

17. Как определяют значения проектных уклонов по осям координат при проектировании наклонных площадок?

18. Как изображают проектный рельеф?

19. Расскажите о последовательности расчетов и графических построений при нанесении проектных горизонталей.

20. Значения каких величин приводят на картограмме земляных работ?

21. Как по картограмме вычисляют объемы земляных работ?

22. Объясните, что такое условие баланса земляных масс.

23. Расскажите о расчетах при определении проектной высоты горизонтальной площадки.

24. Как определяют положение линии нулевых работ?

Глава 11

ПОДГОТОВКА РАЗБИВОЧНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПЕРЕНЕСЕНИЯ В НАТУРУ ПРОЕКТОВ ПЛАНИРОВКИ И ЗАСТРОЙКИ

§ 46. Подготовка проектов перенесения на местность красных линий и границ сельскохозяйственных и природных угодий

Цель задания: приобрести устойчивые навыки в определении координат точек и отрезков по плану с точностью масштаба плана, научиться решать прямую и обратную геодезические задачи на микрокалькуляторе, а также составлять разбивочные чертежи.

Подготовка проекта заключается в составлении технической документации, содержащей необходимые числовые и графические данные, для перенесения на местность красных линий, границ землепользования. Исходным материалом для подготовки проекта перенесения является план красных линий, входящий в состав проекта детальной планировки города, микрорайона, поселка или генеральный план участка застройки с нанесенными красными линиями, а для сельских мест — план землепользований с границами сельскохозяйственных и природных угодий.

В процессе подготовки проекта по координатам точек поворота красных линий производят аналитический расчет красных линий, т. е. рассчитывают координаты их промежуточных точек. К точности перенесения границ угодий не предъявляют высоких требований (межевые знаки, обозначающие границу угодий, выносят в натуру в большинстве случаев с погрешностью до 1 м). Поэтому разбивочные данные для перенесения границ угодий определяют графически по плану.

Геодезической основой при перенесении красных линий и границ угодий могут служить теодолитные ходы, проложенные ранее для съемки городских территорий и сельскохозяйственных площадей. При отсутствии съемочного обоснования вблизи переносимых в натуру красных линий или границ угодий геодезическую основу создают специально.

Красные линии и границы угодий переносят в натуру от пунктов геодезической основы преимущественно полярным способом.

Подготовка проекта перенесения красной линии включает следующее:

1. Определение по плану координат X и Y точек поворота красной линии.
2. Расчет координат X и Y промежуточных точек.
3. Расчет координат X и Y створных точек на сторонах теодолитного хода.
4. Расчет разбивочных элементов для перенесения на местность красной линии.
5. Составление разбивочного чертежа.

Подготовка проекта для границы угодий заключается в графическом определении по плану линейных и угловых разбивочных элементов и составлении разбивочного чертежа.

Задание 1. На топографическом плане (см. рис. 70) запроектировать красную линию и определить координаты ее точек.

Пособия и принадлежности: микрокалькулятор и лист чертежной бумаги формата А3.

Последовательность выполнения задания.

1. Нанесение на топографическом плане красной линии.
2. Графическое определение координат начальной и конечной точек красной линии.
3. Вычисление дирекционного угла α красной линии и расстояния d между начальной и конечной точками.
4. Нанесение промежуточных точек на красной линии и расчет их координат.

Пояснение к заданию. На топографическом плане (рис. 82) наносят начальную и конечную точки A и B красной линии. Графически с точностью масштаба плана определяют координаты X и Y этих точек.

В нашем примере координаты точки A : $X_A = +507,40$; $Y_A = +582,00$; точки B : $X_B = +586,35$; $Y_B = +580,15$.

Значения дирекционного угла α_{AB} направления AB и расстояния d_{AB} рассчитывают по формулам обратной геодезической задачи:

$$\Delta x = x_B - x_A; \quad \Delta y = y_B - y_A; \quad (129)$$

$$\operatorname{tg} r = \Delta y / \Delta x; \quad d = \Delta x / \cos r = \Delta y / \sin r,$$

где r — румб направления AB .

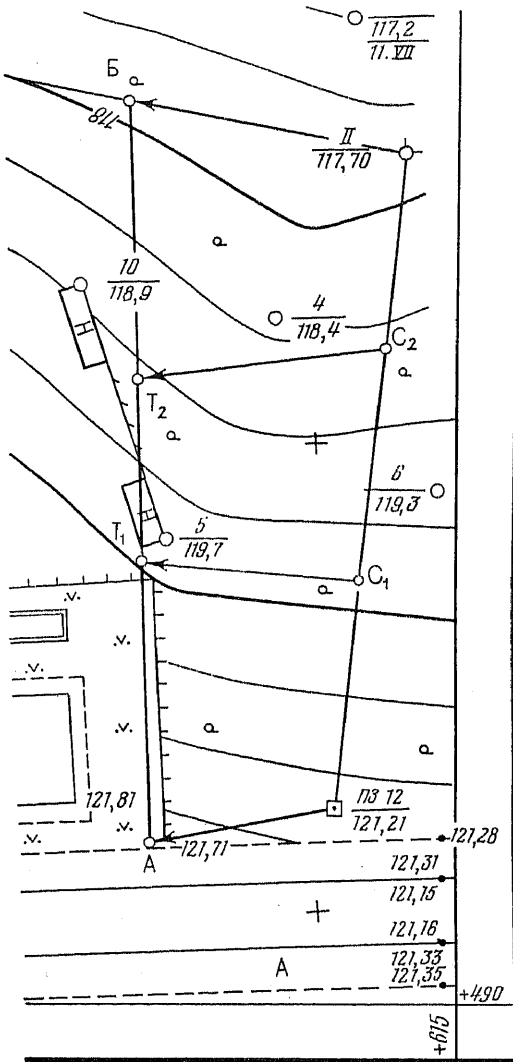


Рис. 82. Образец проектирования красной линии на топографическом плане

Порядок расчета α_{AB} и d_{AB} на микрокалькуляторе «Электроника МК-51» приведен в табл. 71. При расчете целесообразно использовать часть формул (129) в измененном виде:

$$r = \arctg(\Delta y / \Delta x); \quad d = \Delta y \operatorname{cosec} r.$$

Контроль:

$$\sqrt{d^2 - (\Delta y)^2} = \Delta x.$$

Таблица 71

Решение обратной геодезической задачи на микрокалькуляторе с тригонометрическими функциями

Номер операции	Последовательность нажатия клавиш	Показания индикатора	Пояснения
1	580×15	580,15 ^Г	Ввели исходное значение $Y_B = 580,15$
2	—	580,15 ^Г	
3	582×	582,00 ^Г	Ввели исходное значение $Y_A = 582,00$
4	=	-1,85 ^Г	Получили $\Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A =$ $= 580,15 - 582,00 = -1,85$
5	X → П	-1,85 ^{ПГ}	Значение ΔY_{AB} ввели в регистр памяти
6	586×35	586,35 ^{ПГ}	Ввели исходное значение $X_B = 586,35$
7	—	586,35 ^{ПГ}	
8	507×4	507,40 ^{ПГ}	Ввели исходное значение $X_A = 507,40$
9	=	78,95 ^{ПГ}	Получили $\Delta X_{AB} = X_B - X_A = 586,35 -$ $- 507,40 = 78,95$
10	1/X	0,0126662 ^{ПГ}	Получили обратную величину $1/\Delta X_{AB}$, которую умножаем на значение, возвращенное из регистра памяти. (значение ΔY_{AB} остается в регистре памяти)
11	X	0,0126662 ^{ПГ}	
12	П → X	-1,85 ^{ПГ}	Получили $\Delta y/\Delta x = \operatorname{tg} r$
13	=	-0,0234326 ^{ПГ}	
14	F	-0,0234326 ^{ПГ}	
15	tg ⁻¹	-1,3423407 ^{ПГ}	Получили в градусах значение румба направления AB, т. е. выполнили операцию $r^0 = \operatorname{arctg} (\Delta y/\Delta x)$
16	sin	-0,0234261 ^{ПГ}	Получили значение $\sin r$
17	1/X	-42,68743 ^{ПГ}	Получили значение $\operatorname{cosec} r$, которое умножаем на значение Δy_{AB}
18	X	-42,58743 ^{ПГ}	
19	П → X	-1,85 ^{ПГ}	
20	=	78,971746 ^{ПГ}	Получили результат $d_{AB} = \Delta y_{AB} \operatorname{cosec} r$, т. е. расстояние между точками A и B, равное 68,97 м Продолжим программу вычислений для контроля полученных результатов
21	F	78,971746FПГ	
22	X ²	6236,5366 ^{ПГ}	Возвели в квадрат значение d_{AB} , от которого вычитаем
23	—	6236,5366 ^{ПГ}	
24	[[0 ^{ПГ}	
25	П → X	-1,85 ^{ПГ}	значение Δy_{AB} , возвращенное из регистра памяти
26	F	-1,85FПГ	
27	X ²	3,4225 ^{ПГ}	Возведение в квадрат Δy_{AB}
28)]	3,4225 ^{ПГ}	
29	=	6233,1141 ^{ПГ}	Получили $d^2_{AB} - (\Delta y_{AB})^2 = (\Delta x_{AB})^2$
30	√	78,950073 ^{ПГ}	Извлекли квадратный корень. Получили результат, который должен быть равен Δx_{AB} . Контрольное равенство соблюдено. Расчет закончен

Продолжение табл. 71

Номер операции	Последовательность нажатия клавиш	Показание индикатора	Пояснения
31 32	С X→ П	0 ^{нг} 0 ^г	<p>Приводим микрокалькулятор в исходное состояние</p> <p>Далее находим значение дирекционного угла α_{AB}, учитывая знаки Δx_{AB} и Δy_{AB}: если $\Delta x > 0$, $\Delta y > 0$, то $\alpha = r$; $\Delta x < 0$, $\Delta y > 0$, $\alpha = 180^\circ - r$; $\Delta x < 0$, $\Delta y < 0$, $\alpha = 180^\circ + r$; $\Delta x > 0$, $\Delta y < 0$, $\alpha = 360^\circ - r$</p> <p>Поскольку $\Delta x_{AB} = +78,95$; $\Delta y_{AB} = -1,85$, то $\alpha_{AB} = 360^\circ - 1,342^\circ = 358,658^\circ$</p> <p>На микрокалькуляторах, у которых отсутствует клавиша $^{\circ}$, доли градуса следует перевести в минуты так: $358,658^\circ - 358 \times 60 = 39,48'$, т. е. $\alpha_{AB} = 358^\circ 39,5'$</p>

При отсутствии микрокалькулятора с тригонометрическими функциями расчеты можно производить на простейших микрокалькуляторах, когда значения $\sin r$, $\cos r$ и $\operatorname{tg} r$ определены по таблицам натуральных значений тригонометрических функций. Пример решения показан в табл. 72.

Таким образом, $\alpha_{AB} = 358^\circ 39,5'$ и $d_{AB} = 78,97$ м.

На красной линии намечают промежуточные точки Т. При этом расстояния между смежными точками красной линии не должны превышать 50 м. Между точками циркулем-измерителем с помощью поперечного масштаба измеряют отрезки d . Сумму Σd отрезков сравнивают с длиной красной линии, рассчитанной по координатам начальной и конечной точек, увязывают и по формулам прямой геодезической задачи вычисляют координаты промежуточных точек Т.

В нашем примере на красной линии АБ наметим промежуточные точки Т₁, Т₂ (см. рис. 82). Измерим расстояния d между точками А и Т₁, Т₁ и Т₂, Т₂ и Б. В масштабе плана расстояния соответственно равны 29,85; 19,35 и 29,65 м. Увязку этих расстояний и расчет координат произведем в таблице (прил. 2).

В столбец 2 запишем значение α_{AB} , в столбцах 7 и 8 — координаты X_A , Y_A и X_B , Y_B точек А и Б. В столбец 3 запишем измеренные расстояния d и вычислим их сумму Σd . Рассчитаем линейную невязку f_d по формуле $f_d = \Sigma d - d_{AB}$. Если f_d не превышает допустимой величины невязки $f_{d \text{ доп}}$, вычисляемой по формуле $f_{d \text{ доп}} = 0,0003N \sqrt{n}$ м, где N — знаменатель мас-

Таблица 72

Решение обратной геодезической задачи с использованием таблиц натуральных значений тригонометрических функций

Номер операции	Формулы и обозначения	Значения величин	Пояснения
1	Y_B	+580,15	—
3	Y_A	+582,00	—
5	$\Delta y_{AB} = Y_B - Y_A$	-1,85	—
10	$\sin r$	0,023 426	—
12	$d_{AB_1} = \Delta y_{AB} / \sin r$	78,972	—
2	X_B	+586,35	—
4	X_A	+507,40	—
6	$\Delta X_{AB} = X_B - X_A$	+78,95	—
11	$\cos r$	0,999726	—
13	$d_{AB_2} = \Delta x_{AB} / \cos r$	78,972	—
7	$\operatorname{tg} r = \Delta y / \Delta x$	-0,023 433	—
8	r	СЗ : 1°20,5'	—
9	$\alpha = 360^\circ - r$	358°39,5'	При $\Delta x > 0$ и $\Delta y < 0$ $\alpha = 360^\circ - r$
14	$d_{AB_{cp}}$	78,97	d_{AB_1} и d_{AB_2} не должны отличаться больше, чем на 0,005; $d_{AB_{cp}} = (d_{AB_1} + d_{AB_2})/2$

штаба плана, n — число всех точек красной линии, то невязку f_d в виде поправок $\delta_d = -f_d \frac{1}{n-1}$ распределим в значения d . В столбце 4 запишем исправленные значения

$$d_{u_i} = d_i + \delta_d.$$

Теперь разность $(\Sigma d_u - d_{AB})$ должна быть равна нулю. Вычисления приращений координат Δx , Δy и координат X , Y точек Т производят аналогично вычислению координат вершин теодолитного хода. Все расчеты целесообразно вести на микрокалькуляторе (см. § 33). Значения Δx и Δy запишем в столбцы 5 и 6, вычислим суммы $\Sigma \Delta x$ и $\Sigma \Delta y$ и сравним их с Δx_{AB} и Δy_{AB} . Разности $\Sigma \Delta x - \Delta x_{AB}$ и $\Sigma \Delta y - \Delta y_{AB}$ должны быть равны 0.

По завершению работы представляют фрагмент топографического плана в масштабе 1 : 500 с нанесенной на нем красной линией, ведомость вычисления координат точек красной линии и рабочую тетрадь с промежуточными расчетами. Образец оформления задания приведен в прил. 2. Красную линию, ее точки и их обозначения показывают красным цветом, все остальное — синим или черным.

Задание 2. Подготовить разбивочные данные для перенесения точек красной линии в натуру полярным способом.

Пособия и принадлежности: микрокалькулятор и лист бумаги А3.

Пояснения к заданию. Разбивочными данными являются угловые и линейные разбивочные элементы (полярные углы и расстояния). Исходным материалом для подготовки разбивочных элементов служит топографический план с нанесенными на нем вершинами теодолитного хода и красной линией (рис. 82), исходными данными — координаты вершин теодолитного хода и точек красной линии.

Последовательность выполнения задания.

1. Нанесение на стороне теодолитного хода створных точек.
2. Вычисление координат створных точек.
3. Расчет разбивочных элементов для перенесения точек красной линии в натуру.
4. Составление разбивочного чертежа.

На топографическом плане на стороне теодолитного хода намечают створные точки. При этом следует учесть, что между створными точками и соответствующими точками красной линии должна быть прямая видимость: элементы ситуации, находящиеся в створе точек, будут препятствовать построению в натуре полярных углов и линий. Длины полярных линий не должны превышать 30 м (длины 30-метровой измерительной рулетки).

Поясним выполнение задания на примере, основанном на материале задания 1. На стороне II-ПЗ 12 теодолитного хода намечаем створные точки C_1 и C_2 . Графически с точностью масштаба плана измеряем отрезки II- C_2 , C_2 - C_1 , C_1 -ПЗ 12. Длины отрезков соответственно равны 21,10; 24,95; 24,55. Дальнейшую обработку этих значений и вычисление координат створных точек проведем на микрокалькуляторе и оформим в ведомости (табл. 73), аналогичной «Ведомости вычисления координат точек красной линии» в прил. 2.

В столбец 2 запишем значение дирекционного угла $\alpha_{II-ПЗ 12} = 185^\circ 59,8'$, в столбцы 7 и 8 координаты X и Y вершины II теодолитного хода и ПЗ 12 (эти координаты подчеркнуты). Дирекционный угол и начальные координаты выберем из «Ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода» (§ 33, табл. 51). Вследствие погрешностей округления величин при расчетах значения $\Sigma \Delta x$ и $\Sigma \Delta y$ отличаются от своих теоретических значений $\Sigma \Delta x_T$ и $\Sigma \Delta y_T$ соответственно на 0,01 и 0,02 м. Расхождения не должны превышать 0,03 м. В результате расчетов получаем координаты точек C_1 и C_2 .

Теперь координаты всех точек красной линии и стороны II-ПЗ 12 теодолитного хода известны. Вычислим разбивочные элементы, полагая, что с опорных точек II, C_2 , C_1 и ПЗ 12 перенесены в натуру полярным способом соответственно точки Б, Т₂, Т₁ и А красной линии (см. рис. 82). Значения линейных и угловых разбивочных элементов вычислим на микрокалькуляторе

Таблица 73

Ведомость вычисления координат створных точек

Название точки	Дирекционный угол	Измеренное расстояние	Исправленное расстояние	Приращения		Координаты	
				Δx	Δy	X	Y
1	2	3	4	5	6	7	8
II		+9		+1	-1	+581,02	+609,46
C ₂	185°59,8'	21,10	21,19	-21,07	-2,21	+559,96	+607,24
		+9			-1		
C ₁	185 59,8	24,95	25,04	-24,90	-2,62	+535,06	+604,61
		+9					
113 12	185 59,8	24,55	24,64	-24,50	-2,57	+510,56	+602,04
	$\Sigma d =$	70,60	70,87	$\Sigma \Delta x = -70,47$	$\Sigma \Delta y = -7,40$		
	$d_{II-ПЗ12} =$	70,87	70,87	$\Sigma \Delta x_T = -70,46$	$\Sigma \Delta y_T = -7,42$		

$$f_{d_{доп}} = -0,27 \quad 0,00 \quad f_x = -0,01 \quad f_y = +0,02$$

$$f_{d_{доп}} = \pm 0,30 \quad \Delta x_{II-ПЗ12} = 510,56 - 581,02 = -70,46$$

$$\Delta y_{II-ПЗ12} = 602,04 - 609,46 = -7,42$$

$$f_{d_{доп}} = 0,0003 \cdot N \cdot \sqrt{n} = 0,0003 \cdot 500 \cdot \sqrt{4} = \pm 0,30 \text{ м}$$

по формулам (129) в соответствии с программой, представленной в табл. 72. Приведем результаты расчета разбивочных элементов для линий:

$$\begin{aligned} II-B \dots \alpha_{II-B} &= 280^\circ 18,4'; & d_{II-B} &= 29,79 \text{ м}; \\ C_2-T_2 \dots \alpha_{C_2-T_2} &= 262^\circ 55,1'; & d_{C_2-T_2} &= 26,60 \text{ м}; \\ C_1-T_1 \dots \alpha_{C_1-T_1} &= 275^\circ 26,3'; & d_{C_1-T_1} &= 23,42 \text{ м}; \\ ПЗ12-A \dots \alpha_{ПЗ12-A} &= 261^\circ 02,3'; & d_{ПЗ12-A} &= 20,29 \text{ м}. \end{aligned}$$

Подготовку разбивочных данных завершают составлением разбивочного чертежа. Разбивочный чертеж представляет собой схему, содержащую цифровой и графический материал, необходимый для перенесения красной линии на местности (прил. 3). На схеме показывают прямой и обратный дирекционные углы стороны теодолитного хода, исправленные расстояния $d_{и}$ между створными точками и вершинами хода, а также длины и дирекционные углы полярных линий. Внутри пунктирного полуовала выписывают значения полярных углов β , полученных как разность соответствующих дирекционных углов α . Так, при вершине II полярный угол равен $\beta_{II} = \alpha_{II-B} - \alpha_{II-ПЗ12} = 280^\circ 18,4' - 185^\circ 59,8' = 94^\circ 18,6'$, полярный угол $\beta_{C_2} = \angle T_2 C_2 C_1$ при точке C₂ равен $\beta_{C_2} = \alpha_{C_2-T_2} - \alpha_{II-ПЗ12} = 262^\circ 55,1' - 185^\circ 59,8' = 96^\circ 55,3'$ и так далее.

Для контроля правильности расчетов полярных углов определяют суммы внутренних углов всех замкнутых фигур и сравнивают их с теоретической суммой. Для этого рассчитывают значения недостающих углов в фигурах (в разбивочном чертеже эти углы не показывают), вычисляя их так же, как полярные углы. Например, в четырехугольнике Б-ИІ-С₂-Т₂ при известном полярном угле $\beta_{II} = 94^{\circ}18,6'$ значения недостающих углов будут при точках: С₂ угол $103^{\circ}04,7' = 185^{\circ}59,8' + 180^{\circ} - 262^{\circ}55,1'$, при Т₂ угол $84^{\circ}15,6' = 262^{\circ}55,1' + 180^{\circ} - 358^{\circ}39,5'$; при Б угол $78^{\circ}21,1' = (358^{\circ}39,5' - 180^{\circ}) - (280^{\circ}18,4' - 180^{\circ})$. Вводимые расчеты $\pm 180^{\circ}$ необходимы при преобразовании прямых дирекционных углов в обратные. Сумма углов равна $94^{\circ}18,6' + 103^{\circ}04,7' + 84^{\circ}15,6' - 78^{\circ}21,1' = 360^{\circ}$, что соответствует теоретической сумме внутренних углов четырехугольника.

Разбивочный чертеж выполняют в произвольном масштабе так, чтобы цифровой материал читался без затруднений. Все проектные данные: красная линия, ее точки и их обозначения; полярные углы и линии, их числовые значения показывают красным цветом; все остальное содержание чертежа — синим или черным. Стрелкой показывают направление меридиана. Образец оформления задания приведен в прил. 3.

По завершении работы представляют оформленное задание и рабочую тетрадь с промежуточными расчетами.

Задание 3. На топографическом плане произвольно нанести сельскохозяйственные угодья и подготовить разбивочные данные для перенесения проекта в натуру полярным способом.

Пособия и принадлежности: поперечный масштаб, циркуль-измеритель, геодезический транспортир и лист бумаги формата А3.

Последовательность выполнения задания.

1. Нанесение на плане границ угодья.
2. Графическое определение линейных и угловых разбивочных элементов.
3. Составление разбивочного чертежа.

Пояснения к заданию. Исходным материалом для выполнения задания служит топографический план в масштабе 1:500. На плане вблизи вершин теодолитного хода намечают межевые знаки и графически с точностью масштаба плана определяют полярные углы и расстояния.

На топографическом плане (прил. 4) нанесем межевые знаки В, Г, Д, полагая, что они будут вынесены соответственно с вершин ПЗ 10, I и II теодолитного хода. При этих вершинах транспортиром измерим полярные углы $\beta_{ПЗ 10}$, β_I и β_{II} . Получили $\beta_{ПЗ 10} = 26^{\circ}45'$; $\beta_I = 55^{\circ}00'$, $\beta_{II} = 105^{\circ}15'$. Циркулем-измерителем с помощью поперечного масштаба определим полярные расстояния. Получили $d_{ПЗ 10-В} = 19,20$ м; $d_{I-Г} = 7,75$ м; $d_{II-Д} = 7,60$ м.

Правильность измерения полярных кругов контролируют вычислением сумм внутренних углов замкнутых фигур и сравнением их с теоретической суммой. Так, в четырехугольнике ПЗ 10-В—Г-І при известных $\beta_{\text{ПЗ 10}}$ и $\beta_{\text{Г}}$ измерим внутренние углы $\beta_{\text{В}}$ и $\beta_{\text{Д}}$. Их значения: $\beta_{\text{В}}=149^{\circ}30'$; $\beta_{\text{Г}}=129^{\circ}15'$. Сумма углов равна $26^{\circ}45' + 55^{\circ}00' + 149^{\circ}30' + 129^{\circ}15' = 360^{\circ}30'$, чем на $30'$ отличается от теоретической суммы внутренних углов четырехугольника, т. е. угловая невязка $f_{\beta} = 30'$. Допустимую величину невязки можно подсчитать по формуле $f_{\beta\text{доп}} = 30' \sqrt{n}$, где n —число внутренних углов фигуры. В нашем примере $f_{\beta\text{доп}} = 30' \sqrt{4} = 1^{\circ}$. Если $f_{\beta} > f_{\beta\text{доп}}$, то все углы следует измерить транспортиром более тщательно.

Задание завершают составлением разбивочного чертежа, требования к оформлению которого те же, что и в предыдущем задании. Образец оформления задания приведен в прил. 3.

§ 47. Подготовка разбивочных данных для перенесения на местность основных осей зданий и сооружений

Цель задания: приобрести устойчивый навык в определении координат точек по плану, научиться решать прямую и обратную задачи на микрокалькуляторе, составлять разбивочный чертеж перенесения в натуру проекта сооружения.

К элементам застройки относят жилые и гражданские здания, промышленные сооружения различного назначения, сооружения теплоэнергетического комплекса, подземные (трубопроводы и кабельные сети) и наземные (дороги) коммуникации и ряд других сооружений. Перенесение проектов зданий и сооружений любого вида в натуру заключается в определении на местности положения их проектных (разбивочных) осей. Процесс перенесения разбивочных осей в натуру называют геодезической разбивкой. Разбивку здания или сооружения осуществляют в два этапа. На первом, называемом «основными разбивочными работами», выносят на местность главные и основные (габаритные) оси, на втором этапе—при «детальной разбивке»— все остальные оси.

При основных разбивочных работах на местность выносят и закрепляют точки пересечения главных и основных осей, определяя таким образом их положение относительно пунктов плановой геодезической разбивочной основы либо существующих капитальных строений. В зависимости от вида разбивочной основы эти точки могут быть вынесены в натуру тем или иным способом. Если разбивочной основой служит теодолитный ход, то точки выносят полярным способом.

Перенесению проекта сооружения предшествует геодезическая подготовка разбивочных данных, при которой определяют угловые и линейные разбивочные элементы.

Исходными материалами для подготовки разбивочных данных являются генеральный план участка застройки и план осей сооружения.

Задание 1. На топографическом плане выполнить проектирование сооружения и подготовить разбивочные данные для перенесения его габаритов в натуру полярным способом.

Пособия и принадлежности: микрокалькулятор и лист бумаги формата А3.

Пояснения к заданию. Исходными материалами для подготовки разбивочных данных служат топографический план в масштабе 1 : 500 (см. рис. 70) и «Ведомость вычислений координат точек теодолитного хода» (см. табл. 51). Проектные габариты сооружения 12,00 × 36,00 м.

Последовательность выполнения задания.

1. Нанесение на топографическом плане габаритов сооружения и определение исходных координат и дирекционного угла.
2. Расчет координат углов сооружения.
3. Расчет разбивочных элементов.
4. Составление разбивочного чертежа.

Рассмотрим более подробно последовательность выполнения задания. На топографическом плане вблизи вершин теодолитного хода наносят в масштабе плана прямоугольный контур сооружения, образованный продольными А и В и поперечными 1 и 7 габаритными осями. Графически с точностью масштаба определяют координаты X и Y одной из точек пересечения осей и геодезическим транспортиром измеряют дирекционный угол α стороны прямоугольника, примыкающей к этой точке. В нашем примере (прил. 5) координаты точки А1: $X_{A1} = +589,85$; $Y_{A1} = +514,50$; дирекционный угол стороны А1-В1: $\alpha_{A1-B1} = 8^\circ 50'$. С этими исходными данными — проектными прямыми углами и габаритами сооружения — по формулам прямой геодезической задачи рассчитаем координаты точек В1, В7 и А7 на микрокалькуляторе по программе, приведенной в табл. 51 (§ 33). По результатам расчетов составим «Ведомость вычисления координат углов сооружения» (табл. 74).

Предположим, что с опорной точки ПЗ 10 будет вынесена в натуру точка В1 и с вершины 1 — точки А7 и В7 (полярные расстояния не должны превышать 30 м). Разбивочные элементы для линий ПЗ 10-В1, 1-А7 и 1-В7 рассчитаем по формулам (129) обратной геодезической задачи. Программы вычислений на микрокалькуляторе приведены в § 46. Получены следующие результаты для линий:

$$\begin{array}{ll} \text{ПЗ 10 — В1} \dots \alpha_{\text{ПЗ 10-В1}} = 52^\circ 45', 0'; & d_{\text{ПЗ 10-В1}} = 24,17 \text{ м;} \\ 1 — А7 \dots \alpha_{1-А7} = 349^\circ 36', 4'; & d_{1-А7} = 12,64 \text{ м;} \\ 1 — В7 \dots \alpha_{1-В7} = 358^\circ 57', 7'; & d_{1-В7} = 24,29 \text{ м,} \end{array}$$

Т а б л и ц а 74

Ведомость вычисления координат углов сооружения

Название точки	Угол между основными осями	Дирекционный угол α	Габаритный размер, м	Приращения координат		Координаты	
				Δx	Δy	X	Y
A1	90°00'					+589,85	+514,50
B1	90 00	8°50'	12,00	+11,86	+1,84	+601,71	+516,34
B7	90 00	98 50	36,00	-5,53	+35,57	+596,18	+551,91
A7	90 00	188 50	12,00	-11,86	-1,84	+584,32	+550,07
		278 50	36,00	+5,53	-35,57		
A1				0,00	0,00	+589,85	+514,50

При выборе полярных разбивочных углов β учитывают, что за исходные стороны углов при их построении в натуре принимают более длинные стороны теодолитных углов. Расчет полярных углов приведен в прил. 5.

Правильность расчетов полярных углов контролируют вычислением суммы внутренних углов замкнутых фигур, образованных проектными линиями, например фигур ПЗ 10-B1-B7-1 и 1-A7-B7, так же, как в задании 2 (§ 46). Требования к оформлению разбивочного чертежа содержатся в том же задании.

Образец оформления задания приведен в прил. 5. По завершении работ представляют оформленное задание, ведомость вычисления координат углов сооружения и рабочую тетрадь с промежуточными расчетами.

Задание 2. На топографическом плане нанести контур спортивной площадки и подготовить разбивочные данные для перенесения ее габаритов в натуру.

Пособия и принадлежности: микрокалькулятор, поперечный масштаб, циркуль-измеритель, геодезический транспортир и лист бумаги формата А3.

Пояснения к заданию. К элементам застройки микрорайонов относятся объекты культурно-массового назначения. В их число входят спортивные площадки, предназначенные для населения жилой зоны застройки. Наиболее простой является спортивная площадка под открытым небом.

Площадка, рассчитанная на занятия физкультурой, спортивные игры и бег на дистанции, должна иметь овальную форму. Главной разбивочной осью такой площадки служит ее продольная геометрическая ось AB (рис. 83, а).

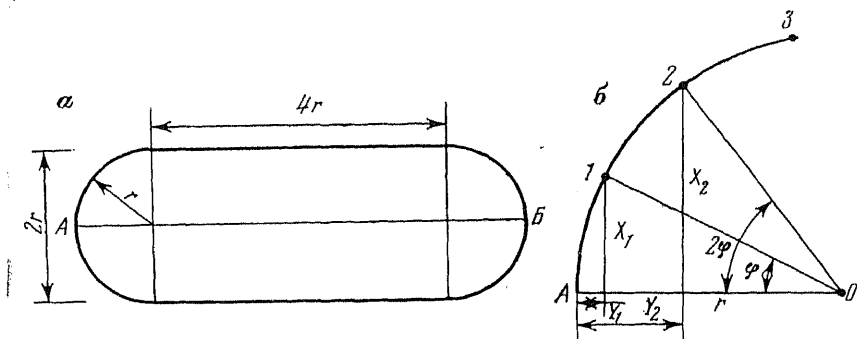


Рис. 83. Схема проектирования строительной площадки:
а — габаритные размеры площадки; *б* — разбивка круговой кривой способом прямоугольных координат

Устройство площадки не требует специальной проектной документации и к точности определения положения ее габаритов относительно пунктов геодезической основы или существующих строений не предъявляют высоких требований. Поэтому разбивочные данные для перенесения точек *А* и *Б* оси *АВ* в натуру определяют графически по генеральному или топографическому плану. Криволинейные части площадки в виде дуг окружности требуют более точной разбивки.

Разбивку круговых участков площадки целесообразно производить способом прямоугольных координат. Расчет разбивочных элементов для этого способа иллюстрирует рис. 83, б. Пусть точки *1, 2, 3, ...* делят круговую кривую радиуса *r* на равные части (дуги) с соответствующими им центральными углами φ . Из рис. 83, б имеем

$$X_1 = r \sin \varphi; \quad Y_1 = r - r \cos \varphi = r(1 - \cos \varphi) = 2r \sin^2 \frac{\varphi}{2}; \quad (130)$$

$$X_2 = r \sin 2\varphi; \quad Y_2 = 2r \sin^2 \varphi \text{ и т. д.}$$

Значения X_1 и Y_1 ; X_2 и Y_2 ; ... являются разбивочными элементами для построения точек *1, 2, ...* в натуре.

При разбивке кругового участка площадки от точки *А* по радиусу *АО* откладывают соответствующие отрезки Y_1, Y_2, \dots , из их концов восстанавливают перпендикуляры X_1, X_2, \dots и фиксируют точки *1, 2, ...*

При подготовке разбивочных данных следует принять следующие условия проектирования: при заданной длине *l* беговой дорожки ширина прямоугольной части площадки должна относиться к ее длине как 1:2, прямолинейные участки дорожки должны сопрягаться с двумя полуокружностями. Исходным материалом служит топографический план в масштабе 1:500 (см. рис. 70).

Последовательность выполнения задания.

1. Расчет габаритных размеров спортивной площадки.
2. Нанесение на топографическом плане габаритов площадки.
3. Графическое определение разбивочных элементов для перенесения главной оси площадки.
4. Расчет разбивочных элементов для перенесения круговых участков площадки.
5. Составление разбивочных чертежей.

Рассмотрим более подробно последовательность выполнения задания. Учитывая условия проектирования, составляют уравнение длины беговой дорожки и определяют радиус r полуокружностей:

$$2\pi r + 8r = l; \quad r = l/(2\pi + 8).$$

Отсюда следует, что длина спортивной площадки (длина оси AB) равна $6r$, ширина — $2r$, длина прямолинейного участка беговой дорожки — $4r$ (см. рис. 83, *a*).

Примем для примера $l = 200$ м и рассчитаем габаритные размеры спортивной площадки: $r = 200,00/(2\pi + 8) = 14,00$ м; длина оси AB равна $6 \cdot 14,00 = 84,00$ м; ширина площадки $2 \cdot 14,00 = 28,00$ м.

На топографическом плане с учетом габаритных размеров площадки наносят точки A и B (прил. 6). Подготовку разбивочных данных для перенесения этих точек в натуру от ближайших пунктов геодезической основы производят в последовательности, с точностью и контролем, содержащимися в задании 3 (§ 46). Разбивочные данные для нашего случая приведены в разбивочном чертеже в прил. 6.

При подготовке разбивочных данных для перенесения полуокружностей беговой дорожки нужно учесть, что чем ближе друг к другу расположены промежуточные точки $1, 2, \dots$ на круговой кривой (см. рис. 83, *b*), тем точнее она будет построена в натуре. Оптимальными будут расстояния по дуге 3—4 м между промежуточными точками. Поскольку ось AB симметрично делит площадку пополам, рассчитаем для нашего примера число промежуточных точек на дуге в четверть окружности:

$$\frac{2\pi r}{4} / 4 \text{ м} = \frac{\pi \cdot 14,00 \text{ м}}{2 \cdot 4 \text{ м}} \approx 6 \text{ точек.}$$

Точки делят эту дугу на 6 равных частей. Очевидно, каждой части соответствует центральный угол $\varphi = 90^\circ/6 = 15^\circ$.

По формулам (130) рассчитывают значения разбивочных элементов X и Y для промежуточных точек окружностей.

Результаты расчетов, разбивочные чертежи и образец оформления задания приведены в прил. 6. Требования к его оформлению те же, что и в задании 2 (§ 46).

§ 48. Проект перенесения в натуру опор арочной плотины

Цель задания: Познакомиться с технологией геодезической подготовки разбивочных данных для перенесения в натуру оси арочной плотины, освоить решение прямой и обратной геодезических задач.

Пособия и принадлежности: микрокалькулятор и лист чертежной бумаги формата А3.

Плано-высотная опорная сеть, создаваемая в период инженерно-геодезических изысканий гидроузла, по точности и густоте пунктов, как правило, не может служить разбивочной основой для перенесения в натуру гидротехнических сооружений. Поэтому на территории, прилегающей к проектируемому гидроузлу, специально создают разбивочную сеть в виде триангуляции, трилатерации или в виде полигонометрических ходов. Разбивочная сеть служит не только для геодезического обеспечения процесса возведения гидротехнических сооружений и монтажа технологического оборудования, но и для наблюдений за их деформациями и осадкой.

Важнейшим сооружением гидроузла является плотина. При перенесении от пунктов разбивочной сети оси наиболее сложной плотины арочного типа чаще всего применяют способ прямой угловой засечки. Геодезическая подготовка разбивочных данных для перенесения в натуру оси арочной плотины обладает рядом особенностей, связанных с круговой формой плотины.

Рассмотрим один из вариантов локальной разбивочной сети, состоящей из пунктов *I, II, III* и *IV*, и схематично изображенной на рис. 84. Точка *O* — центр окружности радиуса *R*, дуга *I-N* которой является круговой осью арочной плотины. На этой оси точками *1, 2, 3, ..., N* показаны центры опор плотины, называемых бычками. Линии *O-1, O-2, O-3, ..., O-N* являются продольными осями бычков; расстояния между осями *K*. Сторона *I-II* разбивочной сети принята за ось абсцисс в условной системе координат с началом в пункте *I*.

Задание. Подготовить разбивочные данные для пересечения центров опор арочной плотины в натуру.

Т а б л и ц а 75

Каталог координат пунктов

Номер пункта	Координаты, м		Номер пункта	Координаты, м	
	X	Y		X	Y
I	0	1000,000	IV	746,222	725,000
II	811,994	1000,000	O	465,240	1574,000
III	150,550	697,210	I	134,161	1073,610

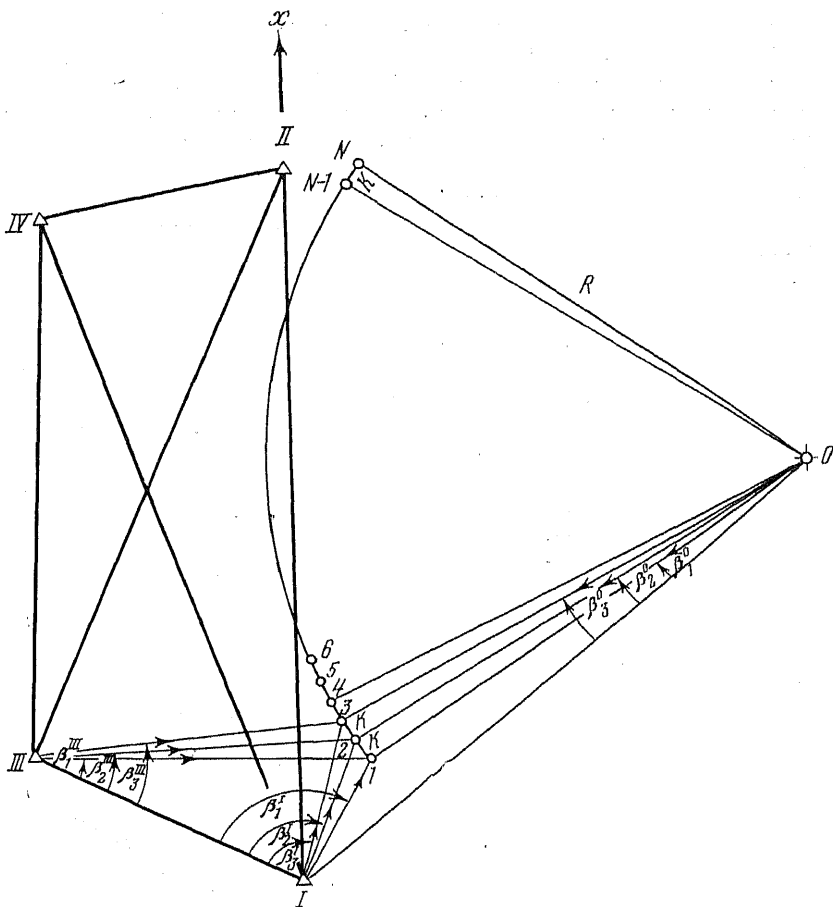


Рис. 84. Схема перенесения в натуре центров опор арочной плотины

Пояснения к заданию. Исходными проектными данными являются радиус круговой оси плотины $R=600$ м, расстояние между продольными осями смежных центров опор $K=15,00$ м, координаты центра O , пунктов разбивочной сети, начальной точки I оси плотины (табл. 75).

Разбивочными элементами являются засекающие разбивочные горизонтальные углы $\beta_1^I, \beta_2^I, \beta_3^I, \dots, \beta_1^{III}, \beta_2^{III}, \beta_3^{III}, \dots$, и $\beta_1^0, \beta_2^0, \beta_3^0, \dots$, позволяющие с пунктов I и III и центра O прямой угловой засечкой определить положение в натуре центров опор плотины $1, 2, 3 \dots$

Задание выполняют в такой последовательности.

1. Вычисляют дирекционные углы α_{O-I} исходного направления $O-I$ и α_{O-I} направления на точку I плотины.

2. Рассчитывают центральные засекающие углы $\beta_1^0, \beta_2^0, \beta_3^0, \dots$ и дирекционные углы продольных осей опор $1, 2, 3, \dots$.

3. Вычисляют координаты центров опор $2, 3, \dots$.

4. Рассчитывают дирекционные углы направлений с пунктов I и III на точки $1, 2, 3, \dots$ оси плотины.

5. Определяют засекающие углы $\beta_1^I, \beta_2^I, \beta_3^I, \dots$ и $\beta_1^{III}, \beta_2^{III}, \beta_3^{III}, \dots$.

6. Составляют разбивочный чертеж.

Рассмотрим подробнее.

1. Дирекционные углы α_{O-I} и α_{O-I} вычисляют по формулам (129) обратной геодезической задачи. Значения координат X_0, Y_0 центра O ; X_1, Y_1 пункта I и X_1, Y_1 точки I выбирают из табл. 75. Вычисления выполняют на микрокалькуляторе по программе, приведенной в табл. 72. Так,

$$\alpha_{O-I} = \operatorname{arctg} \frac{Y_1 - Y_0}{X_1 - X_0} = \operatorname{arctg} \frac{1\,000,000 - \dots - 1574,000}{0 - \dots - 465,240} + 180^\circ = 230,97445^\circ (230^\circ 58' 28'').$$

В расчет введены 180° , так как $\Delta x < 0$ и $\Delta y < 0$.

Аналогично получим $\alpha_{O-I} = 236,509\,71^\circ (236^\circ 30' 35'')$.

2. Центральный угол $\beta_1^0 = \alpha_{O-I} - \alpha_{O-I}$. Подставляя значения дирекционных углов, получают $\beta_1^0 = 5,535\,24^\circ (5^\circ 32' 07'')$.

Центральный угол β_K , соответствующий дуге $K = 15,00$ м и радиусу $R = 600,00$ м, определяют по формуле

$$\beta_K = \frac{K \cdot 180^\circ}{\pi R} = \frac{15,00 \cdot 180^\circ}{\pi \cdot 600,00} = 1,432\,39^\circ (1^\circ 25' 57'').$$

Центральные засекающие углы β_n^0 вычисляют по формуле

$$\beta_n^0 = \beta_1^0 + (n - 1) \beta_K,$$

где n — номер точки. Так,

$$\beta_2^0 = 5,53524^\circ + 1 \cdot 1,43239^\circ = 6,96763^\circ (6^\circ 58' 03'');$$

$$\beta_3^0 = 5,53524^\circ + 2 \cdot 1,43239^\circ = 8,40002^\circ (8^\circ 24' 00'') \text{ и т. д.}$$

Дирекционные углы $\alpha_{O-2}; \alpha_{O-3}; \dots$ продольных осей опор в точках $2, 3, \dots$ определяют по формуле

$$\alpha_{O-n} = \alpha_{O-1} + \beta_n^0:$$

$$\alpha_{O-2} = 230,97445^\circ + 6,96763^\circ = 237,94208^\circ (237^\circ 56' 31'');$$

$$\alpha_{O-3} = 230,97445^\circ + 8,40002^\circ = 239,37447^\circ (239^\circ 22' 28'') \text{ и т. д.}$$

3. Координаты центров опор вычисляют по формулам прямой геодезической задачи

$$X_n = X_0 + R \cos \alpha_{0-n}; \quad Y_n = Y_0 + R \sin \alpha_{0-n},$$

где n — номер точки опоры. Так, для точки 2

$$X_2 = +465,240 + 600,000 \cos 237,94208^\circ = +146,774,$$

$$Y_2 = +1574,000 + 600,000 \sin 237,94208^\circ = +1065,493;$$

для точки 3

$$X_3 = +465,240 + 600,000 \cos 239,37447^\circ = +159,585;$$

$$Y_3 = +1574,000 + 600,000 \sin 239,37447^\circ = +1057,691.$$

Программа вычислений на микрокалькуляторе приведена в табл. 52.

4. Дирекционные углы α_{I-1} , α_{I-2} , α_{I-3} , ... направлений с пункта I на центры 1, 2, 3, ... и α_{III-1} , α_{III-2} , α_{III-3} , ... направлений с пункта III на те же точки вычисляют также как и α_{0-I} и α_{0-1} — по формулам обратной геодезической задачи с помощью микрокалькулятора. Например,

$$\begin{aligned} \alpha_{I-1} &= \arctg \frac{Y_1 - Y_I}{X_1 - X_I} = \arctg \frac{1073,610 - 1000,000}{134,161 - 0} = \\ &= 28,75222^\circ (28^\circ 45' 08''). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_{III-1} &= \arctg \frac{Y_1 - Y_{III}}{X_1 - X_{III}} = \arctg \frac{1073,610 - 697,210}{134,161 - 150,550} + \\ &+ 180^\circ = 92,49317^\circ (92^\circ 29' 35''). \end{aligned}$$

В расчет введены 180° , так как $\Delta X < 0$ и $\Delta Y > 0$. Аналогичны вычисления остальных дирекционных углов, а также α_{I-III} . Приведем результаты расчета:

$$\alpha_{I-2} = 24,04722^\circ (24^\circ 02' 50''); \quad \alpha_{I-3} = 19,87525^\circ (19^\circ 52' 31'') \text{ и т. д.}$$

$$\alpha_{III-2} = 90,58743^\circ (90^\circ 35' 15''); \quad \alpha_{III-3} = 88,56426^\circ (88^\circ 33' 51'') \text{ и т. д.}$$

$$\alpha_{I-III} = 296,43700^\circ (296^\circ 26' 13'').$$

5. Значения засекающих (разбивочных) углов β_1^I , β_2^I , β_3^I , ... и β_1^{III} , β_2^{III} , β_3^{III} , ... получают как разности соответствующих дирекционных углов (см. рис. 75). Так,

$$\begin{aligned} \beta_1^I &= \alpha_{I-1} - \alpha_{I-III} = 28,75222^\circ - 296,43700^\circ + 360^\circ = \\ &= 92,31522^\circ (92^\circ 18' 55''); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_2^I &= \alpha_{I-2} - \alpha_{I-III} = 24,04722^\circ - 296,43700^\circ + 360^\circ = \\ &= 87,61022^\circ (87^\circ 36' 37''); \end{aligned}$$

$$\beta_3^I = \alpha_{I-3} - \alpha_{I-III} = 19,87525^\circ - 296,43700^\circ + 360^\circ =$$

$$= 83,43825^\circ = 83^\circ 25' 18'' \text{ и т. д.};$$

$$\beta_1^{III} = \alpha_{III-I} - \alpha_{III-1} = 116,43700^\circ - 92,49317^\circ =$$

$$= 23,94383^\circ = 23^\circ 56' 38'';$$

$$\beta_2^{III} = \alpha_{III-I} - \alpha_{III-2} = 116,43700^\circ - 90,58743^\circ =$$

$$= 25,84957^\circ = 25^\circ 50' 58'';$$

$$\beta_3^{III} = \alpha_{III-I} - \alpha_{III-3} = 116,43700^\circ - 88,56426^\circ =$$

$$= 27,87274^\circ = 27^\circ 52' 22'' \text{ и т. д.}$$

6. По результатам расчетов составляют разбивочный чертеж. На чертеже схематично, но с соблюдением основных геометрических пропорций, показывают пункты разбивочной сети, ось плотины с центрами опор и элементы разбивочных данных. Разбивочные данные: засекающие углы, направления и их обозначения показывают красным цветом, все остальное на чертеже — синим и черным. Стрелкой показывают направление меридиана. Образец оформления задания приведен в прил. 7.

По завершении работы представляют: каталог координат; разбивочный чертеж; рабочую тетрадь с промежуточными расчетами.

Вопросы для самоконтроля

1. Что представляют собой проекты перенесения в натуру красных линий, границ землепользований, сооружений?
2. Что представляет собой красная линия?
3. В чем заключается аналитический расчет красных линий?
4. Какие геодезические задачи решают при подготовке проектов перенесения красных линий, сооружений?
5. Что такое разбивочные данные?
6. Как определяют разбивочные данные графо-аналитическим способом подготовки?
7. Чем отличается подготовка разбивочных данных для перенесения красных линий от подготовки разбивочных данных для перенесения границ сельскохозяйственных и природных угодий?
8. Как при подготовке разбивочных данных проверить правильность определения полярных углов?
9. В какой последовательности производят подготовку разбивочных данных для перенесения в натуру арочной плотины?
10. Чем завершают геодезическую подготовку разбивочных данных?
11. Что должно быть показано на разбивочном чертеже?