

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Агафонов Александр Владимирович

Должность: Директор филиала

Дата подписания: 06.11.2023 20:50:28

Уникальный программный ключ: «МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

2539477a8ecf706dc9cff164bc411eb6d3c4ab09

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ЧЕБОКСАРСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
МОСКОВСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Кафедра транспортно-технологических машин



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ по выполнению расчетно-графических работ по дисциплине «Инженерная геодезия»

Направление подготовки	21.03.01 <u>Нефтегазовое дело</u> <small>(код и наименование направления подготовки)</small>
Направленность (профиль) подготовки	«<u>Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки</u>» <small>(наименование профиля подготовки)</small>
Квалификация выпускника	бакалавр
Форма обучения	очная, очно-заочная

Чебоксары, 2022

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями
ФГОС ВО по направлению подготовки

21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Авторы: Лепав Александр Николаевич, кандидат технических наук

(указать ФИО, ученую степень, ученое звание или должность)

Программа одобрена на заседании кафедры (протокол № 10 от
14.05.2022 года.).

Расчетно-графическая работа №1

Горизонтальная съемка

Теодолитный ход создают как один из видов геодезических сетей – съемочного обоснования для последующего выполнения съемок местности и разбивочных работ относительно его точек и сторон. Задачей является определение координат точек теодолитного хода. Для этого на местности закрепляют точки хода металлическими штырями или деревянными кольями, измеряют теодолитом горизонтальные углы между соседними точками и длины сторон, землемерной лентой или рулеткой. Именно эти значения выдаются каждому студенту как исходные данные (табл.1). Кроме того, даются дирекционный угол первой стороны хода (α_{1-2} – выбирают из таблицы 2 в соответствии со своим вариантом) и прямоугольные координаты x и y первой точки хода. Этого достаточно, потому что ход имеет замкнутую форму, т.е. первая точка является и последней.

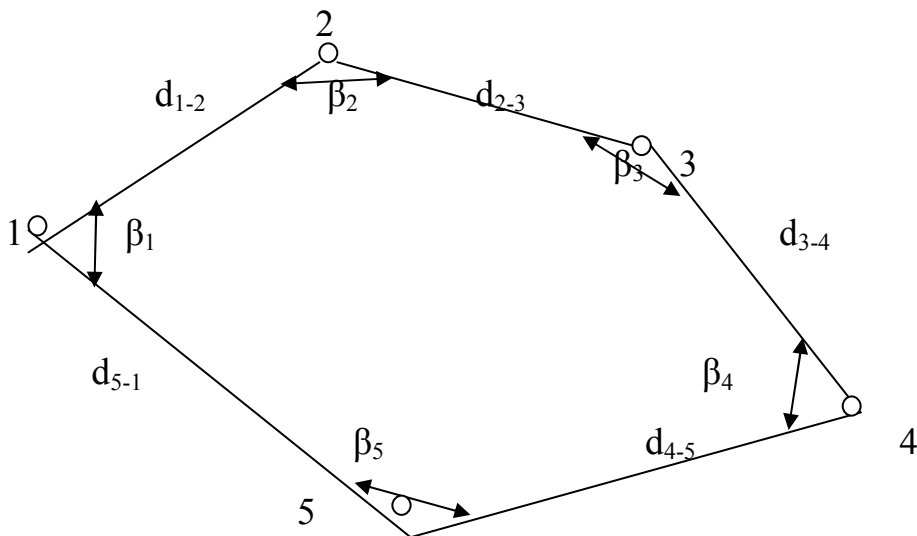


Рис.1. Схема теодолитного хода

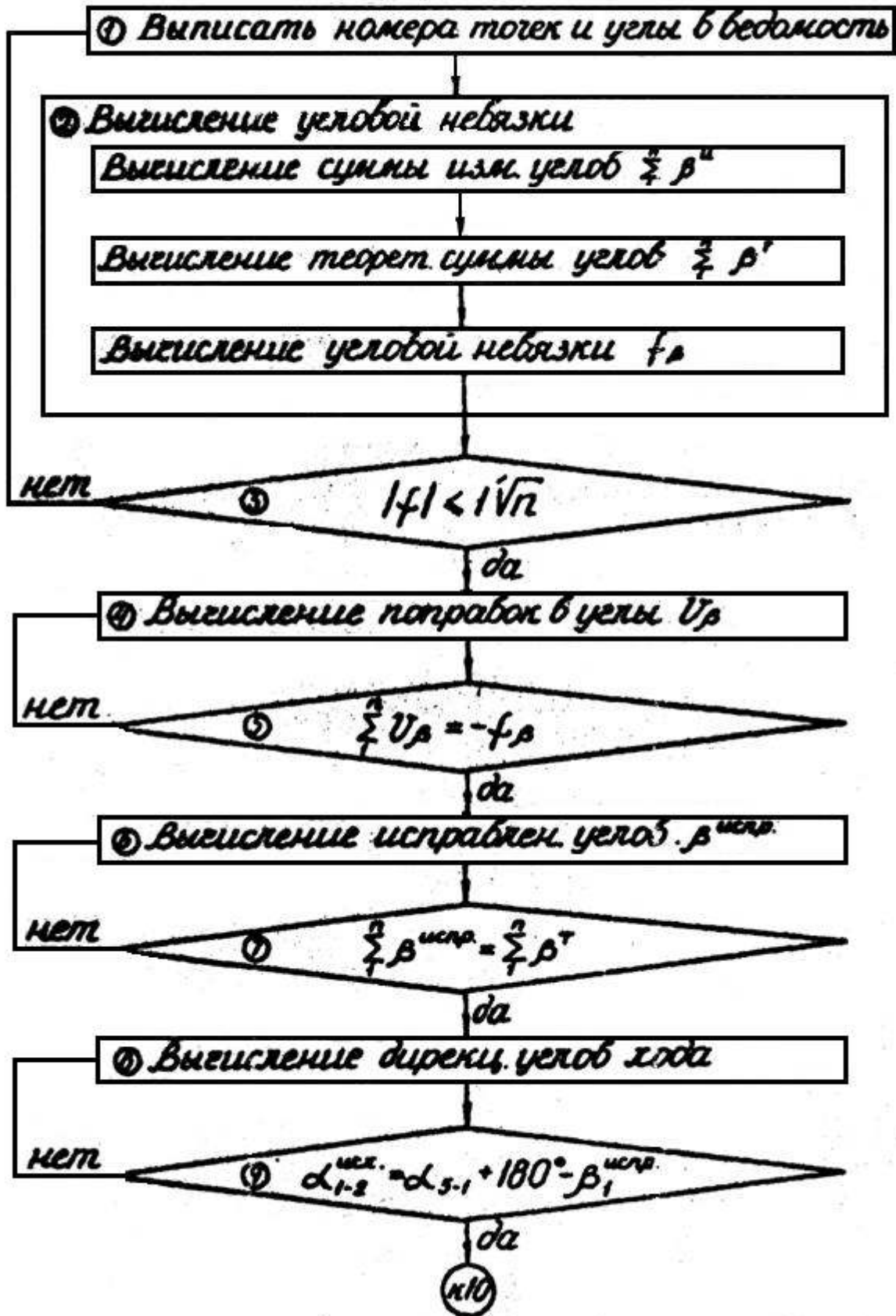


Рис.2. Блок-схема вычисления ведомости координат точек теодолитного хода

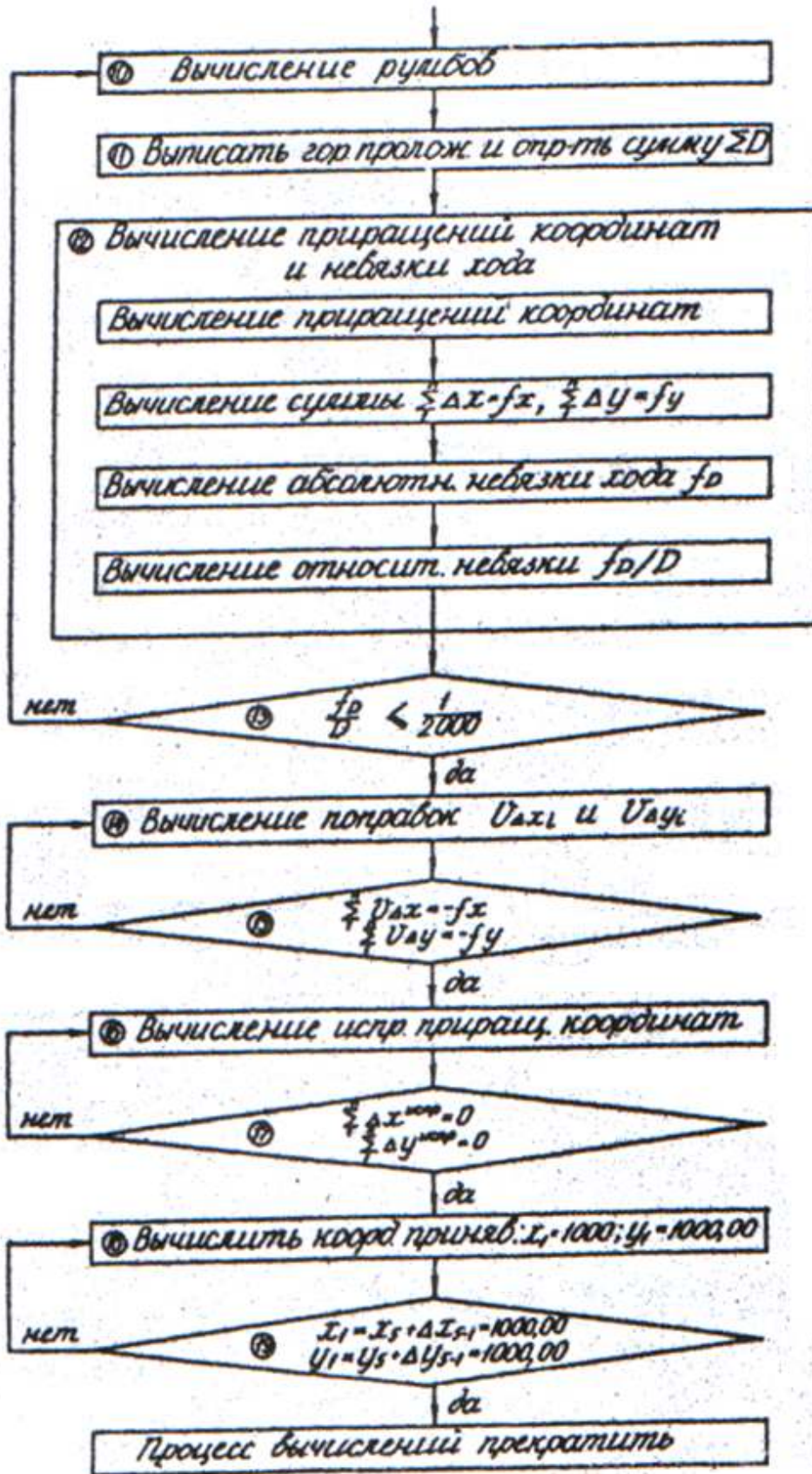


Рис.3. Блок-схема вычисления ведомости координат теодолитного хода

Обработка ведомости вычисления координат теодолитного хода

Исходные данные необходимо выписать из таблицы 1 в соответствии со своим вариантом. Вместо точек в значение угла №2 необходимо подставить номер своего варианта, разделив его запятой. Значение начального дирекционного угла стороны 1 – 2 выписывают из таблицы.

Обработка ведомости вычисления координат точек теодолитного хода основана на решении прямой геодезической задачи (рис. 2, 3). Решить прямую геодезическую задачу, значит при заданных координатах начальной точки линии x_1, y_1 , ее длине d_{1-2} и дирекционному углу α_{1-2} , вычислить координаты конечной точки линии. Например, для линии 1-2: вычисление приращений координат выполняют по формулам:

$$\Delta x_{1-2} = d_{1-2} \cos r_{1-2}; \Delta y_{1-2} = d_{1-2} \sin r_{1-2}.$$

Значения румба r находят по формулам перехода от дирекционных углов к румбам в соответствии с названием четверти, в которой находится дирекционный угол.

$$\text{I СВ} \quad 0^\circ \div 90^\circ; r = \alpha$$

$$\text{II ЮВ} \quad 90^\circ \div 180^\circ; r = 180^\circ - \alpha$$

$$\text{III ЮЗ} \quad 180^\circ \div 270^\circ; r = \alpha - 180^\circ$$

$$\text{IV СЗ} \quad 270^\circ \div 360^\circ; r = 360^\circ - \alpha.$$

Далее вычисляют координаты второй точки хода по формулам:

$$x_2 = x_1 + \Delta x_{1-2}, \quad y_2 = y_1 + \Delta y_{1-2}.$$

Последующие три прямые геодезические задачи (для вычисления координат точек №№ 3, 4, 5 решают аналогично, используя как исходные координаты предыдущей точки. Четвертую задачу (линия 5-1) – вычисление координат точки №1 от известных координат пятой точки решают для контроля вычисления ведомости координат теодолитного хода. Если все вычисления выполнены правильно, получают заданные координаты первой точки. Все вычисления записывают в ведомость установленного образца – ведомость вычисления координат точек теодолитного хода. Для решения этих задач дирекционные углы сторон 2-3, 3-4, 4-5, 5-1 находят по формуле: $\alpha_{i+1} = \alpha_i + 180^\circ - \beta_{\text{прав.}}^{\text{исправл.}}$. Формулу применяют для правых по ходу измеренных углов. Контролем вычисления дирекционных углов в замкнутом теодолитном ходе является получение в конце столбца дирекционных углов заданного дирекционного угла первой стороны хода α_{1-2} . (**Второй контроль вычислений**).

Все геодезические измерения сопровождаются погрешностями. Отклонение измеренного результата от его теоретического значения называется невязкой.

Фактическую невязку сравнивают с допустимой, если она не превышает ее значения, невязку вводят в виде поправок с противоположным знаком в измеренные величины. Вычисляют исправленные значения измерений. Сумма исправленных измерений должна быть равна их теоретической сумме. При вычислении ведомости координат теодолитного хода различают следующие виды невязок.

1. **Угловая невязка** f_β находится как разность сумм измеренных углов и теоретической суммы этих углов.

$$f_\beta = \sum_{\text{изм.}} \beta - \sum_{\text{теор.}} \beta; f_{\text{допуст.}} = 1' \sqrt{n}, \text{ где } n \text{ количество углов в ходе.}$$

$$\sum_{\text{теор.}} \beta = 180^\circ (n - 2).$$

Если $f_\beta \leq f_{\text{допуст.}}$, она с обратным знаком поровну распределяется в измеренные углы. Невязка распределяется поровну, поскольку измерения равноточные. В случае если невязка не делится поровну на количество измеренных углов, большая поправка вводится в угол с короткими сторонами, так как в этом случае угол измерен с большей погрешностью за счет погрешности наведения.

Вычисляют исправленные углы, как уже ранее говорилось, сумма исправленных углов должна быть равна теоретической сумме этих углов (**первый контроль вычислений**).

2. Следующий вид невязок – **невязки по осям координат** f_x и f_y .

$f_x = \sum \Delta x_{\text{выч.}}$, $f_y = \sum \Delta y_{\text{выч.}}$. Невязки находят как сумму вычисленных приращений координат по столбцам $\Delta x_{\text{выч.}}$ и $\Delta y_{\text{выч.}}$. Это объясняется тем, что теоретическая сумма приращений координат в замкнутом теодолитном ходе равна 0, т.е. $\sum \Delta x_{\text{теор.}} = 0$, $\sum \Delta y_{\text{теор.}} = 0$.

Необходимо проверить допустимость полученных невязок. Для этого вычисляют невязку в периметре и относительную невязку.

$$f_{\text{абс.}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.$$

3. **Относительная невязка** это отношение абсолютной невязки (невязки в периметре) к самой измеренной величине, в данном случае к периметру полигона P . $f_{\text{отн.}} = \frac{f_{\text{абс.}}}{P} = \frac{1}{\dots} \leq \frac{1}{2000}$.

Таблица 2 – Дирекционные углы линии 1-2 теодолитного хода
(исходные данные)

Буква варианта/ Число варианта	БЛОКИ ВАРИАНТОВ									
	А		Б		В		Г		Д	
	°	□	°	□	°	□	°	□	°	□
1	10	1	15	1	27	1	23	1	351	1
2	20	2	25	2	37	2	33	2	341	2
3	30	3	35	3	47	3	43	3	331	3
4	40	4	45	4	57	4	53	4	321	4
5	50	5	55	5	67	5	63	5	311	5
6	60	6	65	6	77	6	73	6	301	6
7	70	7	75	7	87	7	83	7	291	7
8	80	8	85	8	97	8	93	8	281	8
9	90	9	95	9	107	9	103	9	271	9
10	100	10	105	10	117	10	113	10	261	10
11	110	11	115	11	127	11	123	11	251	11
12	120	12	125	12	137	12	133	12	241	12
13	130	13	135	13	147	13	143	13	231	13
14	140	14	145	14	157	14	153	14	221	14
15	150	15	155	15	167	15	163	15	211	15
16	160	16	165	16	177	16	173	16	201	16
17	170	17	175	17	187	17	183	17	191	17
18	180	18	185	18	197	18	193	18	181	18
19	190	19	195	19	207	19	203	19	171	19
20	200	20	205	20	217	20	213	20	161	20
21	210	21	215	21	227	21	223	21	151	21
22	220	22	225	22	237	22	233	22	141	22
23	230	23	235	23	247	23	243	23	131	23
24	240	24	245	24	257	24	253	24	121	24
25	250	25	255	25	267	25	263	25	111	25
26	260	26	265	26	277	26	273	26	101	26
27	270	27	275	27	287	27	283	27	91	27
28	280	28	285	28	297	28	293	28	81	28
29	290	29	295	29	307	29	303	29	71	29
30	300	30	305	30	317	30	313	30	61	30
31	310	31	315	31	327	31	323	31	51	31
32	320	32	325	32	337	32	333	32	41	32

Относительная невязка характеризует качество линейных измерений. Если неравенство выполняется, все вычислено правильно, можно вычислять исправленные приращения координат. Для этого в вычисленные значения приращений координат распределяют полученную невязку f_x и f_y с противоположным знаком, пропорционально горизонтальным проложениям. Поправку в каждое приращение координат вычисляют по формуле: $V_x = -\frac{f_x}{p} d_i$; $V_y = -\frac{f_y}{p} d_i$. При правильных вычислениях сумма исправленных приращений координат должна быть равна теоретической, т.е. 0 м (**третий контроль вычислений**). По исправленным приращениям координат последовательно вычисляют координаты точек теодолитного хода по формулам прямой геодезической задачи:

$x_{i+1} = x_i + \Delta x_{\text{испр.}}$; $y_{i+1} = y_i + \Delta y_{\text{испр.}}$. Контролем вычисления является получение в конце вычислений координат исходной первой точки теодолитного хода (**четвертый контроль вычислений**).

Внимание, если контроли не выполняются, дальше продолжать вычисления нельзя, нужно пересчитывать значения, пока не будет выполняться контроль вычислений. Кроме того, при решении прямых геодезических задач применяют только исправленные значения измеренных углов и приращений координат. Ведомость вычисления координат теодолитного хода оформляется ручкой чертежным шрифтом на бланке установленного образца.

Построение плана теодолитной съемки

План в масштабе 1:500 вычерчивают на чертежной бумаге (рис. 4). Формат листа выбирают по усмотрению преподавателя (А-4, А-3, А-1). На листе ватмана строят координатную сетку в виде квадратов со стороной 10 см. Для построения сетки используют линейку Дробышева (ЛБЛ) и геодезический транспортир. Контролируют построение: прикладывают линейку к каждой диагонали, все вершины квадратов должны лежать на соответственной диагонали, допускается отклонение 0,2 мм. Оцифровывают сетку в соответствии с координатами точек теодолитного хода из ведомости координат, значениями, близкими к наименьшему значению координаты и кратными 50 м или 100 м. **Внимание!** Ось X располагается вертикально, Y – горизонтально, оси оцифровываются независимо друг от друга. По координатам наносят все пять точек теодолитного хода на план, пользуясь поперечным масштабом. Контролируют построение: при правильном нанесении точек на план, измеренные графически расстояния между ними должны отличаться от заданных не более чем на 0,2 мм в масштабе плана (10 см в масштабе 1:500). В противном случае точки нужно перестроить.

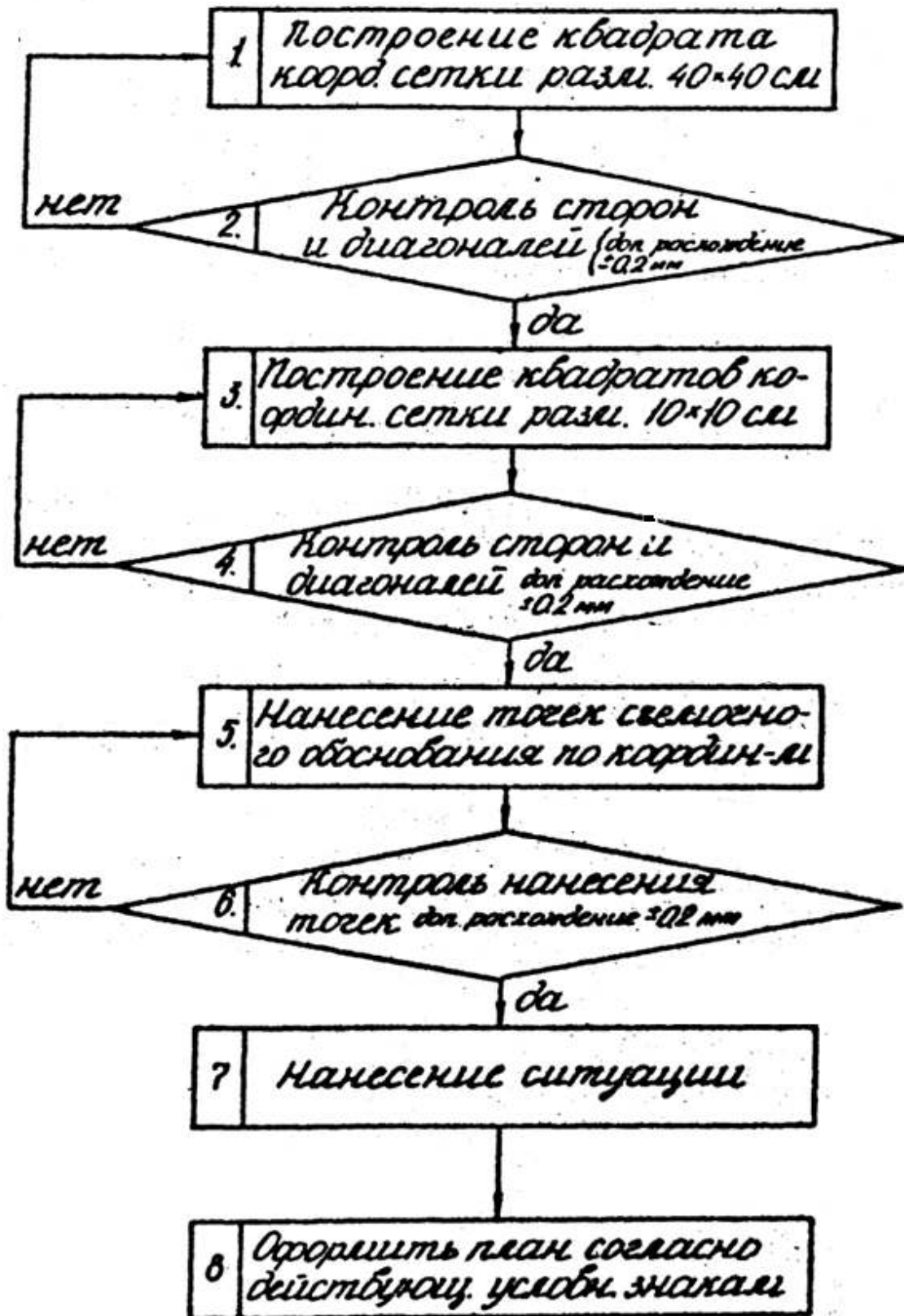
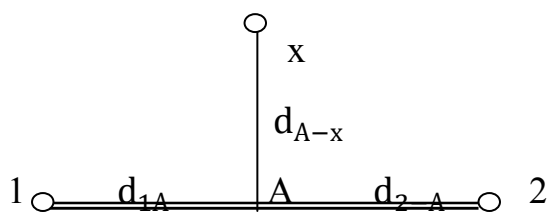
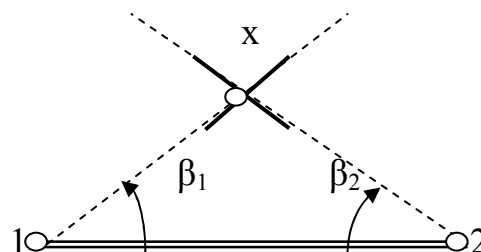


Рис.4. Блок-схема графических построений

Далее приступают к построению ситуации (рис. 5). Ситуацию на план наносят теми же способами, какими производилась ее съемка на местности. Построение производится от сторон и точек теодолитного хода и от точек ранее снятых капитальных сооружений (от углов дома). Применяют следующие способы построения:

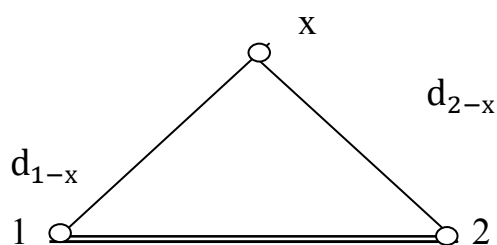


прямоугольных координат

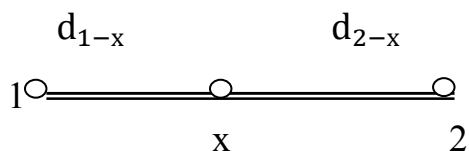


угловых засечек

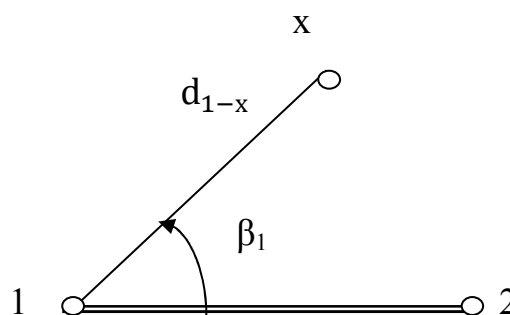
линейных засечек



Створных промеров



полярных координат



Обхода или обмера

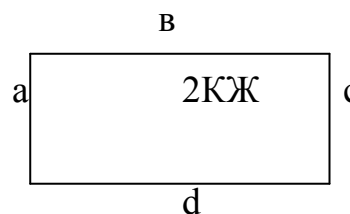


Рис.5. Способы построения точек на плане

При значительном удалении проектных точек от точек геодезической опоры или строительной сетки применяется способ угловых засечек. Для этого

на плане и на местности необходимо иметь как минимум две опорные точки, с которых известны направления на определяемую точку. На рисунке 5 видно, что для получения проектной точки x на плане использованы горизонтальные углы β_1 и β_2 соответственно при опорных точках 1 и 2. Положение искомой точки x получают в пересечении направлений, полученных в результате откладывания углов.

В случае большой застроенности участка и невозможности использования геодезической опоры применяют способ линейных засечек от постоянных предметов и капитальных сооружений на местности.

Способ линейных засечек (строим люк смотрового колодца) применяется при коротких расстояниях, не превышающих длину мерного прибора, между проектными и опорными точками. В этом случае циркулем измерителем откладываются два отрезка в соответствии с абрисом местности соответственно от точек 1 и 2 на плане. Искомая точка x получается как точка пересечения этих отрезков.

Полярный способ (рис. 5) выноса точек в натуру является наиболее маневренным и потому наиболее используемым. Проектная точка получается на плане после построения горизонтального угла β_1 относительно известной линии 1-2 и откладывания проектной длины d_{1-x} вдоль полученного направления (строим точки границы сада и луга).

Способ прямоугольных координат (строим два угла здания) заключается в откладывании двух заданных расстояний d_{1-A} и d_{2-A} с целью получения основания перпендикуляра – точки A . Затем в точке A строят перпендикуляр к стороне теодолитного хода, на котором откладывают отрезок d_{A-x} и получают точку x . Способ обмера или обхода включает откладывание горизонтальных проложений последовательно, под прямыми углами по отношению друг к другу. Таким образом, на плане в расчетно-графической работе получают контур здания.

При способе створных промеров (строим точки дороги, точку границы сада и луга) положение точки на плане получают, откладывая заданные расстояния по стороне теодолитного хода.

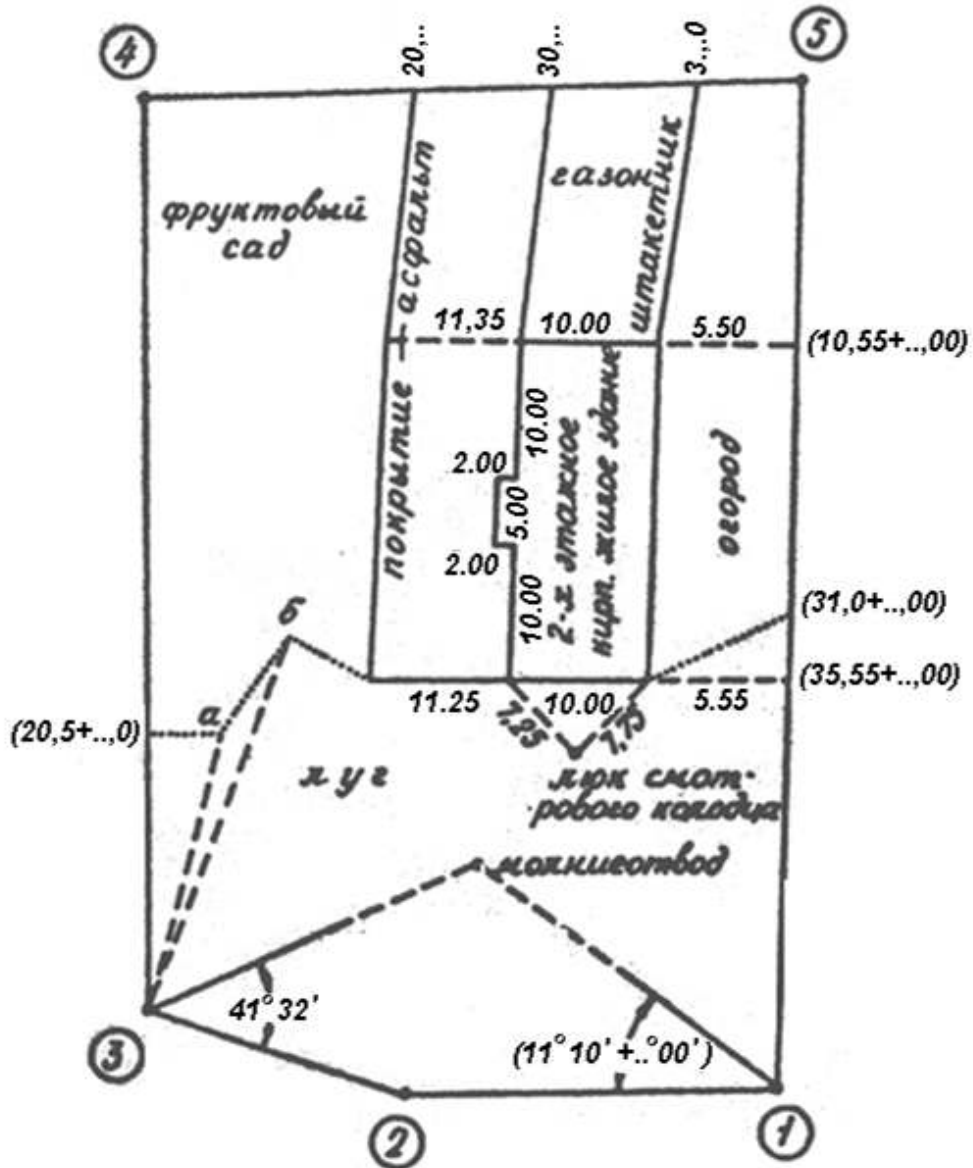
В данной расчетно-графической работе углы здания получают способом перпендикуляров, от углов здания строят люк смотрового колодца способом линейных засечек. Контур здания получают способом обмера или обхода. Положение молниеотвода получают способом угловых засечек. Одну точку границы сада и луга и ограждения строят способом створных промеров, две другие – a и b – полярным способом.

Следует обратить внимание, что все горизонтальные проложения и углы даны на абрисе горизонтальной съемки. Каждый студент использует абрис съемки своего варианта. На абрисе указаны значения горизонтальных проложений и углов, а также номера точек и линий теодолитного хода, от которых ведут построение точек местности. В данных методических указаниях показан пример построения точки местности в общем случае.

Горизонтальные проложения откладывают в масштабе 1:500, используя поперечный масштаб и циркуль-измеритель. Углы строят геодезическим транспортиром с точностью 20'.

После построения, план оформляют в соответствии с условными знаками (табл.3). Условные знаки должны вычерчиваться строго в соответствии с их видом и размерами, указанными в данных методических указаниях.

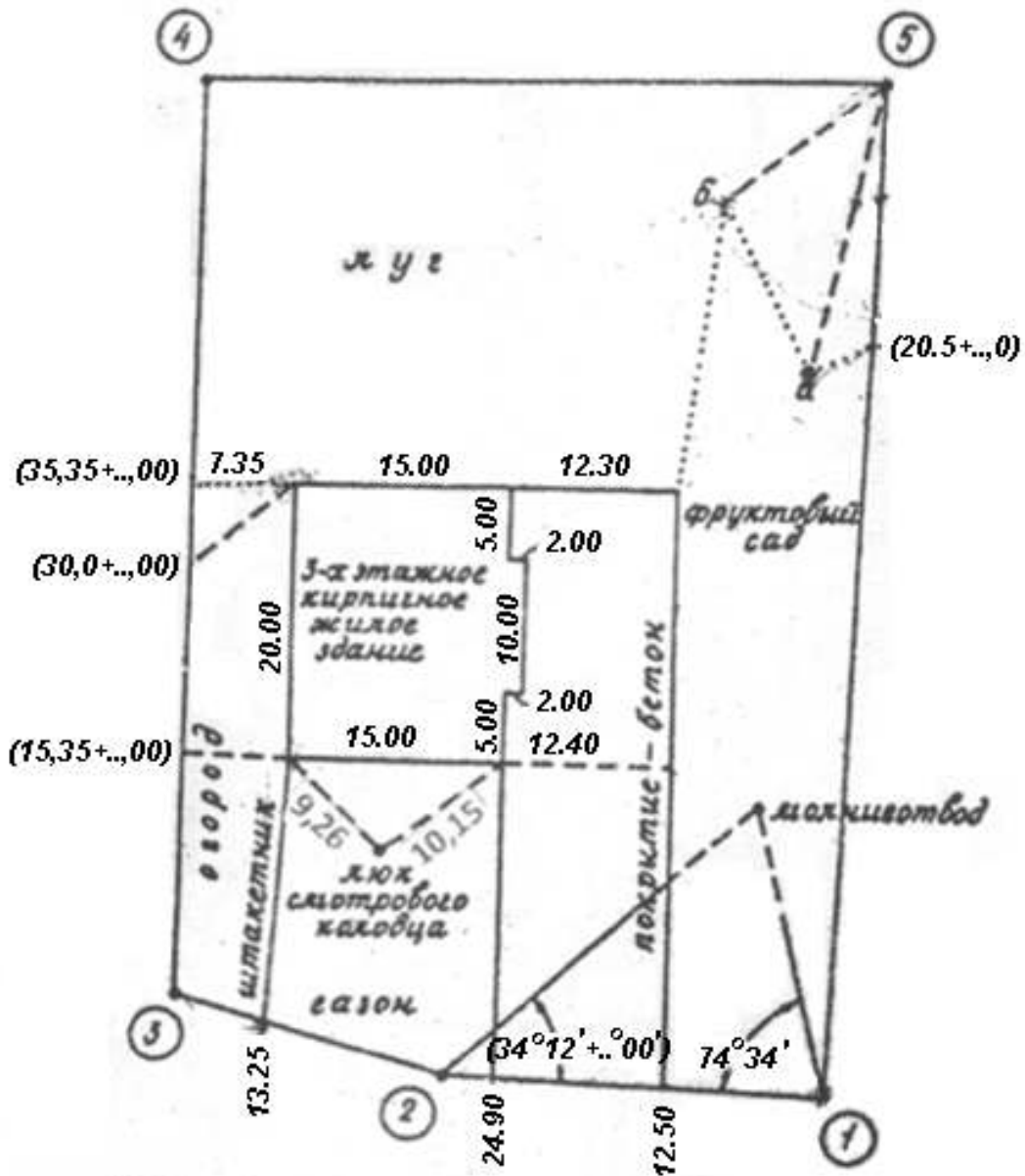
Для сдачи работы студент должен иметь оформленные ведомость вычисления координат теодолитного хода (табл. 4) и план теодолитной съемки в масштабе 1:500 (стр. 19). Сдача работы заключается в выполнении работы, оформлении ее в соответствии с требованиями и защите работы на консультации. Защита заключается в ответе на контрольные вопросы по теме работы.



Съемка полярным способом

Станция № 3			
№ п/п набл. точка	отсчет по гориз. кругу		горизонт. проекции μ
	°	'	
4	0	00	—
а	16	..	20,0+...0
б	24	15	30,5

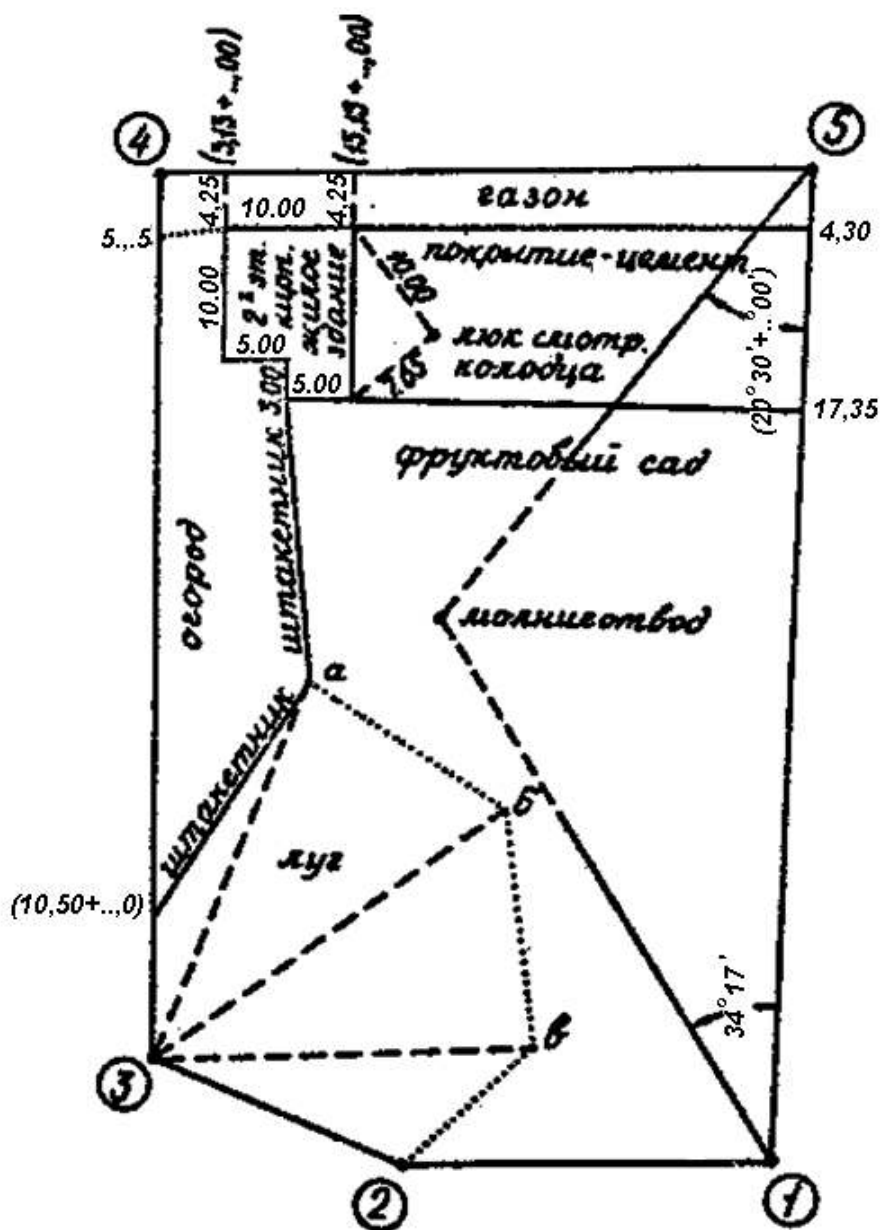
Рис.6. Абрис горизонтальной съемки (блок варианта «А»)



Съемка полярным способом

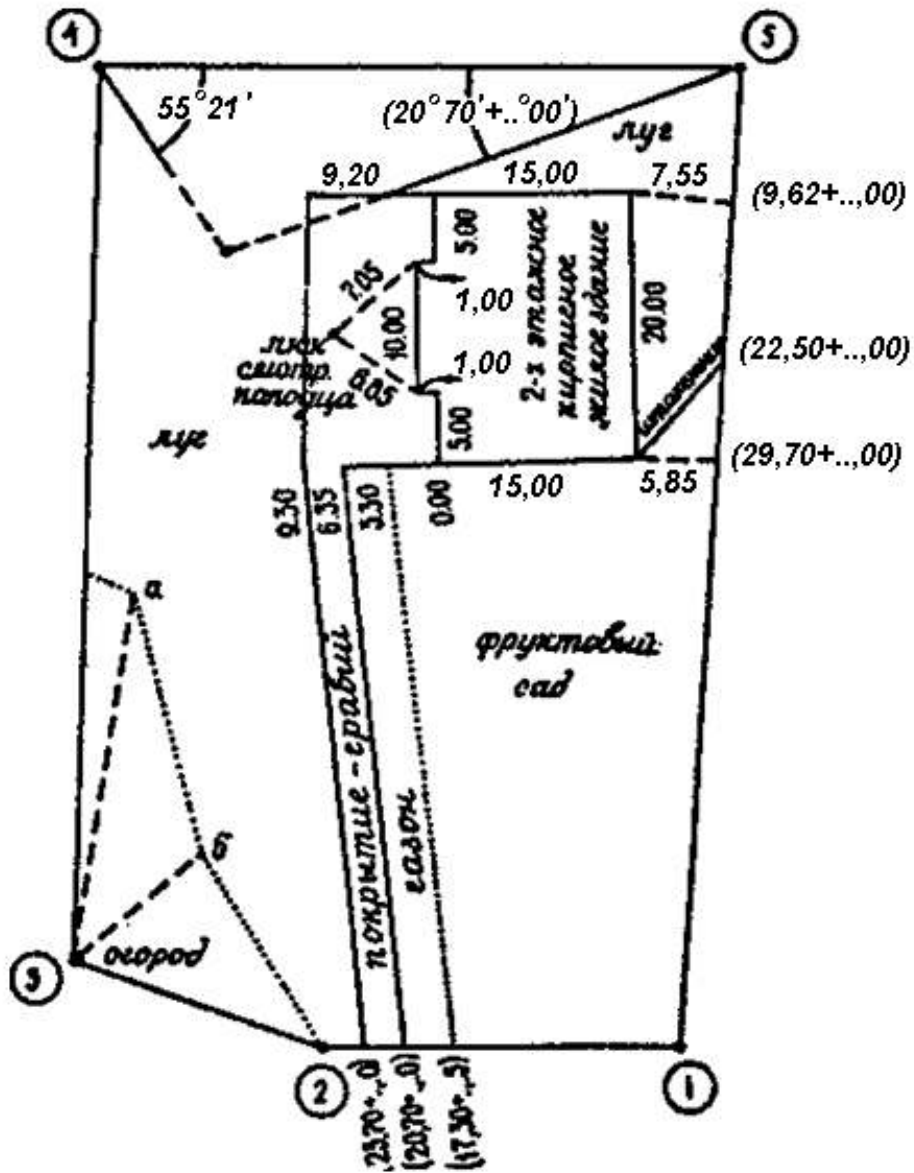
Станция № 5			
№ и нав. точек	отсчит по гориз. кругу		горизонт. проложение, м
	'	"	
1	0	00	-
a	10	..	22,0+...,0
b	49	35	15,0

Рис.7. Абрис горизонтальной съемки (блок варианта «Б»)



СТАНЦИЯ №3			
NN кварт. точка	ДИСТАНЦИЯ ПО ЕДИНЦ. ХОДУ		Средняя протяженность м.
	'	''	
④	0	00	—
a	25	..	(10,0+...0)
b	52	25	34,50
в	34	15	3,..

Рис.8. Абрис горизонтальной съемки (блоки вариантов «В» и «Ж»)



Станция №3			
№ набр. точек	отсчет по гориз. кругу		горизонт. проложение, м
	°	'	
4	0	00	—
а	10	..	15,0+...0
б	51	24	12,5

Рис.9. Абрис горизонтальной съемки (блоки вариантов «Г» и «З»).

Таблица 3 – Условные знаки для топографических планов масштаба 1:500

№	Названия условных знаков	Изображение на плане
1	Точки съемочных сетей (слева – номер точки)	
2	Постройки огнестойкие (кирпичные, каменные) жилые выше одного этажа	
3	Молниеотводы на столбах	
4	Смотровые колодцы (люки)	
5	Проезжие части улиц при наличии бордюрного камня с твердым покрытием (покрытие: А – асфальт, Б – бетон, Ц – цемент, Г – гравий)	
6	Заборы деревянные решетчатые	
7	Луговая травянистая растительность высотой менее 1 м (разграфка наносится параллельно вертикальным линиям координатной сетки)	
8	Сады фруктовые (разграфка наносится параллельно наиболее длинной стороне контура)	
9	Огороды	
10	Газоны (разграфка наносится параллельно вертикальным линиям координатной сетки) Примечание: при вычерчивании плана следует соблюдать размеры, указанные цифрами в мм рядом с условными знаками.	

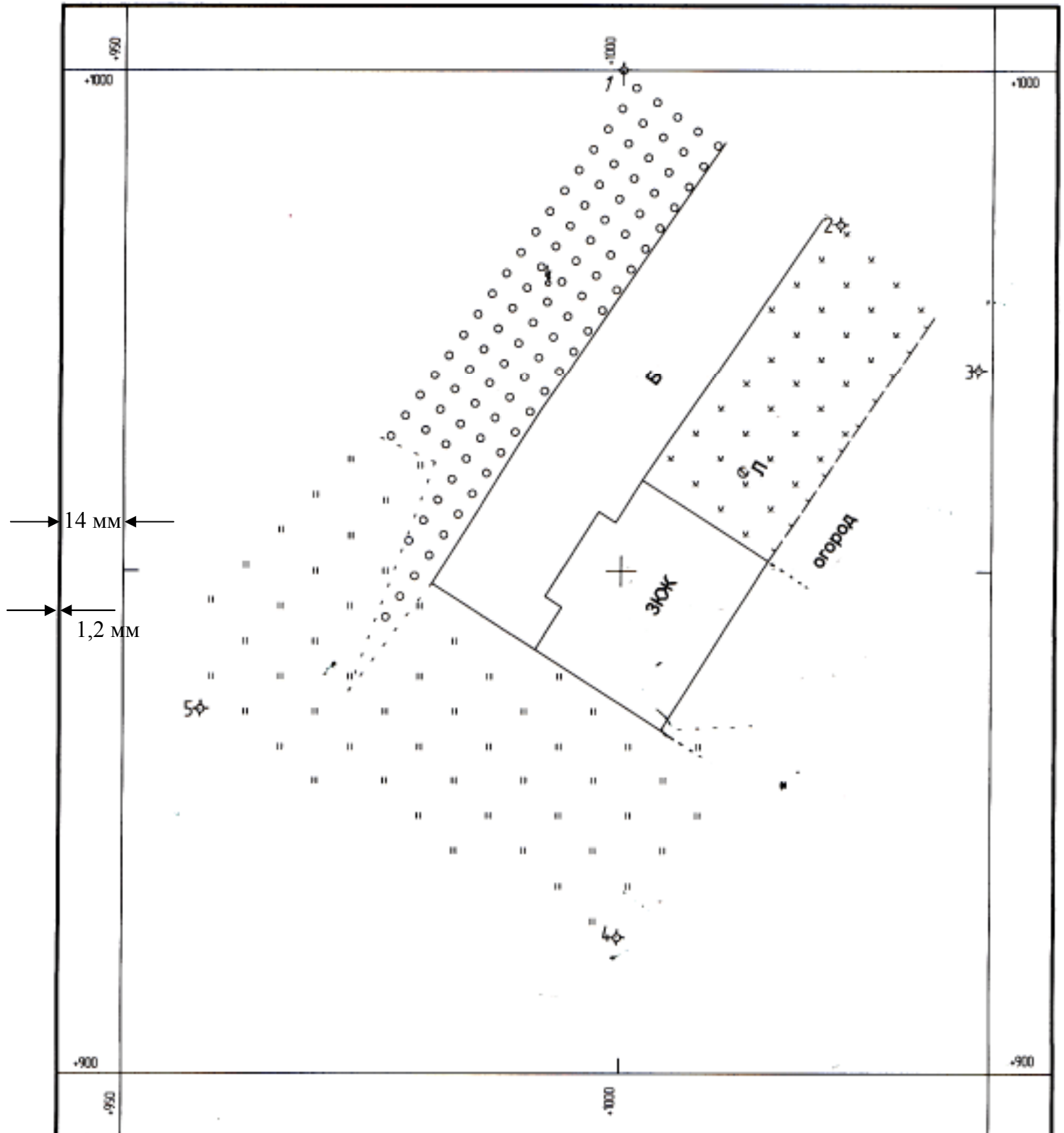
Таблица 4 – Ведомость вычисления координат теодолитного хода

№ точки	Измеренные углы		Поправки	Исправленные углы		Дирекционные углы		Название румба	Румбы		Длины линий	Приращения, м								Координаты, м				№ точек
	°	′		°	′	°	′		°	′		вычисленные				исправленные				±	x	±	y	
												±	Δx	±	Δy	±	Δx	±	Δy					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1						80	08,0	св	80	08,0	26,76	+	4,59	+	26,36	+	4,60		26,36	+	1000,00	+	1000,00	1
2	169	00,8	+0,1	169	00,9															+	1004,60	+	1026,36	2
						91	07,2	ю	88	52,8	20,05	-	0,39	+	20,05	-	0,39	+	20,05					
3	103	44,5	+0,1	103	44,6															+	1004,21	+	1046,41	3
						167	22,6	ю	12	37,4	67,14	-	65,52	+	14,67	-	65,50	+	14,67					
4	93	50,5		93	50,5															+	938,71	+	1061,08	4
						253	32,0	юз	73	32,1	47,67	-	13,51	-	45,71	-	13,49	-	45,70					
5	85	10,0		85	10,0															+	925,22	+	1015,38	5
						348	22,0	сз	11	38,0	76,33	+	74,76	-	15,39	+	74,78	-	15,38					
1	88	14,0		88	14,0															+	1000,00	+	1000,00	1
2						80	08,0																	2
Σ _{визм}	539	59,8	+0,2	540	00	Периметр ΣD					237,95	ΣΔx _{вп} = -0,07		ΣΔy _{вп} = -0,02		ΣΔx = 0,00		ΣΔy = 0,00		10.10.13 г. Вычислил: Белова А.С. Вариант 8				
Σ _{теор}	540	00			fβ _{доп} = ±1'√n = ±2,2', где n – число углов хода; невязка в периметре $f_d = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 0,08$ м; относительная невязка $f_{отн.} = \frac{f_d}{\Sigma D} = \frac{1}{\dots} \leq \pm \frac{1}{2000}$.					ΣΔx _{теор} = 0		ΣΔy _{теор} = 0												
fβ	-00	00,2								f _x = -0,07		f _y = -0,02												
fβ _{доп}	00	02,2'																						

ПЛАН ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ Вариант А-30

Система координат условная

Нижегородская обл. Н. НОВГОРОД, ул. САДОВАЯ



ННГАСУ

1:500

Преподаватель: . В 1 сантиметре 5 метров

Студент группы 169 Петров А.В

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой теодолитный ход, и для каких целей создается.
2. Какие исходные данные необходимы для вычисления прямоугольных координат точек теодолитного хода?
3. Сущность прямой геодезической задачи, формулы.
4. Какие виды невязок существуют при обработке ведомости координат теодолитного хода: определение и формулы.
5. Виды контроля вычислений при обработке ведомости вычисления координат точек теодолитного хода.
6. Что называется дирекционным углом и румбом линии местности.
7. Схема и формулы перехода от дирекционных углов к румбам.
8. Порядок построения плана теодолитной съемки.
9. Относительно каких точек можно строить ситуацию на плане?
10. Какова точность угловых и линейных построений на плане масштаба 1:500?
11. Способы построения ситуации и контуров на плане: название способа, графическое пояснение, сущность.
12. На плане показать по выбору преподавателя приращение координат и дирекционный угол стороны теодолитного хода.
13. Указать виды условных знаков на плане.

Расчетно-графическая работа №2

Продольное нивелирование трассы

Трасса – ось сооружения линейного типа. Комплекс работ по выбору оптимального варианта трассы, требующего наименьших затрат на строительство, не нарушающего существующий ландшафт местности называется трассированием. Если трассирование выполняют на топографических картах, оно называется камеральным. Трассирование, выполняемое на местности, называется полевым. В состав работ любого вида трассирования входит разбивка пикетов – точек по прямым участкам трассы, закрепляемым через каждые 100 м, плюсовых точек, характеризующих рельеф местности на трассе, поперечников – в местах неравномерного уклона местности вдоль трассы, составление продольного профиля трассы, профилей поперечников, составление плана трассы.

В данной расчетно-графической работе даны результаты полевого трассирования: продольного нивелирования трассы. Каждый студент должен выписать из второй части методических указаний для РГР на бланк журнала нивелирования отсчеты по черной и красной стороне рейки на пяти станциях нивелирования. Нивелирный ход разомкнутый, поэтому в качестве исходных данных имеются две абсолютные отметки реперов – начального и конечного. Абсолютные отметки реперов необходимо выписать из первой части методических указаний. **Порядок обработки журнала нивелирования** следующий (рис. 10). Вычисляют на каждой станции нивелирования превышение по черной и красной стороне рейки как разность задних и передних отсчетов по рейке: $h = \text{зад.} - \text{пер.}$ Расхождение превышений по черной и красной стороне рейки не должно превышать 5 мм для нивелирования технической точности. Если это так, то находят среднее превышение с точностью до 1 мм, дробное значение которого округляют в четную сторону. Далее выполняют постраничный контроль, который заключается в равенстве полуразности сумм задних и передних отсчетов по рейке на странице сумме средних превышений на этой же странице. Вычисления на странице журнала выполнены верно, если расхождение не превышает 2 мм – за счет округления. Следующий шаг – вычисление фактической высотной невязки в нивелирном ходе по формуле:

$$f_h = \sum h_{\text{ср.}} - \sum h_{\text{теор.}}; \sum h_{\text{теор.}} = H_{\text{конеч.}} - H_{\text{нач.}}. f_h \leq f_{\text{допуст.}}$$

где f_h - фактическая невязка, $\sum h_{\text{ср.}}$ – сумма средних превышений по всему нивелирному ходу, $\sum h_{\text{теор.}}$ – теоретическая сумма превышений по всему ходу, $H_{\text{конеч.}}$ – абсолютная отметка конечного репера, $H_{\text{нач.}}$ – абсолютная отметка начального репера. Если последнее неравенство выполняется, приступают к распределению невязки. Невязка распределяется в средние превышения в виде поправок – с противоположным знаком, при техническом нивелировании поровну в каждое превышение. В случае, когда невязка поровну не делится, большую поправку вводят в превышения в конце хода. Сумма поправок должна быть равна невязке с противоположным знаком. Далее вычисляют абсолютные от-

метки связующих точек. Связующие точки – задние и передние, по ним происходит передача высот. Абсолютные отметки вычисляют как алгебраическую сумму предыдущей отметки связующей точки и среднего исправленного превышения. Контроль вычисления абсолютных отметок связующих точек – получение в конце журнала нивелирования абсолютной отметки второго репера. На станциях нивелирования, имеющих промежуточные точки, вычисляют горизонт инструмента по формуле: $ГИ = H_A + a$, где H_A – абсолютная отметка связующей точки, a – отсчет по черной стороне рейки в этой точке. Горизонт инструмента вычисляют на каждой станции дважды – для контроля вычисления. Средний горизонт инструмента вычисляют, если расхождение между двумя вычисленными значениями горизонта инструмента не превышает 5 мм. Горизонт инструмента вычисляют с целью дальнейшего вычисления абсолютных отметок промежуточных точек, которые находят как разность среднего значения горизонта инструмента и отсчета по рейке на промежуточной точке.

Журнал нивелирования оформляют ручкой, чертежным шрифтом (стр. 27).

Затем приступают к графической части работы – **построению продольного профиля трассы** и двух профилей поперечников (рис. 13). Масштабы продольного профиля: по горизонтали 1:2000, по вертикали 1:200. Масштаб по горизонтали и вертикали для профилей поперечников берут одинаковый – 1:500. Профили необходимо строить на миллиметровой бумаге произвольного формата.

Допускается по согласованию с преподавателем строить профиль на компьютере, применяя любую компьютерную программу, которой владеет студент (Компас, CREDO, Auto Cad). Исходными данными для построения профиля трассы являются абсолютные отметки пикетов и плюсовых точек и проектные уклоны i_1 и i_2 . Данные для построения кривой: $R=200$ м, φ - выбирают в соответствии со своим вариантом из второй части методических указаний, где R – радиус кривой, φ – угол поворота трассы вправо. Вершина угла поворота имеет пикетажное значение ПК 2+50, т.е. расположена в 250 м от начала трассы ПК0.

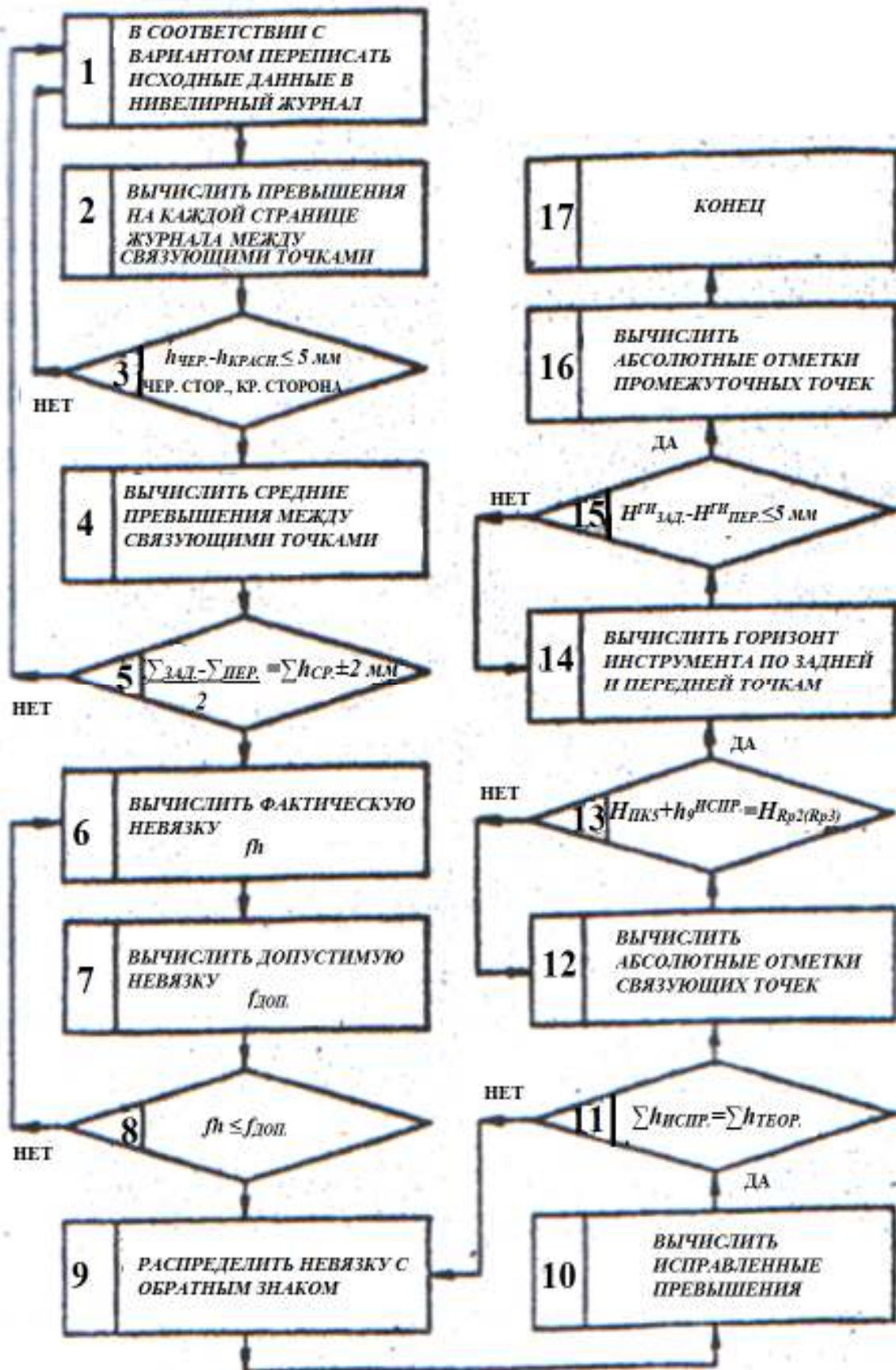


Рис.10. Блок-схема обработки журнала нивелирования трассы

Журнал нивелирования трассы

Дата _____

Измерял _____

Погода _____

Вычислял _____

№ станции	№№ пикетов и пром. точек	Отсчеты по рейке мм			Превышения, мм			Горизонт инструм. м	Абсол. отметки, м	Примечание
		задние	передние	промежуточн.	+	-	среднее			
	Rp1	116					+1		51,237	
1		5816				1518	-1518			
	ПК0		2634			1517			49,720	
			7333							
	ПК0	0361					+1		49,720	
		5059				2319	-2318			
2	X ₁		2680			2316			47,403	
			7375							
	ПК1	2763						49,149	46,386	
4	+60	7464		2563			+1		46,587	
	Л10			1563	1348		1348		47,587	
	Л20			1236	1347			49,150	47,914	
	П10			1768					47,382	
	П20			0940					48,210	
	ПК2		1415					49,150	47,735	
	ПК5	1014	6117				+1		50,550	
9		5713				1513	-1514			
	Rp2		2527			1514			49,037	
	(Rp3)		7227						(53,437)	

 $\sum \text{зад.} = 73683$ $\sum \text{зад.} - \sum \text{пер.} = -2209$ $\sum h_{\text{ср.}} = -2209$ $\sum \text{пер.} = 78101$

2

$\sum \text{зад.} - \sum \text{пер.} = -4418$; $f_{\text{доп.}} = \pm 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{L} = \pm 50 \sqrt{0,5} = \pm 35 \text{ мм}$. $f_h = \sum h_{\text{ср.}} - (H_{\text{кон.}} - H_{\text{нач.}}) = -2209 - (49037 - 51237) = -9 \text{ мм}$. (В примере приведена часть журнала).

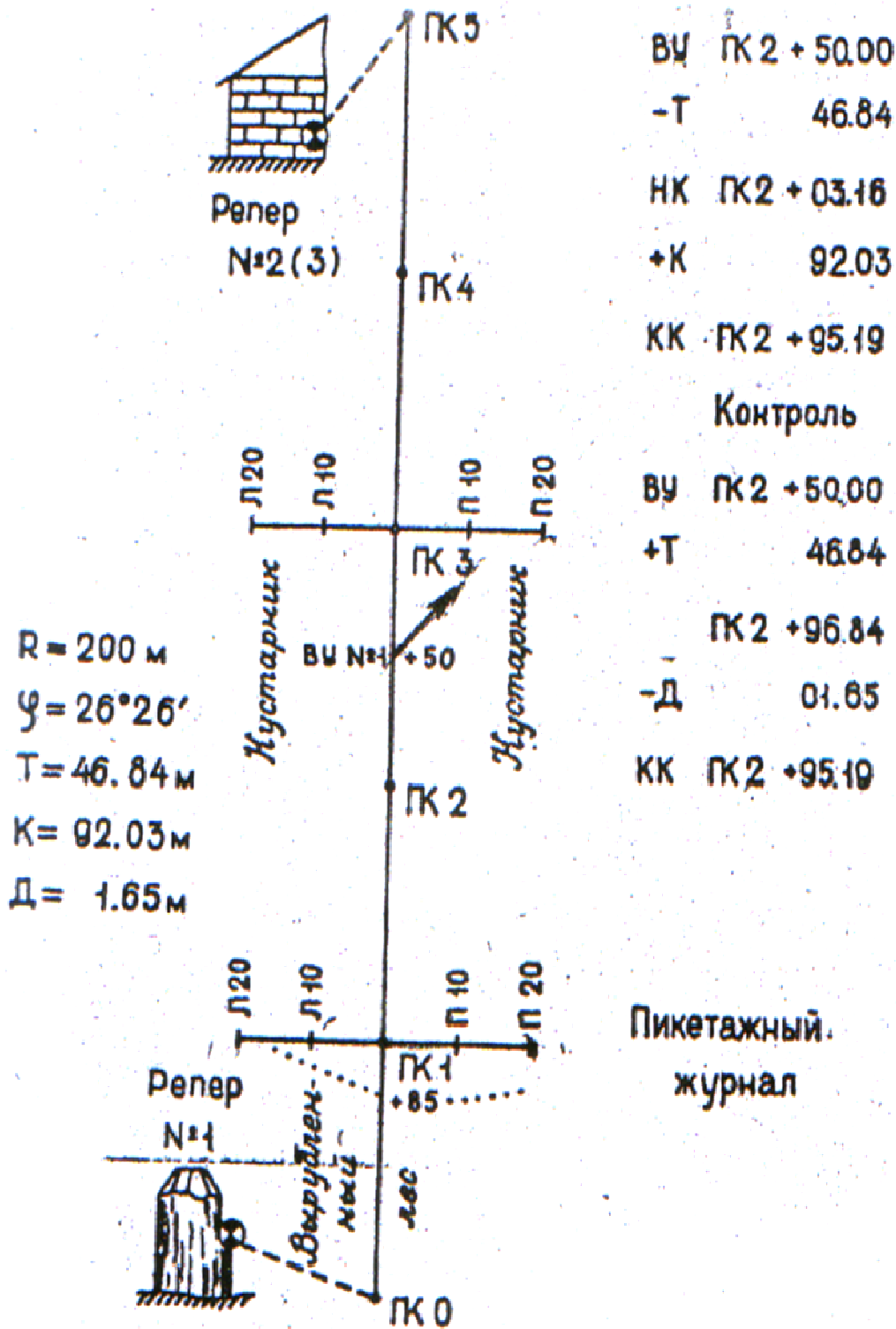


Рис.11. Пикетажный журнал

Построение профиля начинают с выписки абсолютных отметок точек из журнала нивелирования, по которым строят профиль трассы. Затем строят проектную (красную) линию. Для этого вычисляют проектную отметку вершины угла поворота трассы по формуле: где - абсо-

лютная отметка ПК0, одновременно является его проектной отметкой, так как начальная точка проектной линии совпадает с началом трассы; $i_{\text{пр.}}$ – проектный уклон; d_i – расстояние между начальной и конечной точкой уклона, в данном случае 250 м. Далее вычисляют проектные отметки пикетов и плюсовых точек по формуле: $H_{i+1}^{\text{пр.}} = H_i^{\text{пр.}} + i_{\text{пр.}} \cdot d_i$. Таким образом вычисляют проектные отметки на участке от ПК0 до ПК2+50 и от ПК2+50 до ПК5. Контролем вычисления проектных отметок служит получение в конце вычислений проектной отметки ПК5, которая совпадает с его абсолютной отметкой. По проектным отметкам строят проектную линию.

Вычисляют рабочие отметки пикетов и плюсовых точек. Рабочая отметка находится как разность проектной отметки и абсолютной отметки точки: $h_p = H_i^{\text{пр.}} - H_i$. Рабочие отметки показывают вид и объем земляных работ для преобразования существующей поверхности под проектную. В случае, когда рабочая отметка получается со знаком «плюс», она записывается над профилем, необходимо в этом месте делать насыпь. Если отметка получается со знаком «минус», она записывается под профилем и означает выемку земляных масс.

Точки пересечения проектной линии и трассы называются точками нулевых работ. Необходимо рассчитать расстояние от этих точек до ближайших пикетов

или плюсовых точек по формуле: $S_i = \frac{|h_i|}{|h_i| + |h_{i+1}|} \cdot S$ (вычисление расстояния сле-

ва от точки нулевых работ, т.е. до предыдущего пикета) и $S_{i+1} = \frac{|h_{i+1}|}{|h_i| + |h_{i+1}|} \cdot S$

(расстояние до следующего пикета). Здесь S – общее расстояние между точками, h_i – рабочая отметка левой точки, h_{i+1} – рабочая отметка правой точки. Контроль вычислений: сумма $S_i + S_{i+1}$ должна быть равна S .

Следующий шаг – построение плана прямых и кривых участков трассы. Для построения горизонтальной круговой кривой, необходимо вычислить главные элементы кривой, а затем пикетаж главных точек кривой. Для этого дано: радиус кривой $R=200$ м, $\varphi=^\circ \square$ - угол поворота трассы вправо. Главные элементы кривой вычисляют по формулам: $T = R \cdot \tan \frac{\varphi}{2}$, $K = \frac{\pi R \varphi}{180^\circ}$, $B = R \cdot \left(\sec \frac{\varphi}{2} - 1 \right)$, $D = 2T - K$. Где T – тангенс, касательная к кривой, расстояние от вершины угла до начала кривой и от вершины угла до конца кривой; K – длина горизонтальной круговой кривой; B – биссектриса – расстояние по биссектрисе угла трассы от вершины угла до середины кривой; D – домер, отрезок от вершины угла поворота трассы по следующему направлению трассы. Домер откладывают при разбивке пикетов, чтобы учесть закругление при повороте трассы (рис. 12).

На рисунке: φ – угол поворота трассы (в данном случае вправо); ВУ – вершина угла; НК – начало кривой; КК – конец кривой; СК – середина кривой. Эти точки называют главными точками кривой. R – радиус кривой.

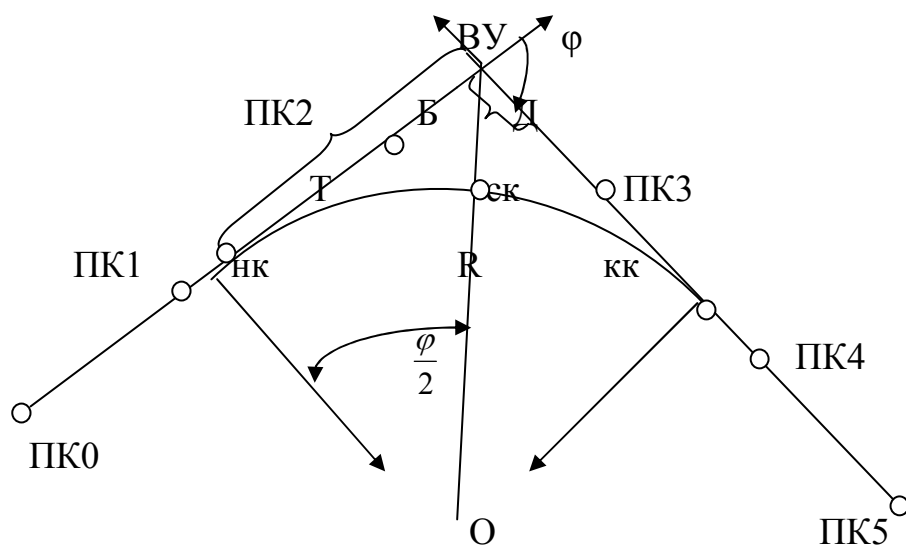


Рис.12. Главные точки горизонтальной круговой кривой

Вычисляют пикетажное значение, то есть расстояние от предыдущего пикета, главных точек кривых по формулам:

ВУ	Контроль: ВУ
<u>-Т</u>	<u>+Т</u>
НК
<u>+К</u>	<u>-Д</u>
КК	КК

По пикетажным значениям находят на плане главные точки кривых и проводят через них вертикальные линии. Трасса поворачивает вправо, поэтому закругление будет сверху, в соответствии с выпуклостью кривой на местности.

Вычисляют и записывают соответственно справа и слева от главных точек кривой расстояния до предыдущего и последующего пикета. Подписывают под горизонтальной линией значение прямого участка трассы от ПК0 до ПК2+50, а сверху – значение румба. Румб первого направления у всех студентов одинаковый – $25^\circ 25'$, румб следующего направления находят как сумму первого угла и угла поворота трассы вправо.

При заполнении графы профиля «развернутый план трассы» нужно руководствоваться пикетажным журналом (рис. 11). План строят в горизонтальном масштабе, т.е. 1:2000 и оформляют в соответствии с условными знаками.

На профилях поперечников проектная линия имеет нулевой уклон (рис. 13), ее отметка равна проектной отметке осевой точки поперечника. Проектную отметку этой точки вычисляют на продольном профиле.

Красным цветом на профиле чертят графы: уклоны, проектные отметки, план прямых и кривых. Рабочие отметки тоже подписывают красным цветом.

Для сдачи работы студент должен иметь оформленные журнал нивелирования и профили трассы и поперечников. Работу необходимо защитить, ответив на контрольные вопросы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что называется трассой?
2. Дайте определение пикетов и плюсовых точек.
3. Вид нивелирования трассы. Точность нивелирования.
4. Порядок измерения связующих и промежуточных точек на станции нивелирования.
5. Порядок обработки журнала нивелирования трассы.
6. Что называется углом поворота трассы?
7. Для чего вписывают горизонтальные круговые кривые на трассе?
8. Какие главные точки горизонтальной круговой кривой и главные элементы кривой вы знаете?
9. Нарисуйте схему кривой, обозначьте ее главные точки. Напишите формулы вычисления главных элементов кривой.
10. Что называется пикетажным значением точки? Напишите формулы вычисления пикетажных значений главных точек кривой.
11. Расскажите порядок построения продольного профиля трассы.
12. Напишите формулы вычисления проектных отметок. В чем заключается контроль их вычисления?
13. Как построить проектную линию на продольном профиле трассы?
14. Как вычислить рабочие отметки и что они показывают.
15. По каким формулам вычисляют расстояния от точек нулевых работ до пикетов и плюсовых точек.
16. Порядок построения плана прямых и кривых.
17. Порядок построения профилей поперечников.
18. Чему равен уклон проектной линии на поперечных профилях?
19. С какой целью строят продольный профиль трассы и профили поперечников?