

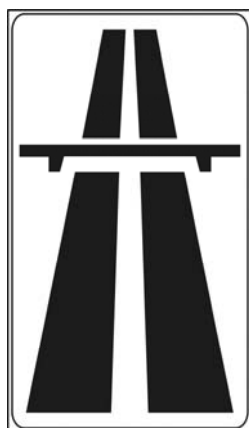
МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильные дороги»

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

*Методические рекомендации к самостоятельной работе
студентов специальностей 1-70 03 01 «Автомобильные дороги»,
1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»
очной и заочной форм обучения*

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА
«СЪЕМОЧНАЯ ОСНОВА СТРОИТЕЛЬНОГО
УЧАСТКА И СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА»**



Могилев 2020

УДК 528.48
ББК 26.1
И 62

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Автомобильные дороги» «31» марта 2020 г.,
протокол № 8

Составители: Ю. А. Катькало;
О. И. Бродова;
Н. В. Курочкин

Рецензент О. В. Голушкова

Методические рекомендации предназначены для студентов специальностей 1-70 03 01 «Автомобильные дороги», 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» при выполнении ими расчетно-графической работы «Съемочная основа строительного участка и составление плана».

Приведены исходные данные к расчетно-графической работе и методические указания по ее выполнению.

Учебно-методическое издание

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Ответственный за выпуск	В. В. Кутузов
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2020

Содержание

1 Общие положения.....	4
2 Проложение теодолитного хода.....	4
3 Вычисление координат вершин теодолитного хода.....	7
4 Съёмка ситуации	11
5 Построение плана строительного участка.....	13
Список литературы.....	17

1 Общие положения

При выполнении расчетно-графической работы требуется по результатам полевых измерений и с учетом исходных данных по твердым пунктам (ПП8; ПП19) вычислить координаты вершин теодолитного хода; построить план теодолитного хода; по абрисам съемки нанести на план ситуацию.

Расчетно-графическая работа включает пояснительную записку и план строительного участка. В пояснительной записке должно быть указано, для чего и как проложен на местности теодолитный ход; приведен обработанный журнал измерения углов и длин линий теодолитного хода; вычерчена схема теодолитного хода с численными данными для средних значений углов и горизонтальных проложений; у полигонометрических пунктов на схеме выписаны значения их прямоугольных координат, начальный и конечный дирекционные углы; приведена ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода; даны абрисы съемки контура луга, огорода и здания.

Пояснительная записка выполняется на листах писчей бумаги формата А4, на которых должны быть вычерчены рамка и основные надписи в соответствии с ГОСТ 21.101–97 *Основные требования к рабочей документации*. Оформление пояснительной записки должно соответствовать ГОСТ 2.105–2019 *Общие требования к текстовым документам*.

План строительного участка следует построить на листе чертежной бумаги в масштабе 1:2000. Ситуация на плане показывается в строгом соответствии с условными знаками [1]. На свободном поле плана надо вычертить поперечный масштаб.

2 Проложение теодолитного хода

Для съемки участка местности между двумя пунктами полигонометрии ПП8 и ПП19 проложен теодолитный ход. Схема хода показана на рисунке 1.

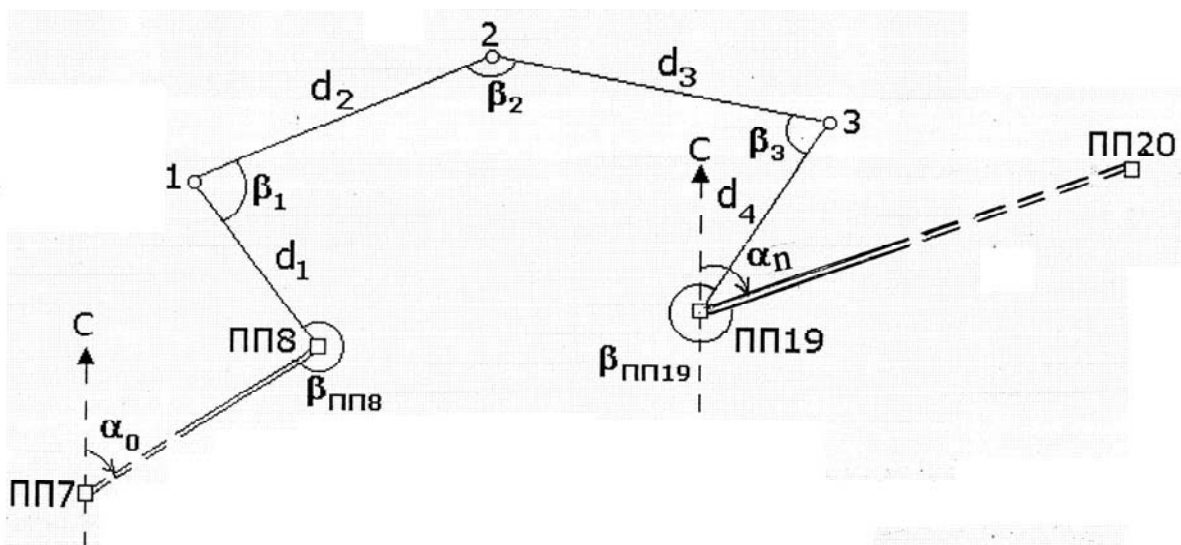


Рисунок 1 – Схема теодолитного хода съемочного обоснования

В теодолитном ходе измерены правые по ходу горизонтальные углы, длины сторон и углы их наклона. Горизонтальные и вертикальные углы измерены теодолитом 4Т30П, длины сторон – 20-метровой стальной мерной лентой. Результаты измерений приведены в журнале измерения углов и длин линий теодолитного хода (таблица 1).

Таблица 1 – Журнал измерения углов и длин линий теодолитного хода

Станция	Точка визирования	Отсчет	Угол	Среднее значение угла	Длина линии, м	Угол наклона
	пп7	10°15'				
пп8 кл			330°59'			
	1	39°16'				
				330°59,2'		
	пп7	193°43'				
пп8 кп			330°59,5'			
	1	222°43,5'			263,01	+0°34'
	пп8	112°11'			263,03	
1						
	2	61°13'				
	пп8	289°37'				
1						
	2	238°38'			239,18	-0°37'
	1	215°54'			239,24	
2						
	3	54°34,5'				
	1	37°48'				
2						
	3	236°27,5'			269,78	-0°23'
	2	181°28'			269,82	
3						
	пп19	102°25,5'				
	2	3°21'				
3						
	пп19	284°18'			193,15	+2°37'
	3	321°10,5'			193,21	
пп19						
	пп20	54°02'				
	3	144°19'				
пп19						
	пп20	237°11'				

В этом журнале вычисленные значения горизонтальных углов при круге лево (КЛ) и круге право (КП), а также среднее значение угла даны только для станции ПП8. Для других станций подобные углы следует вычислить самостоятельно и записать в журнале их значения. При необходимости можно воспользоваться [2].

В графе «Длина линии» (см. таблицу 1) записаны результаты измерений сторон теодолитного хода в прямом и обратном направлениях. Например, длина линии ПП8–1 в прямом направлении составила 263,01 м, а в обратном – 263,03 м. Погрешность этих измерений должна быть не более 1/2000, поэтому разность между прямым и обратным измерениями не должна превышать 1 см на каждые 20 м длины. Следует проверить это условие для каждой линии и вычислить среднюю ее длину.

Средние длины сторон D_{cp} теодолитного хода необходимо привести к горизонтальным проложениям d . При углах наклона более 2° горизонтальное проложение

$$d = D_{cp} \cos \nu,$$

где ν – угол наклона.

При углах наклона менее 2° средние длины можно считать горизонтальными проложениями.

По результатам обработки журнала измерения углов и длин линий следует построить схему теодолитного хода. Строят ее в произвольном масштабе, используя транспортир и линейку. На схеме надо выписать у каждой вершины среднее значение угла и у каждой стороны ее горизонтальное проложение.

Исходные данные для полигонометрических пунктов: α_0 ; α_n ; $X_{ПП8}$; $Y_{ПП8}$; $X_{ПП19}$; $Y_{ПП19}$ в выполняемой работе надо принять следующим образом. Начальный дирекционный угол α_0 направления ПП7–ПП8 каждый студент принимает индивидуально: число градусов соответствует двум последним цифрам номера зачетной книжки, число минут равно 30,2 плюс столько минут, каков номер студента в журнале группы. Номер своей зачетной книжки студент указывает в исходных данных. Конечный дирекционный угол α_n направления ПП19 – ПП20 надо принять равным начальному дирекционному углу α_0 плюс $10^\circ 32,8'$.

Прямоугольные координаты полигонометрических пунктов:

– начального

$$X_{ПП8} = -14,02 \text{ м}; \quad Y_{ПП8} = +627,98;$$

– конечного (принять как результат вычисления)

$$X_{ПП19} = -14,02 + 239,14 \cos(\alpha_0 - 9^\circ 59,2');$$

$$Y_{ПП19} = +627,98 + 239,14 \sin(\alpha_0 - 9^\circ 59,2').$$

Если при этом значение угла ($\alpha_0 - 9^\circ 59,2'$) окажется отрицательным, то к нему нужно прибавить 360° .

3 Вычисление координат вершин теодолитного хода

Вычисление координат вершин теодолитного хода ведут в специальной ведомости (таблица 2). Средние значения измеренных углов с точностью до $0,1'$ заносят в графу 2 ведомости вычисления координат; исходный дирекционный угол α_0 (на верхней строчке) и конечный дирекционный угол α_n (на нижней строчке) – в графу 4. В графу 6 записывают горизонтальные проложения сторон теодолитного хода.

При вычислении координат вершин теодолитного хода вначале уравнивают углы, затем вычисляют дирекционные углы и румбы сторон хода, приращения координат, далее уравнивают приращения координат и вычисляют координаты вершин хода.

При уравнивании углов вычисляют сумму измеренных углов $\Sigma\beta_{И}$ хода. Затем рассчитывают теоретическую сумму углов:

$$\Sigma\beta_T = \alpha_0 - \alpha_n + 180^\circ n,$$

где n – число вершин хода.

Находят угловую невязку:

$$f_\beta = \Sigma\beta_{И} - \Sigma\beta_T.$$

В рассматриваемом примере (см. таблицу 2)

$$\Sigma\beta_{И} = 889^\circ 28,7'; \quad \Sigma\beta_T = 14^\circ 38,2' - 25^\circ 11,0' + 180^\circ \cdot 5 = 889^\circ 27,2'; \quad f_\beta = +1,5'.$$

Если полученная невязка f_β не превышает допустимой величины

$$f_{\beta \text{ доп}} = \pm 1' \sqrt{n},$$

то ее в виде поправок распределяют с обратным знаком поровну на все углы хода с округлением поправок до десятых долей минут.

В ведомости вычисления координат поправки записаны над значениями измеренных углов (при этом десятые доли поправок записывают над десятыми долями минут в значениях углов). Исправленные поправками углы заносят в графу 3 ведомости (см. таблицу 2). Вычисляют сумму исправленных углов, она должна равняться теоретической сумме.

Таблица 2 – Ведомость вычисления координат вершин теодолитного хода

Номер верши- ны хо- да	Измерен- ный угол $\beta_{и}$	Исправ- ленный угол $\beta_{исп}$	Дирек- ционный угол α	Румб r	Горизон- тальное проложе- ние, м	Приращения координат, м				Координата точки, м	
						вычисленные		исправленные		X	Y
						Δx	Δy	Δx	Δy		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ПП7			14°38,2'								
ПП8	-0,3	330°58,9'			263,02	+4	-6				
1	330°59,2'	330°58,9'	223°39,3'	ЮЗ: 43°39,3'	263,02	-190,30	-181,57	-190,26	-181,63	-14,02	+627,98
2	50°58,5'	50°58,2'	352°41,1'	СЗ: 7°18,9'	239,21	+3	-6	+237,29	-30,52	-204,28	+446,35
3	-0,3	161°19,7'			269,80	+237,26	-30,46			+33,01	+415,83
161°20,0'	161°19,7'		11°21,4'	СВ: 11°21,4'	269,80	+4	-7	+264,56	+53,06	+297,57	+468,89
79°02,8'	79°02,5'		112°18,9'	ЮВ: 67°41,1'	192,98	+264,52	+53,13	-73,24	+178,48	+224,33	+647,37
-0,3	267°07,9'		25°11,0'			+3	-5				
267°08,2'	267°07,9'					-73,27	+178,53				
ПП19											
ПП20											
$\sum \beta_{и}$	889°28,7'	889°27,2'			$\sum d = 965,01$	+238,21	+19,63	+238,35	+19,39	+238,35	+19,39
$\sum \beta_{т}$	889°27,2'					-0,14	+0,24				
f_{β}	+1,5'										
$f_{\beta_{доп}}$	2,2'										

$$f = \sqrt{(-0,14)^2 + (0,24)^2} = 0,28$$

$$\frac{f}{\sum d} = \frac{0,28}{965,01} = \frac{1}{3446} < \frac{1}{2000}$$

По исходному дирекционному углу α_0 и исправленным углам вычисляют дирекционные углы остальных сторон. При правых измеренных углах дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180° и минус исправленный угол хода, образованный этими сторонами. Если при вычислении значение дирекционного угла получается отрицательным, то к нему следует прибавить 360° . Если дирекционный угол оказывается более 360° , то из него нужно вычесть 360° .

Например,

$$\alpha_{ПП8-1} = \alpha_0 + 180^\circ - \beta_{ПП8} = 14^\circ 38,2' + 180^\circ + 360^\circ - 330^\circ 58,9' = 223^\circ 39,3'.$$

Вычисленный последний дирекционный угол направления ПП19–ПП20 должен совпасть с заданным конечным дирекционным углом α_n . Это свидетельствует о правильности вычислений дирекционных углов.

При вычислении румбов можно воспользоваться таблицей 3.

Таблица 3 – Перевод дирекционных углов в румбы. Знаки приращений координат

Интервал изменения дирекционного угла, град	Четверть	Формула перевода	Знаки приращений координат	
			Δx	Δy
0...90	СВ	$r = \alpha$	+	+
90...180	ЮВ	$r = 180^\circ - \alpha$	-	+
180...270	ЮЗ	$r = \alpha - 180^\circ$	-	-
270...360	СЗ	$r = 360^\circ - \alpha$	+	-

Приращения координат вычисляют по формулам

$$\Delta x = d \cos \alpha = \pm d \cos r; \quad \Delta y = d \sin \alpha = \pm d \sin r.$$

Вычисленные значения приращений Δx и Δy заносят в графы 7 и 8 ведомости вычисления координат (см. таблицу 2) с точностью до сотых долей метра. Знаки приращений устанавливают в зависимости от знаков $\cos \alpha$ и $\sin \alpha$ либо по названию румба, руководствуясь таблицей 3. В каждой из граф складывают все значения Δx и Δy , находя суммы вычисленных приращений координат $\sum \Delta x$ и $\sum \Delta y$.

Для уравнивания приращений вычисляют вначале невязки f_x и f_y в приращениях координат по осям x и y :

$$f_x = \sum \Delta x - \sum \Delta x_T; \quad f_y = \sum \Delta y - \sum \Delta y_T,$$

где $\sum \Delta x_T$, $\sum \Delta y_T$ – теоретические суммы приращений координат по осям x и y соответственно.

Теоретические суммы приращений координат вычисляют как разности координат конечной пп19 и начальной пп8 точек хода:

$$\sum \Delta x_T = X_{\text{пп}19} - X_{\text{пп}8}; \quad \sum \Delta y_T = Y_{\text{пп}19} - Y_{\text{пп}8}.$$

Например, в таблице 2 сумма вычисленных приращений координат $\sum \Delta x$ равна 238,21. Теоретическая сумма приращений

$$\sum \Delta x_T = 224,33 - (-14,02) = 238,35.$$

Невязка

$$f_x = 238,21 - 238,35 = -0,14.$$

Аналогично получают невязку f_y .

Затем вычисляют абсолютную

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

и относительную линейную невязку хода

$$\frac{f}{\sum d} = \frac{\sqrt{f_x^2 + f_y^2}}{\sum d},$$

где $\sum d$ – длина хода, полученная суммированием его сторон.

Если относительная невязка $\frac{f}{\sum d}$ будет не больше допустимой, равной

$\frac{1}{2000}$, то невязки f_x и f_y распределяют в виде поправок в вычисленные приращения координат. Поправки в приращения вводят пропорционально длинам сторон со знаком, обратным знаку невязки. Поправки в приращения для i -й стороны хода вычисляют по формулам

$$\delta_{x_i} = -\frac{f_x d_i}{\sum d}; \quad \delta_{y_i} = -\frac{f_y d_i}{\sum d}.$$

Значения поправок округляют до сотых долей метра и записывают в ведомости над соответствующими приращениями, следя за тем, чтобы суммы поправок равнялись невязкам f_x и f_y с противоположным знаком. Исправленные приращения заносят в графы 9 и 10 (см. таблицу 2). Суммы исправленных приращений координат должны быть равны соответствующим теоретическим суммам приращений.

По исправленным приращениям вычисляют координаты вершин хода. Координата последующей вершины равна координате предыдущей вершины плюс исправленное приращение между ними:

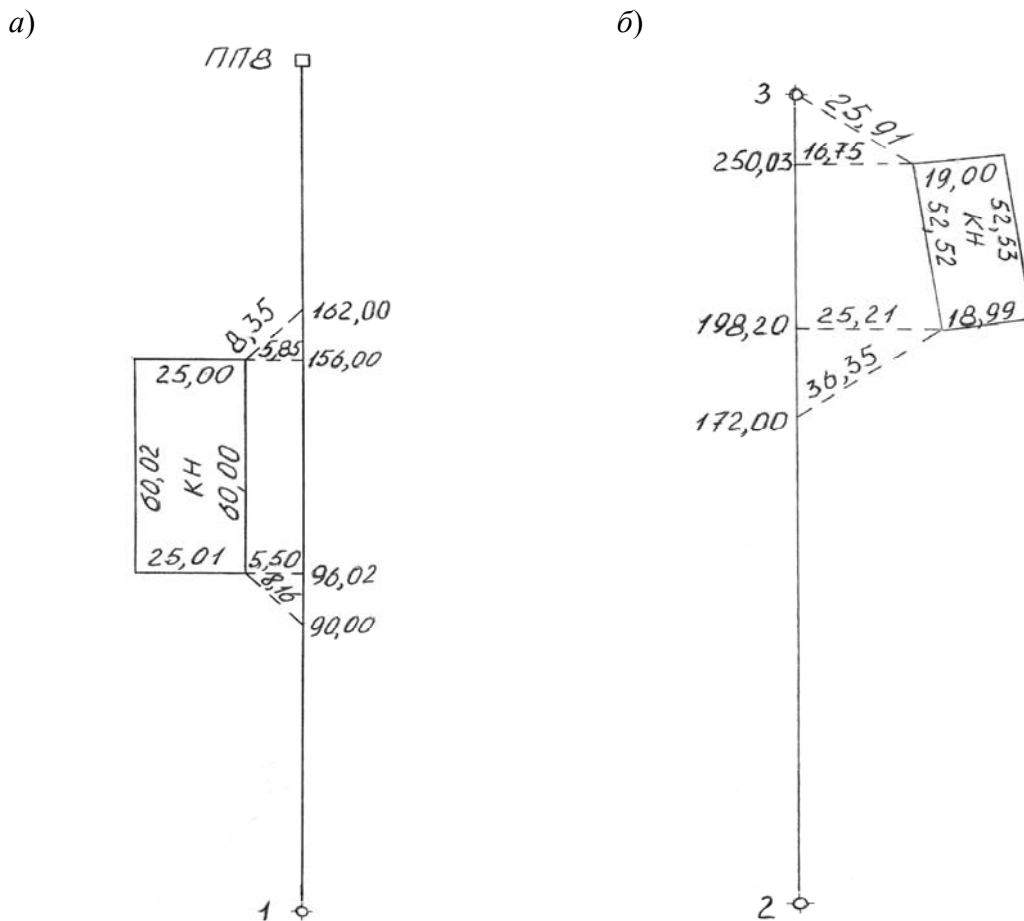
$$X_1 = X_{ПП8} + \Delta X_{ПП8-1}; \quad Y_1 = Y_{ПП8} + \Delta Y_{ПП8-1};$$

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{1-2}; \quad Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1-2} \text{ и т. д.}$$

Вычисленные координаты конечной точки хода ПП19 должны равняться заданным координатам этой точки, что служит контролем правильности вычислений координат.

4 Съёмка ситуации

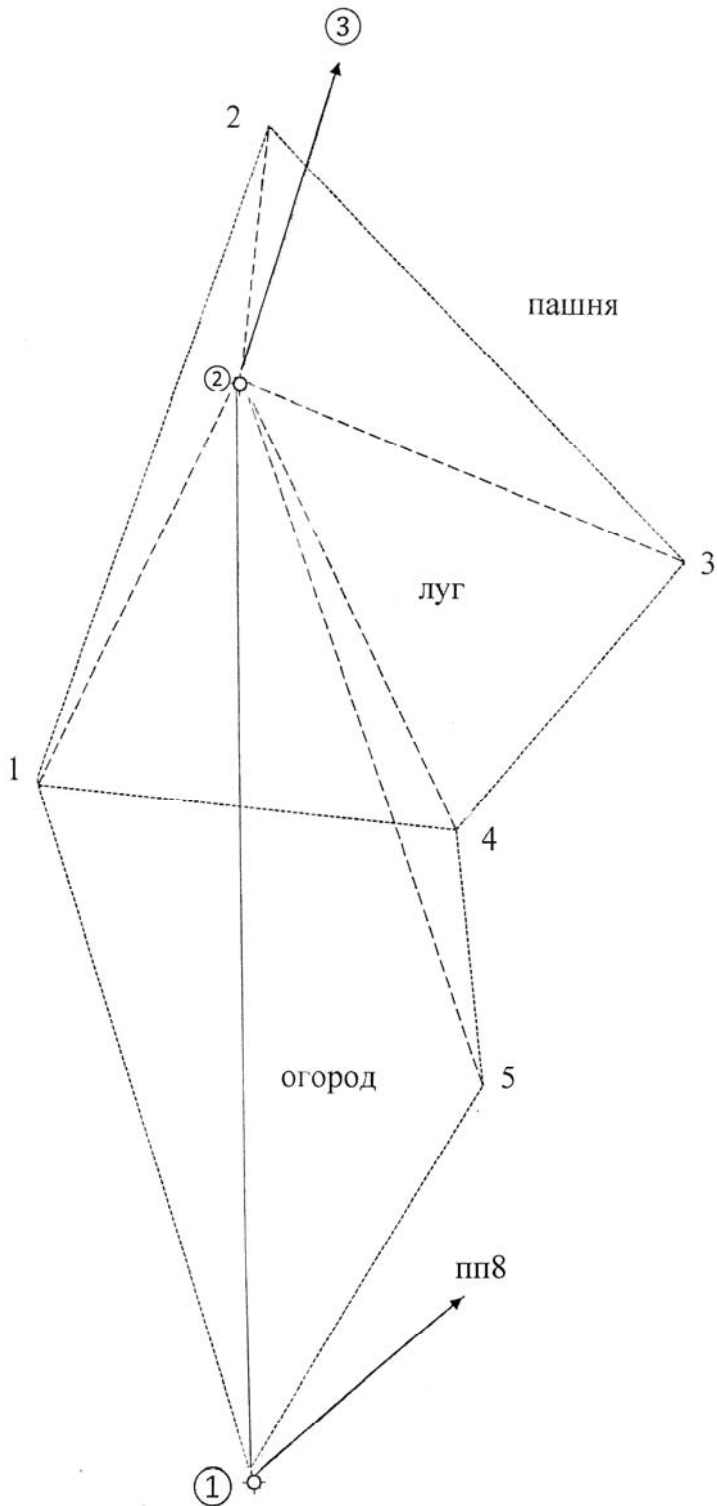
Для составления плана строительного участка при проложении теодолитного хода произведена съёмка ситуации. Здания сняты линейной засечкой, абрисы их даны на рисунке 2.



а – сторона 1 – пп8; б – сторона 2–3 теодолитного хода

Рисунок 2 – Абрисы съёмки зданий

Контурсы луга и огорода сняты полярным способом. Результаты их съёмки даны на абрисе (рисунок 3).



Ст. 2

Номер точки	Угол	Расстояние, м
①	0°00′	
1	28°00′	85,0
2	182°14′	77,5
3	291°30′	100,0
4	335°30′	106,1
5	342°30′	137,5

Рисунок 3 – Абрис съемки контура луга и огорода полярным способом с вершины 2

5 Построение плана строительного участка

Вначале на план наносится теодолитный ход. Для построения теодолитного хода на листе чертежной бумаги вычерчивают координатную сетку в виде квадратов со сторонами по 10 см. При отсутствии специальных приборов для построения сетки и при небольшом числе квадратов координатную сетку можно построить с помощью выверенной линейки и циркуля-измерителя. Для этого на листе бумаги по диагоналям проводят две прямые линии. От точки пересечения этих линий в каждую сторону откладывают равные отрезки. Соединив концы отрезков, получают прямоугольник. На сторонах этого прямоугольника, пользуясь поперечным масштабом и циркулем-измерителем, откладывают отрезки по 10 см. Соединяя соответствующие точки на противоположных сторонах прямоугольника прямыми линиями, получают координатную сетку.

Необходимое число квадратов сетки рассчитывают исходя из полученных значений координат вершин теодолитного хода (см. таблицу 2).

На плане масштаба 1:2000 стороне квадрата в 10 см соответствует расстояние на местности 200 м. Из таблицы 2 выбирают наибольшее и наименьшее значения координат:

$$X_{\max} = +297,57 \text{ м} \approx +298 \text{ м}; \quad X_{\min} = -204,28 \text{ м} \approx -204 \text{ м}.$$

Число квадратов по оси X составляет

$$\frac{X_{\max} - X_{\min}}{200} = \frac{298 - (-204)}{200} \approx 3.$$

Значит, надо построить три горизонтальных ряда квадратов. Аналогично определяют число вертикальных рядов квадратов по оси Y .

Сетку вычерчивают остро отточенным карандашом. Построение координатной сетки необходимо тщательно проконтролировать: циркулем-измерителем сравнивают между собой диагонали квадратов. Расхождения в их длинах допускаются не более 0,2 мм; если расхождения получаются больше, сетку строят заново.

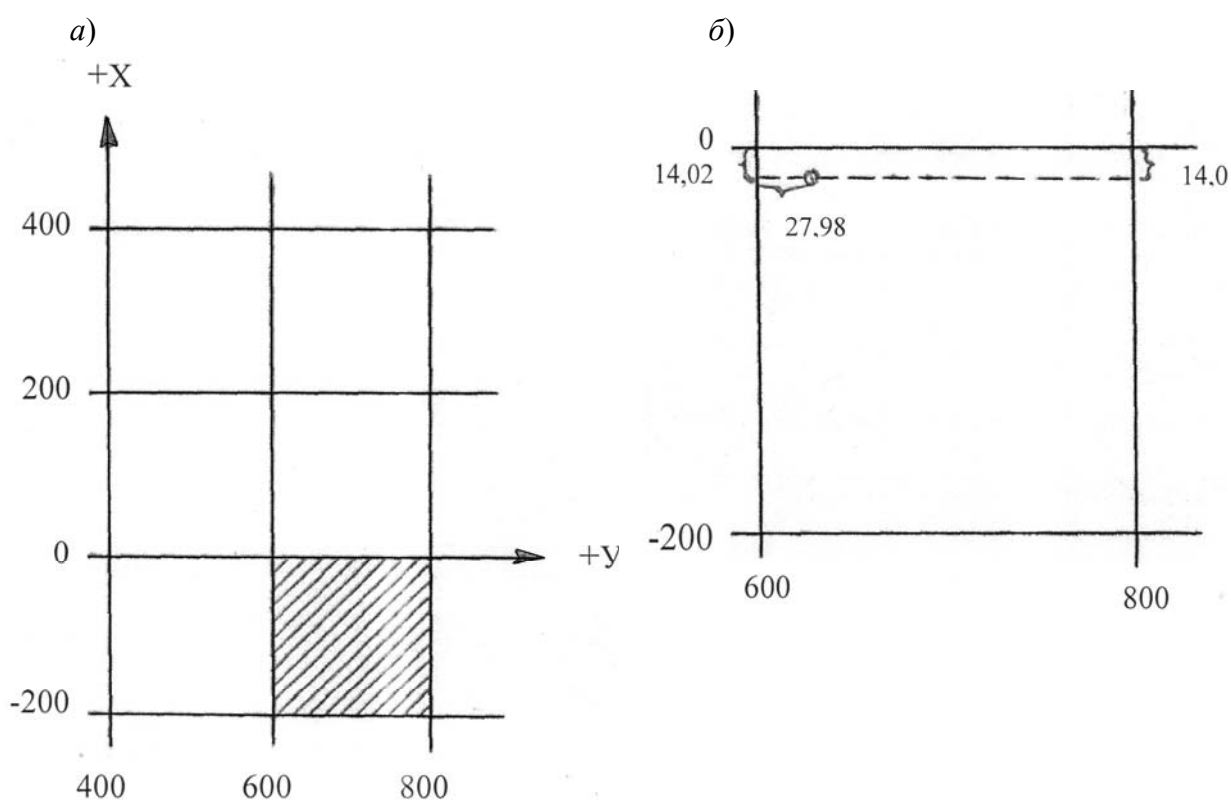
Координатную сетку оцифровывают так, чтобы теодолитный ход размещался примерно в середине листа бумаги. Для примера, приведенного в таблице 2, оцифровка показана на рисунке 4.

Вершины теодолитного хода наносят на план (в расчетно-графической работе в масштабе 1:2000) по их вычисленным координатам (см. таблицу 2), используя циркуль-измеритель и поперечный масштаб. Последовательность действий поясняется на рисунке 4.

Предположим, требуется нанести точку с координатами $X = -14,02$ м и $Y = +627,98$ м. Сначала выясняют, в каком из квадратов сетки должна лежать эта точка. По оси X точка должна находиться между линиями сетки с абсциссами 0 и -200 , по оси Y – между линиями сетки с ординатами $+600$ и $+800$

(см. рисунок 4, *a*). От линии с абсциссой 0 по вертикальным сторонам этого квадрата откладывают вниз, с учетом масштаба, расстояние 14,02 м (см. рисунок 4, *б*) и проводят линию. Вдоль этой линии от вертикальной линии сетки с ординатой +600 откладывают вправо в масштабе плана расстояние $627,98 - 600 = 27,98$ м. Полученную точку обозначают слабым наколом иглы циркуля-измерителя и сразу же обводят окружностью диаметром 1,5 мм; внутрь этой окружности нельзя проводить никаких линий. Слева от точки записывают ее номер.

Для обеспечения точности построения точек расстояния на плане откладывают, пользуясь поперечным масштабом. Поперечный масштаб, необходимый для выполнения этой работы, надо построить на свободном поле плана теодолитного хода.



a – оцифровка координатной сетки; *б* – построение точки по координатам

Рисунок 4 – Построение по координатам вершин теодолитного хода

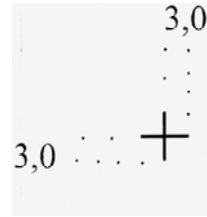
Нанесение на план точек хода следует проконтролировать. Для контроля измеряют расстояния между нанесенными вершинами. Получившиеся на плане длины сторон хода могут отличаться от занесенных в графу 6 ведомости вычисления координат не более чем на 0,3 мм в масштабе составляемого плана.

После построения теодолитного хода надо, пользуясь абрисами съемки (см. рисунки 2 и 3), нанести на план одноэтажное каменное здание, контуры луга и огорода. Студенты, у которых нечетный номер зачетной книжки, ис-

пользуют абрис, показанный на рисунке 2, а; при четном номере – абрис, приведенный на рисунке 2, б.

Образец оформления плана представлен на рисунке 5. На нем в соответствии с условными знаками для топографических планов [1] должны быть указаны:

– пересечения координатных линий



– вершины теодолитного хода и их номера

2⊙
:
:
1,5

– пункты полигонометрии и их номера

8□
:
:
2,0

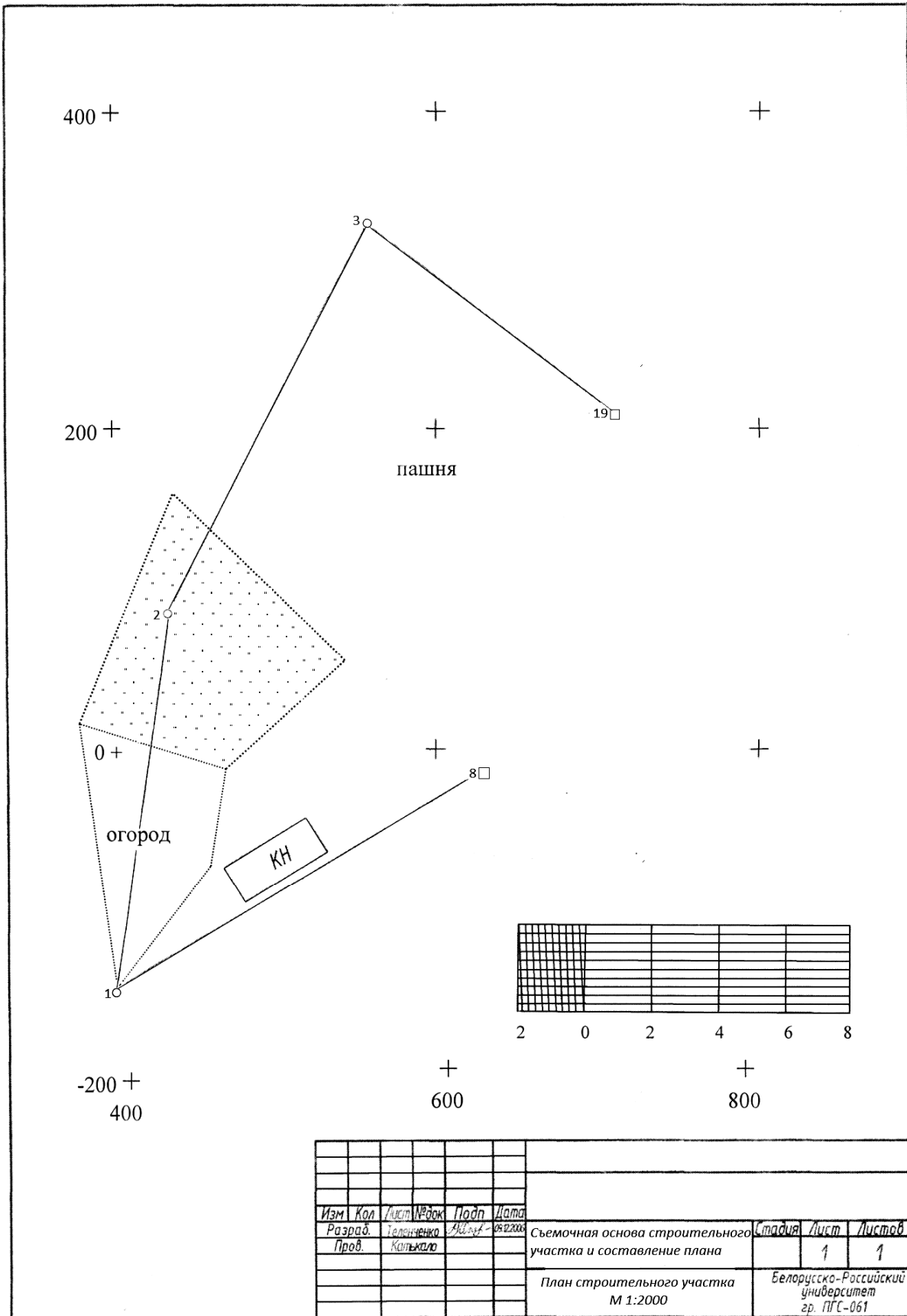


Рисунок 5 – План строительного участка

Список литературы

1 Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – Москва: Недра, 1989. – 286 с.

2 Инженерная геодезия: методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальностей 1-70 03 01 «Автомобильные дороги», 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» дневной и заочной форм обучения / Сост. Ю. А. Катькало, Н. В. Курочкин. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2018. – Ч. 1. – 34 с.