расстоянию d до точки ПК 1+80 от ближайшей задней точки профиля (ПК 1+44) находят

искомую отметку. Найденную расчетным путем отметку точки ПК 1+80 записывают в скобках в графу 4 профиля.

6. На всех пикетах и плюсовых точек профиля вычисляют рабочие отметки (высота насыпей или глубина выемок) как разность проектной отметки земляного полотна и отметки поверхности земли. На выемках рабочие отметки записывают под проектной линией, а на насыпях – над ней. Над точками пересечений проектной линии и линии профиля поверхности земли, называемыми точками нулевых работ (или переходными), записывают рабочие отметки, равные 0,00 м.

7. Из точки нулевых работ опускают перпендикуляр (ординату) на линию условного горизонта и вычисляют горизонтальные расстояния до этой точки от ближайших пикетов или плюсовых точек профиля (рис. 13). Вычисления выполняют по формулам:

$$x = ad / (a + b) \; ; \; y = bd / (a + b) \; ,$$

где x и y – горизонтальные расстояния до точки нулевых работ от ближайших к ней соответственно задней и передней точек (пикетных или плюсовых) профиля. a и b – рабочие отметки на этих задней и передней точках профиля, между которыми находится точка нулевых работ; d – горизонтальное расстояние между задней и передней точками профиля (ближайшими к точке нулевых работ).

Вычисление расстояний x и y контролируется с соблюдением равенства:

$$x + y = d \; .$$

Отметку H точки нулевых работ вычисляют по формуле для нахождения проектных отметок и, округлив ее до сотых долей метра, записывают вдоль ординаты, опущенной из точки нулевых работ на линию условного горизонта профиля. Слева и справа от этой ординаты над линией условного горизонта записывают расстояние x и y до точки

нулевых работ от ближайшей задней и передней точек профиля (см. рис. 12).

Оформление профилей.

Все надписи и построения аккуратно выполняют тушью тонкими линиями. Красной тушью оформляют: проектную линию и все рабочие отметки (кроме нулевых); ось дороги в графе 1; все линии и цифры в графе уклонов; разделительную линию между графами 2 и 3; проектные отметки; все линии и надписи в графе 6 (кроме номеров пикетов).

Синей тушью показывают перпендикуляры из точек нулевых работ на линию условного горизонта, рабочие отметки 0,00, синие отметки (высоты) нулевых работ, горизонтальные расстояния x и y, а также линию пикетажа (нижнюю линию графы 5).

Все остальные надписи и цифры делаются черной тушью.

Насыпи отмывают красной тушью, а выемки – желтой.

На рецензирование представляются:

1. Решение задач по вычислению отметки точки через превышение и через горизонт инструмента;
2. Пикетажный журнал;
3. Журнал геометрического нивелирования;
4. Продольный и поперечный профили трассы автомобильной дороги на миллиметровой бумаге.

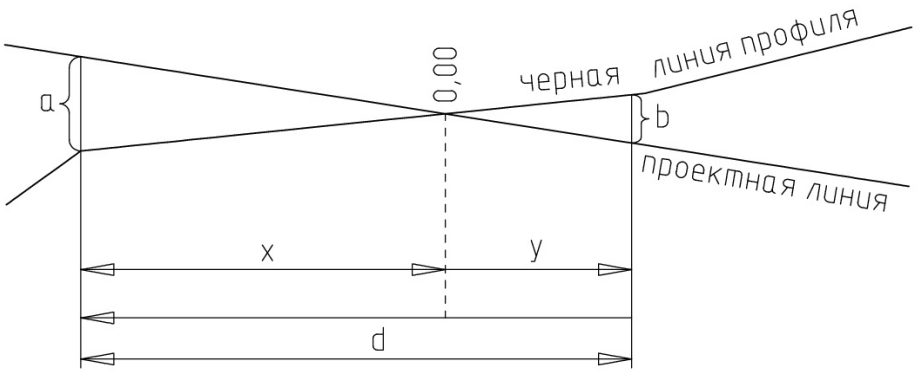


Рис. 13 К вычислению расстояний до точки нулевых работ

Рекомендуемая литература:

1. Дьяков Б.Н. Геодезия. – СПб.: Издательство «Лань», 2018. – 416 с.
2. Стародубцев В.И. Практическое руководство по инженерной геодезии. – СПб.: Издательство «Лань», 2017. – 136 с.
3. Маринин Е.И. Инженерная геодезия. – Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2014. – 79 с.