

*Направление подготовки 08.03.01 «Строительство»
Профиль «Промышленное, гражданское и энергетическое
строительство»
Методическое обеспечение РПД Б1.О.20 «Геодезические рабо-
ты в строительстве»*



Приложение 3.Б1.О.20

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

**Методическое обеспечение дисциплины
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Смоленск – 2021 г.

*Направление подготовки 08.03.01 «Строительство»
Профиль «Промышленное, гражданское и энергетическое
строительство»
Методическое обеспечение РПД Б1.О.20 «Геодезические рабо-
ты в строительстве»*



**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

**Методическое обеспечение практических занятий
по дисциплине**

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Смоленск – 2021 г.

1. ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЛИНИЙ. МАСШТАБЫ. ПЛАН И КАРТА

1.1. Ориентирование. Зависимость между углами ориентирования

Задача 1

По азимутам линии AB , указанным в табл.1, определить румбы.

Таблица 1

Номер варианта	Азимут линии AB	Номер варианта	Азимут линии AB
1	$159^{\circ}43'$	9	$90^{\circ}02'$
2	$230^{\circ}15'$	10	$305^{\circ}16'$
3	$277^{\circ}47'$	11	$60^{\circ}20'$
4	$359^{\circ}01'$	12	$148^{\circ}35'$
5	$70^{\circ}34'$	13	$211^{\circ}42'$
6	$184^{\circ}28'$	14	$305^{\circ}15'$
7	$270^{\circ}01'$	15	$260^{\circ}47'$
8	$110^{\circ}35'$		

Пример решения. Исходные данные

$$A_1 = 159^{\circ}43'$$

$$A_3 = 277^{\circ}47'$$

$$A_2 = 230^{\circ}15'$$

$$A_5 = 70^{\circ}34'$$

Как видно из рис.1, $90^{\circ} < A_1 < 180^{\circ}$, румб будет ЮВ и равен 180° минус азимут, т.е. румб ЮВ $20^{\circ}17'$.

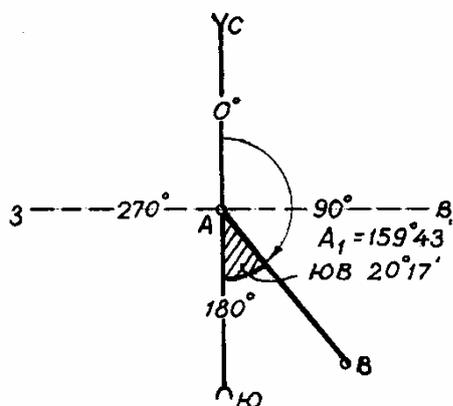


Рис.1

Из рис.2 $180^\circ < A_2 < 270^\circ$, румб линии будет ЮЗ и равен азимуту минус 180° , т.е. румб ЮЗ $50^\circ 15'$.

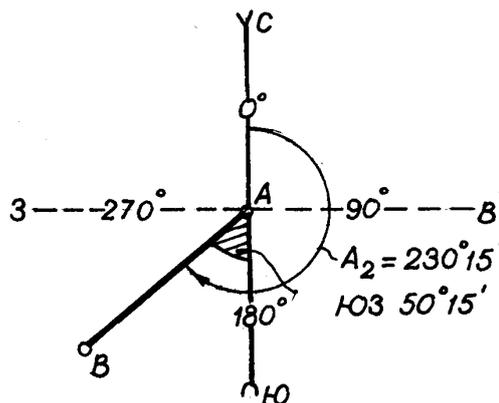


Рис.2

Из рис.3 $270^\circ < A_3 < 360^\circ$, румб линии будет СЗ и равен 360° минус азимут, т.е. румб СЗ $82^\circ 13'$.

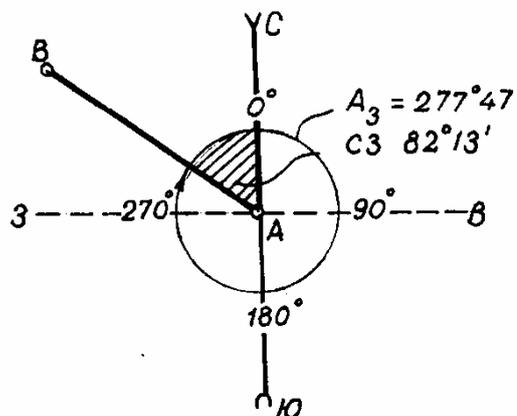


Рис.3

Из рис.4. $0^\circ < A_5 < 90^\circ$, румб линии СВ и равен азимуту, т.е. румб СВ $70^\circ 34'$.

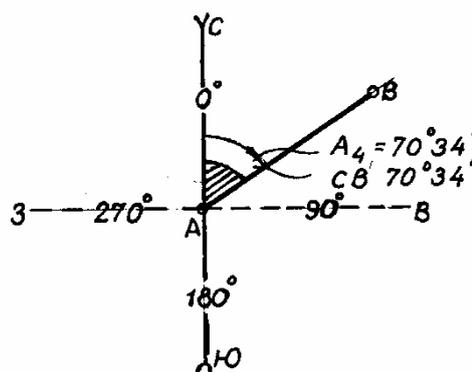


Рис.4

Задача 2

По румбам линии АВ в табл.2 определить азимуты обратных направлений.

Таблица 2

Номер варианта	Румб линии AB	Номер варианта	Румб линии AB
1	ЮЗ:76°18'	9	СВ:0°01'
2	СВ:13°24'	10	ЮЗ:0°01'
3	ЮВ:29°35'	11	СЗ:89°59'
4	ЮЗ:17°10'	12	СВ:60°48'
5	ЮЗ:80°50'	13	ЮВ:66°20'
6	СЗ:10°15'	14	ЮЗ:10°18'
7	ЮВ:89°02'	15	СЗ:80°10'
8	СЗ:2°58'		

Пример решения. Исходные данные для варианта 1: Румб линии AB ЮЗ 76°18'.

Азимут линии AB , ориентированный по румбу (ЮЗ:76°18') равен 180° плюс румб, т.е. 256°18', а азимут обратного направления (для коротких расстояний) отличается на 180°, т.е. равен 76°18' (рис.5).

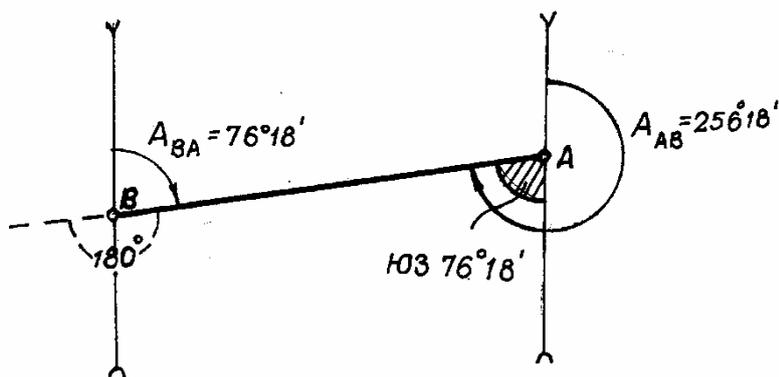


Рис.5

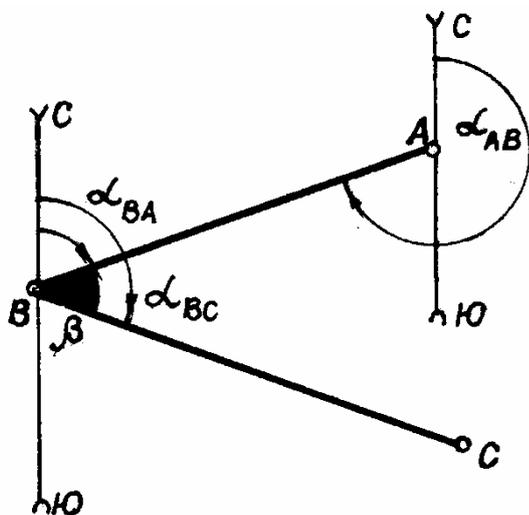


Рис.6

Задача 3

Определить горизонтальный угол β , лежащий слева по ходу (рис.6), если заданы направления AB и BC , его образующие (см.табл.3).

Таблица 3

Но- мер вари- анта	Дирекционные углы		Но- мер вари- анта	Румбы	
	<i>AB</i>	<i>BC</i>		<i>BA</i>	<i>BC</i>
1	20°20′	80°45′	6	ЮЗ:1°19′	СЗ:31°19′
2	300°10′	0°20′	7	ЮВ:40°20′	ЮВ:17°05′
3	184°35′	358°40′	8	СВ:15°07′	СЗ:15°07′
4	273°15′	189°24′	9	ЮЗ:10°10′	ЮВ:55°43′
5	154°10′	269°50′	10	СЗ:22°15′	ЮЗ:65°32′
6	60°10′	125°35′	11	СВ:60°10′	СЗ:20°15′
7	30°25′	306°41′	12	ЮЗ:35°18′	СЗ:44°12′
8	116°36′	84°21′	13	ЮВ:24°10′	СВ:73°15′
9	190°16′	230°20′	14	СВ:86°44′	ЮВ:12°20′
10	45°38′	325°10′	15	СВ:62°15′	СЗ:84°10′
11	310°20′	240°15′	16	ЮЗ:70°24′	ЮВ:35°12′
12	165°46′	48°30′	17	ЮВ:64°40′	СВ:30°15′
13	260°35′	312°25′	18	СВ:30°33′	ЮВ:60°20′
14	202°15′	136°40′	19	ЮЗ:25°20′	СЗ:30°42′
15	138°24′	210°20′	20	СВ:22°14′	ЮВ:25°45′

Задача 4

По известному истинному азимуту линии $A_{и}$ и углу склонения магнитной стрелки δ (табл.4) определить магнитный азимут $A_{м}$.

Таблица 4

Номер вари- анта	Истинный азимут $A_{и}$	Склонение магнитной стрелки δ	Номер вари- анта	Румб линии	Склонение магнитной стрелки δ
1	90°00′	- 2°00′	11	СВ:1°10′	+ 5°20′
2	170°30′	+ 4°30′	12	СЗ:0°01′	- 1°20′
3	210°00′	- 2°30′	13	ЮЗ:2°10′	- 3°30′
4	300°30′	+ 5°30′	14	СВ:50°20′	+10°15′
5	359°59′	+ 1°20′	15	СЗ:1°10′	+ 1°12′
6	0°01′	- 1°10′	16	ЮВ:0°30′	- 1°20′
7	269°59′	+3°19′	17	СВ:89°59′	+ 1°20′
8	179°59′	- 1°11′	18	ЮЗ:89°49′	- 3°30′
9	0°02′	+ 5°10′	19	ЮВ:0°02′	+ 10°10′
10	200°40′	- 1°11′	20	СВ:60°10′	- 10°10′

Задача 5

Определить угол склонения магнитной стрелки δ по известным магнитному A_M и истинному $A_{и}$ азимутам, указанным в табл.5

Таблица 5

Номер варианта	A_M	$A_{и}$	Номер варианта	A_M	$A_{и}$
1	1°11'	4°15'	9	21°00'	16°40'
2	2°47'	3°17'	10	30°00'	28°30'
3	84°43'	88°10'	11	118°30'	120°48'
4	349°47'	347°29'	12	203°00'	205°30'
5	300°10'	298°40'	13	168°08'	165°40'
6	65°50'	66°30'	14	71°00'	69°25'
7	200°17'	203°45'	15	35°04'	36°20'
8	177°23'	175°28'			

Задача 6

Определить дирекционный угол линии по известному магнитному азимуту A_M , склонению магнитной стрелки δ и углу сближения меридианов γ (табл.6).

Таблица 6

Номер варианта	A_M	δ	γ
1	75°	$\delta_B = 3°00'$	$\gamma_3 = 1°30'$
2	280°	$\delta_B = 3°00'$	$\gamma_B = 1°30'$
3	110°	$\delta_B = 3°00'$	$\gamma_B = 1°30'$
4	220°	$\delta_3 = 8°00'$	$\gamma_3 = 1°30'$
5	358°26'	$\delta_B = 8°20'$	$\gamma_3 = 1°10'$
6	0°01'	$\delta_B = 0°02'$	$\gamma_B = 0°00'$
7	78°12'	$\delta_3 = 2°10'$	$\gamma_B = 1°45'$
8	358°04'	$\delta_3 = 0°00'$	$\gamma_3 = 0°10'$
9	1°12'	$\delta_3 = 3°01'$	$\gamma_3 = 1°11'$
10	285°10'	$\delta_3 = 5°00'$	$\gamma_B = 2°35'$
11	349°59'	$\delta_B = 13°30'$	$\gamma_3 = 2°05'$
12	0°00'	$\delta_3 = 9°15'$	$\gamma_B = 2°13'$
13	30°30'	$\delta_3 = 1°10'$	$\gamma_3 = 1°10'$
14	0°10'	$\delta_B = 0°02'$	$\gamma_B = 0°00'$
15	359°59'	$\delta_B = 10°30'$	$\gamma_B = 2°15'$

Примечание. з – западное, в – восточное.

Пример решения. При решении этих задач по формулам, определяющим зависимость между углами ориентирования, рекомендуется для простоты и наглядности строить схематические чертежи, на них следует показать взаимное положение начальных направлений, от которых определяются углы ориентирования. Рис. 8, 9, 10, 11 иллюстрируют решение задачи по исходным данным вариантов 1-4.

N_0 – северное направление осевого меридиана; $N_{и}$ и $N_{м}$ – северные направления истинного и магнитного меридианов; γ – сближение меридианов положительное, если начальная точка линии находится к востоку от осевого меридиана, и отрицательное – если к западу от него; δ – склонение магнитной стрелки положительное (восточное), если северный конец магнитного меридиана будет отклонен от северного конца географического меридиана на восток, и отрицательное – если на запад.

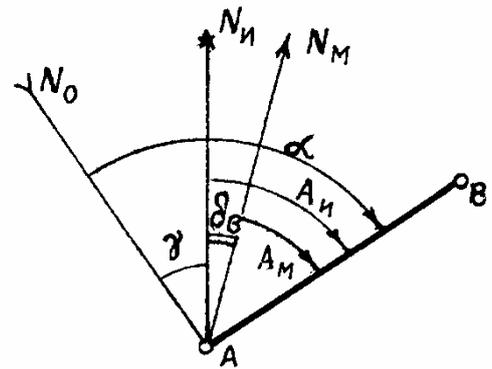


Рис.7

Из рис.7 видно, что склонение магнитной стрелки $\delta_{в}$ и угол сближения меридианов γ расположен к западу от истинного меридиана, следовательно

$$\alpha = A_{м} + \delta_{в} + \gamma = 75^{\circ} 00' + 3^{\circ} 00' + 1^{\circ} 30' = 79^{\circ} 30'.$$

Из рис.8 видно, что склонение магнитной стрелки западное $\delta_{з}$ и угол сближения меридианов γ расположен к востоку от истинного меридиана.

$$\alpha = A_{м} - (\delta_{з} + \gamma) = 280^{\circ} - (3^{\circ} 00' + 1^{\circ} 30') = 275^{\circ} 30'.$$

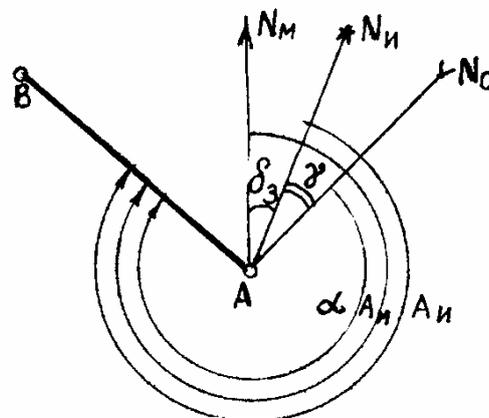


Рис.8

Из рис.9 видно, что склонение магнитной стрелки восточное δ_B и угол сближения меридианов γ расположен к востоку от истинного меридиана.

$$\alpha = A_M + \delta_B - \gamma = 110^\circ + 3^\circ 00' - 1^\circ 30' = 111^\circ 30'.$$

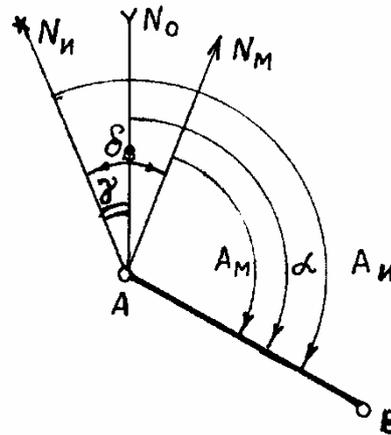


Рис.9

Из рис.10 видно, что склонение магнитной стрелки западное δ_3 и угол сближения меридианов γ расположен к западу от истинного меридиана.

$$\alpha = A_M - (\delta_3 - \gamma) = 220^\circ - (8^\circ 00' - 1^\circ 30') = 213^\circ 30'.$$

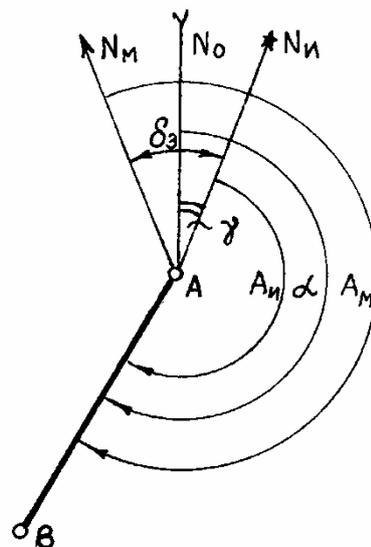


Рис.10

Задача 7

Определить дирекционные углы и румбы линий BC и CD (рис.11) по дирекционному углу линии AB и измеренным углам β_1 и β_2 , указанным в табл.7.

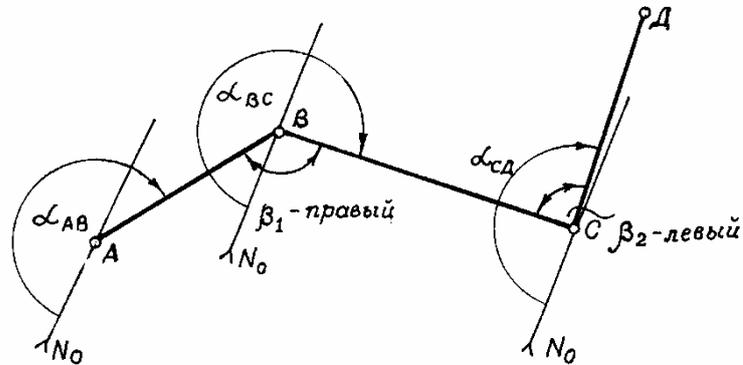


Рис.11

Таблица 7

Номер варианта	Дирекционный угол линии $AB\alpha$	Измеренные углы	
		β_1 (правый)	β_2 (левый)
1	184°10'	60°48'	110°15'
2	16°42'	121°10'	72°30'
3	94°18'	75°13'	164°42'
4	100°33'	155°34'	88°51'
5	152°47'	172°13'	74°10'
6	0°20'	95°06'	119°45'
7	269°59'	111°23'	47°53'
8	217°11'	135°40'	171°10'
9	65°35'	89°10'	124°41'
10	112°48'	144°15'	58°54'
11	359°10'	35°54'	178°11'
12	270°50'	91°31'	110°13'
13	0°15'	153°01'	121°48'
14	180°03'	183°18'	60°10'
15	300°24'	205°16'	30°18'

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

Дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей плюс или минус измеренный угол (левый или правый) и минус или плюс 180°.

$$\alpha_{BC} = \alpha_{AB} + 180^\circ - \beta_1 = 160^\circ 40' + 180^\circ - 110^\circ 20' = 230^\circ 20'.$$

Румб линии BC ЮЗ $50^{\circ}20'$.

$$\alpha_{CD} = \alpha_{BC} + \beta_2 - 180^{\circ} = 230^{\circ}20' + 60^{\circ}40' - 180^{\circ} = 111^{\circ}.$$

Румб линии CD ЮВ 69° .

1.2. Масштабы

Задача 8

Выполнить сравнение численных масштабов, перевести их в линейные и определить точность по исходным данным, приведенным в табл.8.

Таблица 8

Номер варианта	Масштабы
1	1:5000; 1:10000; 1:500
2	1:1000; 1:25000; 1:5000
3	1:25000; 1:10000; 1:50000
4	1:2000; 1:5000; 1:10000
5	1:500; 1:100; 1:1000
6	1:2000; 1:10000; 1:100000
7	1:500; 1:1:25000; 1:1000
8	1:100; 1:500; 1:10000
9	1:10000; 1:25000; 1:50000
10	1:1000; 1:10000; 1:50000
11	1:1000; 1:5000; 1:10000
12	1:100; 1:500; 1:10000
13	1:500; 1:10000; 1:25000
14	1:1000; 1:2000; 1:10000
15	1:1000; 1:25000; 1:50000

Пример решения. Исходные данные: численные масштабы 1:500; 1:5000; 1:10000.

Указанные соотношения показывают, что горизонтальные проекции линий местности уменьшены на плане соответственно в 500, 5000, 10000 раз; т.е. отрезку в 1 см на плане соответствуют на местности длины 500 см или 5 м.

$$\tau_{1:500} = 0,05 \text{ м}; \tau_{1:5000} = 0,5 \text{ м}; \tau_{1:10000} = 1 \text{ м}.$$

Задача 9

Определить расстояние на местности с углом наклона менее 3°, соответствующее длине линии на плане в масштабе указанного в табл.9.

Таблица 9

Номер варианта	Длина линии на плане, см	Масштаб плана	Номер варианта	Длина линии на плане, см	Масштаб плана
1	7,4	1:500	9	7,5	1:1000
2	2,8	1:10000	10	10,1	1:5000
3	9,1	1:2000	11	4,5	1:1000
4	3,3	1:1000	12	5,5	1:5000
5	2,5	1:25000	13	8,0	1:10000
6	1,8	1:1000000	14	6,5	1:5000
7	6,3	1:100	15	3,2	1:25000
8	4,6	1:5000			

Задача 10

Определить длину отрезка на плане по измеренному расстоянию на местности. Поправка за наклон линии местности учтена. (табл.10).

Таблица 10

Номер варианта	Длина линии на местности, м	Масштаб плана
1	99,72	1:500
2	154,10	1:2000
3	242,32	1:1000
4	61,23	1:10000
5	121,41	1:5000
6	54,843	1:100000
7	1350,8	1:25000
8	18,35	1:100
9	743,21	1:50000
10	27,768	1:1000
11	84,75	1:500
12	140,20	1:2000
13	236,50	1:1000
14	24,30	1:100
15	121,60	1:5000

Упражнение 1

Построить поперечный масштаб с основанием 2 см и оцифровать его для численных масштабов 1:500; 1:2000; 1:25000.

Упражнение 2

Пользуясь поперечным масштабом, определить длину отрезка, соответствующего измеренному расстоянию на местности, указанному в табл.11, предварительно округлив это расстояние в соответствии с точностью указанных масштабов.

Т а б л и ц а 1 1

Номер варианта	Расстояние на местности, м	Основание масштаба, м	Номер варианта	Расстояние на местности, м	Численный масштаб
1	1564,10	200	1	41,77	1:500
2	31,30	10	2	218,07	1:2000
3	484,60	100	3	121,23	1:1000
4	163,48	40	4	154,10	1:5000
5	61,23	20	5	1435,20	1:25000
6	1624,10	100	6	62,30	1:500
7	580,60	40	7	44,60	1:100
8	26,20	10	8	85,50	1:1000
9	184,56	40	9	120,80	1:500
10	75,34	20	10	148,50	1:100
11	94,80	100	11	165,45	1:500
12	1322,20	200	12	132,20	1:1000
13	1234,40	500	13	465,20	1:2000
14	62,50	1000	14	185,10	1:5000
15	110,60	40	15	1236,40	1:10000

Пример. На рис.12 показан построенный поперечный масштаб с оцифровкой для численных масштабов 1:500; 1:2000; 1:25000.

За основание масштаба принимают отрезок, равный 2 см; деление масштаба равно десятой доли основания и шаг масштаба равен десятой доли деления или сотой доли основания.

Численные масштабы	Основание	Деление	Шаг
1:500;	10 м;	1 м;	0,1 м;
1:2000;	40 м;	4 м;	0,4 м;
1:25000	500 м	50 м	5 м

Откладывая отрезки по поперечному масштабу, левую иглу измерителя совмещают с началом отсчета 0, а правую отодвигают на целое число оснований, затем левую иглу отодвигают от нуля на количество делений. Правую иглу измерителя перемещают вверх по перпендикуляру, а левую – по наклонной (трансверсали) на количество шагов. На рис.12 кружочками показаны расстояния для вариантов 2, 4, 10.

М 1:500 31,3 м = 3осн × 10 м + 1д × 3ш × 0,1 м.
 М 1:2000 161,6 м = 4осн × 40 м + 4 м × 0,4.
 М 1:25000 1435,0 м = 2осн × 500 м + 8д × 50 м + 7ш × 5 м.

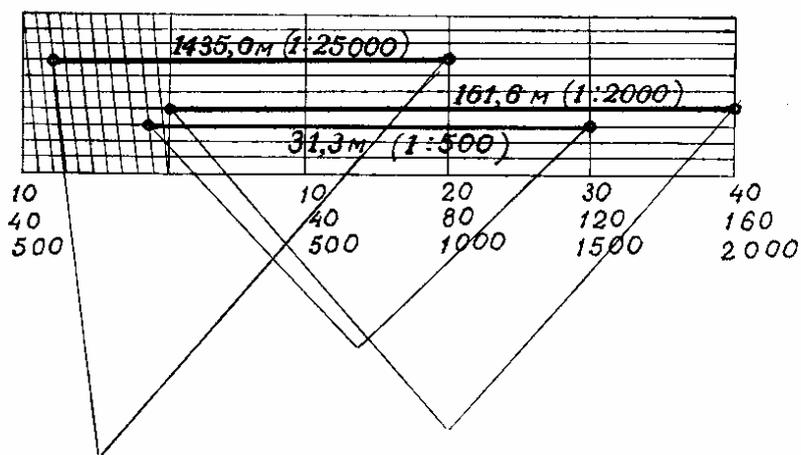


Рис.12

Задача 11

Каким численным масштабам соответствует предельная точность 1,5 м; 0,06 м; 7,5 м?

Задача 12

Можно ли дорогу шириной 4 м изобразить двумя линиями на картах масштабов 1:10000; 1:25000; 1:50000?

1.3. Номенклатура топокарт

Задача 13

По данным табл.12 определить географические координаты вершин углов рамок трапеции. В качестве справочного материала использовать данные табл.13 и рис.13.

Таблица 12

Номер варианта	Номенклатура листа карты	Номер варианта	Номенклатура листа карты
1	<i>N-37-10</i>	9	<i>C-28-52</i>
2	<i>E-33-18</i>	10	<i>D-38-60</i>
3	<i>K-34-24</i>	11	<i>M-44-120</i>
4	<i>L-39-56</i>	12	<i>N-45-51</i>
5	<i>R-35-64</i>	13	<i>H-36-124</i>
6	<i>O-40-78</i>	14	<i>G-52-36</i>
7	<i>P-50-90</i>	15	<i>B - 40 - 25</i>
8	<i>S-42-45</i>		

Таблица 13

Масштабы карт	Размеры листа		Число карт в одном листе масштаба 1:1000000	Номенклатура последнего листа карты
	по широте	по долготе		
1:1000000	4°	6°	–	–
1:500000	2°	3°	4	<i>N-37-Г</i>
1:200000	40'	60'	36	<i>N-37-XXXVI</i>
1:100000	20'	30'	144	<i>N-37-144</i>
1:50000	10'	15'	576	<i>N-37-144-Г</i>
1:25000	5'	7'30"	2304	<i>N-37-144-Г-2</i>
1:10000	2'30"	3'45"	9216	<i>N-37-144-Г-2-4</i>
1:5000	1'15"	1'52,5"	Лист карты М1:100000 делится на 256 частей	<i>N-37-144-(256)</i>
1:2000	25"	37,5"		<i>N-37-144-(256и)</i>

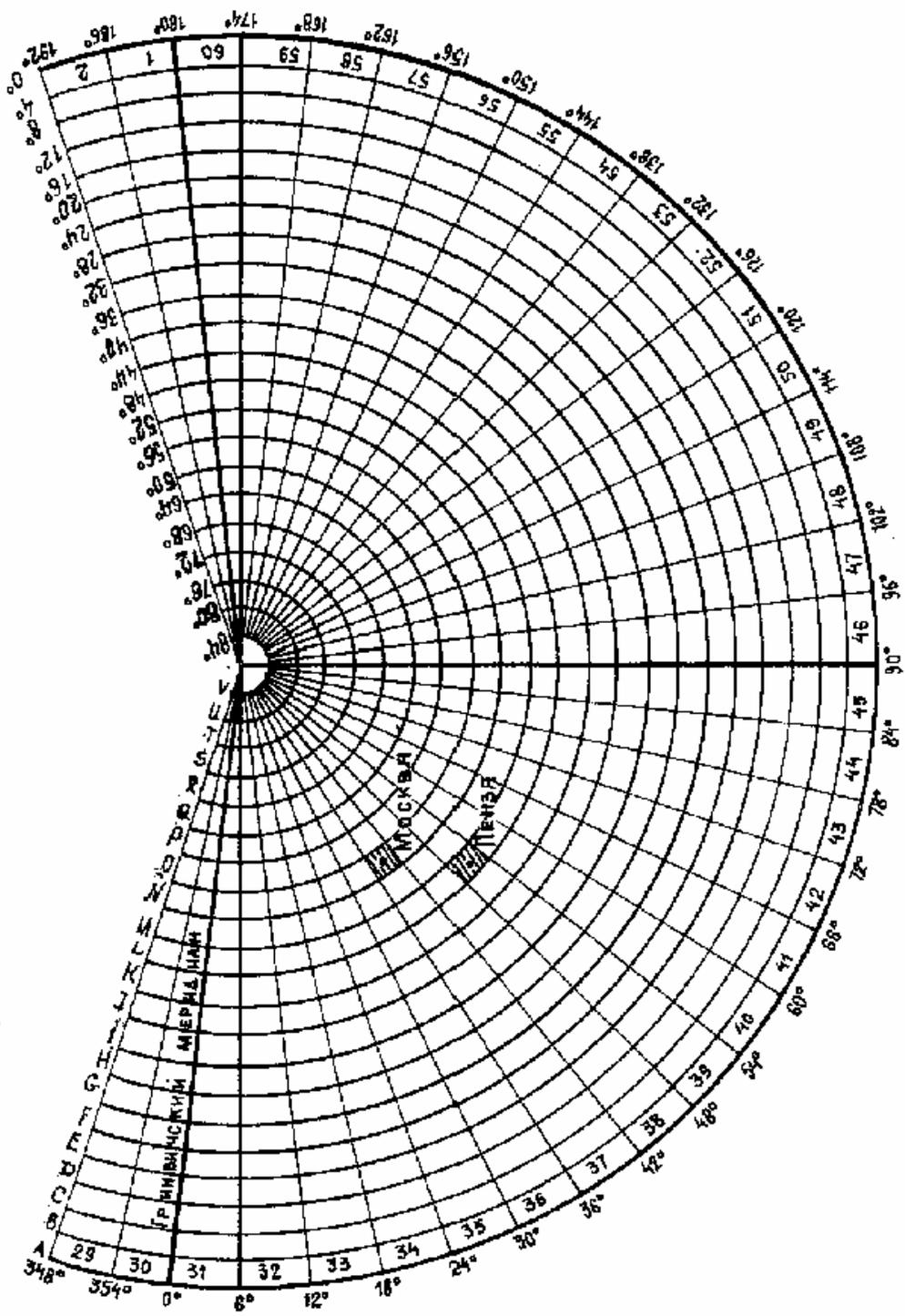


Рис.13. Разграфка листов карты М 1:1000000

Пример решения. По заданной номенклатуре листа карты N-48-52-B-в определить географические координаты вершин углов рамок трапеции.

Номенклатура исходного листа карты масштаба 1:1000000 состоит из номера пояса ($N = 14$) и номера колонны (48), тогда широта северной рамки $\varphi^c = 14 \times 4^\circ = 56^\circ$, а южной рамки $-\varphi^{ю} = 56^\circ - 4^\circ = 52^\circ$, долгота восточной рамки $\lambda^в = (48 - 30) \times 6^\circ = 108^\circ$ и западной рамки $-\lambda^з = 108^\circ - 6^\circ = 102^\circ$. Координаты углов рамок листа масштаба 1:1000000 получаем делением этого листа на 144 части (табл.12, рис.14).

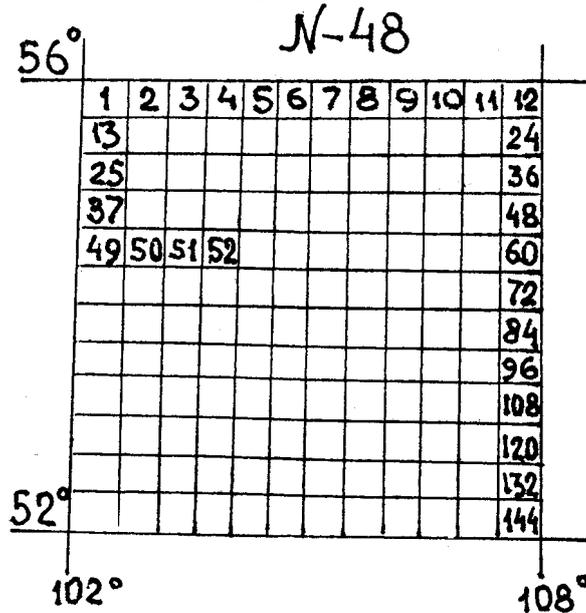


Рис.14

Широта северной рамки заданного листа $\varphi^c = 56^\circ 00' - (20 \times 4) = 54^\circ 40'$, а южной $\varphi^{ю} = 54^\circ 40' - 20' = 54^\circ 20'$. Для получения координат углов рамок трапеции N-48-52-B масштаба 1:50000 лист карты N-48-52

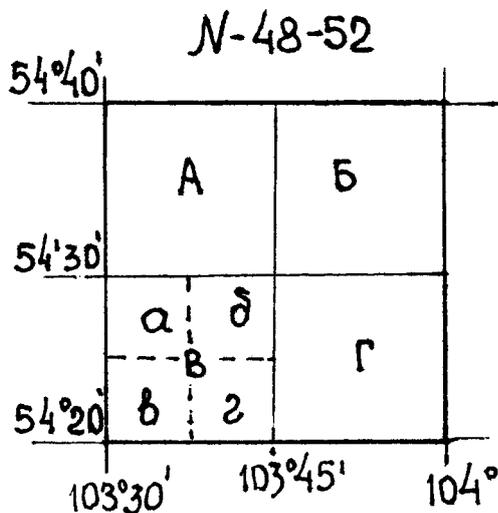


Рис.15

делим на 4 части, тогда широта листа южной рамки $\varphi^{ю} = 54^\circ 20'$, а северной рамки $-\varphi^c = (154^\circ 20' + 54^\circ 40') : 2 = 54^\circ 30'$. Лист масштаба 1:25000 получаем делением листа 1:50000 на 4 части (рис.15). Тогда широта северной рамки масштаба 1:25000 будет $\varphi^c = (54^\circ 30' + 54^\circ 20') : 2 = 54^\circ 25'$, а южной рамки $-\varphi^{ю} = 54^\circ 20'$.

Долгота же восточной рамки $\lambda^в = (103^\circ 30' + 103^\circ 45') : 2 = 103^\circ 37,5'$, а долгота западной рамки $-\lambda^з = 103^\circ 30'$.

Задача 14

Определить номенклатуру листа карты масштаба 1:100000, на котором находится искомая точка с географическими координатами. Исходные данные по вариантам приведены в табл.14.

Т а б л и ц а 14

Номер варианта	Географические координаты точки		Номер варианта	Географические координаты точки	
	φ	λ		φ	λ
1	45°02'	53°48'	9	64°28'	68°34'
2	50°43'	28°31'	10	56°18'	84°12'
3	59°41'	32°33'	11	49°34'	28°16'
4	56°32'	80°20'	12	71°18'	32°13'
5	42°15'	36°14'	13	38°52'	56°42'
6	68°23'	114°32'	14	44°31'	38°21'
7	76°24'	34°25'	15	60°32'	62°24'
8	52°42'	126°41'			

Пример решения. Определить номенклатуру листа карты масштаба 1:100000, на котором находится искомая точка, по ее географическим координатам: $\varphi^c = 61^\circ 54'$ и $\lambda^c = 67^\circ 45'$.

Вначале определяем, к какому листу карты миллионного масштаба относится искомый лист. Для этого разделяем долготу пункта на соответствующий размер рамки (табл.13 и рис.13) – $67^\circ 45' : 6^\circ = 11 + 1^\circ 45'$. Значит точка *C* находится в 12 зоне, а номер колонны $N = 12 + 30 = 42$.

Номер пояса получаем при делении широты φ на $4 - 61^\circ 54' : 4 = 15 + 1^\circ 54'$, т.е. номер пояса равен 16, что соответствует букве Р (рис.16). Следовательно, номенклатура миллионного листа карты Р-42.

Так как долгота западной рамки полученного листа равна 66, а длина рамки листа масштаба 1:100000 равна 30, то

$$\frac{67^\circ 45' - 66^\circ}{30} = 3 + 15'.$$

Значит лист масштаба 1:100000 лежит в 4-й зоне. По широте северной рамки листа масштаба 1:100000 (рис.16) аналогично получаем

$$\frac{64^\circ - 61^\circ 54'}{20} = \frac{2^\circ 06'}{20} = 6 + 6'.$$

Следовательно, требуемый лист масштаба 1:100000 лежит в 7 горизонтальном ряду листа Р-42. Тогда номер листа масштаба 1:100000 будет 76, а его номенклатура Р-42-76 (рис.17).

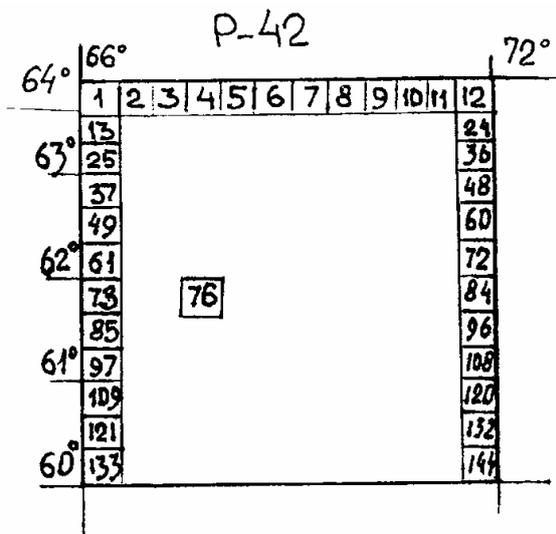


Рис.16

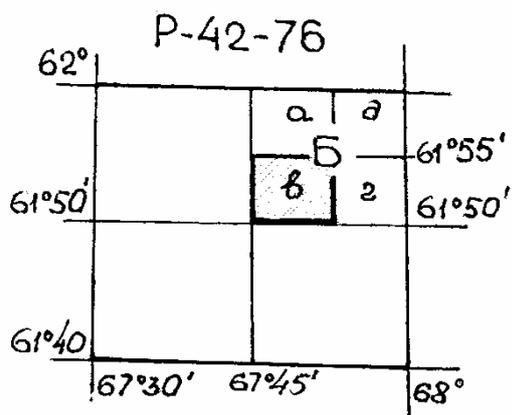


Рис.17

Пример решения. Определить номенклатуру листа карты масштаба 1:25000, в котором расположены точка C с географическими координатами: $\varphi^c = 61^\circ 54,2'$, $\lambda_c = 67^\circ 46,0'$.

Решение сопроводить схематическими чертежами.

Аналогично решению задачи №14 определяем номенклатуру листа миллионной карты, в которой расположена данная точка: P-42-76.

Согласно табл.13, последовательным делением полученной трапеции на части получают лист масштаба 1:25000, номенклатура которого P-42-76-Б-в.

1.4. Определение географических координат

Задача 15

Определить географические координаты точки с известной отметкой на карте масштаба 1:10000 (У-34-37-В-в-4).

Исходные данные по вариантам приведены в табл.15.

Таблица 15

Номер варианта	Квадрат километровой сетки	Отметка точки H , м	Номер варианта	Квадрат километровой сетки	Отметка точки H , м
1	6711	180,0	9	6411	150,3
2	6812	212,2	10	6412	154,6
3	6711	167,2	11	6611	130,4
4	6612	149,7	12	6712	156,1
5	6511	156,9	13	6611	160,6
6	6512	147,2	14	6611	156,8
7	6511	137,5	15	6711	166,2
8	6411	129,4			

Пример решения. Определить географические координаты точки А с отметкой 160,6, расположенной в квадрате 66,11 (66,11 – координаты юго-западного угла километровой сетки) карты масштаба 1:10000 (рис.18).

Проводим через заданную точку А параллель (т.е. линию, параллельную южной стороне рамки карты) – см.рис.18. Широта т.А равна широте южной рамки ($\varphi = 54^{\circ}40'$) плюс число минут и секунд от южной рамки до параллели точки (1 24):

$$\varphi_A = 54^{\circ}40' + 1' + 25'' = 54^{\circ}41'25''.$$

Долготу т.А находим аналогично, проводя через точку истинный меридиан и пользуясь делениями на южной и северной сторонах рамки:

$$\lambda = 18^{\circ}03'45'' + 15'' + 55'' = 18^{\circ}04'55''.$$

Географические координаты определяем и с помощью миллиметровой линейки с применением формул:

$$\varphi_A = \varphi_0 + \Delta\varphi; \quad \Delta\varphi'' = \frac{\Delta l_{\varphi}}{l_{\varphi}} \cdot 60'' = \frac{79 \text{ мм}}{185 \text{ мм}} \cdot 60'' = 25,6'';$$

$$\lambda_A = \lambda_0 + \Delta\lambda; \quad \Delta\lambda'' = \frac{\Delta l_{\lambda}}{l_{\lambda}} \cdot 60'' = \frac{96 \text{ мм}}{108 \text{ мм}} \cdot 60'' = 53,3''.$$

где φ_0 и λ_0 – координаты юго-западного угла трапеции, в котором расположена данная точка;

$\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$ – приращения координат;

Δl_{φ} и Δl_{λ} – расстояния в мм до данной точки соответственно от ближайшей южной параллели и от ближайшего западного меридиана;

l_{φ} и l_{λ} – длины в миллиметрах ближайших на рамках карты минут соответственно по широте и долготе.

$$\varphi_A = 54^{\circ}41' + 25,6'' = 54^{\circ}41'25,6'';$$

$$\lambda_A = 18^{\circ}04' + 53,3'' = 18^{\circ}04'53,3''.$$

1.5. Определение прямоугольных координат

Задача 16

Определить прямоугольные координаты точки с заданной отметкой на топографической карте масштаба 1:10000. Исходные данные по вариантам приведены в табл.15.

Пример решения. Определить прямоугольные (зональные) координаты точки B с отметкой 151,6 м (квадрат 6511) на карте масштаба 1:10000 (см.рис.18).

Приняв за оси координат километровые линии 6065 и 4311, опускаем на них из точки B перпендикуляры ΔX и ΔY , длины которых определяем по поперечному масштабу:

$$X_B = X_0 + \Delta X = 6065000 + 110 = 6065110 \text{ м};$$

$$Y_B = Y_0 + \Delta Y = 4311000 + 815 = 4311815 \text{ м},$$

где X_0 и Y_0 – координаты юго-западной вершины квадрата километровой сетки, в котором расположена точка;

ΔX и ΔY – приращения координат.

Значение $X_B = 6065,110$ км показывает расстояние точки от экватора, отсчитываемое по осевому меридиану, а первая цифра (4) значения $Y_B = 4311,815$ км определяет номер зоны, в которой находится лист карты.

Последние цифры показывают, что километровая линия отстоит от условного начала координат на 311,815 км, т.е. находится на расстоянии $500,00 - 311,815 \text{ км} = 188,185 \text{ км}$ к западу от осевого меридиана зоны, значение которого условно принимают за 500 км.

1.6. Построение графиков заложений и уклонов (определение крутизны ската)

Задача 17

Построить график заложений и график уклонов для заданного масштаба карты и высоты сечения рельефа. Исходные данные по вариантам приведены в табл.16.

Таблица 16

Номер варианта	Масштаб карты	Высота сечения рельефа, м	Номер варианта	Масштаб карты	Высота сечения рельефа, м
1	1:10000	2,5	9	1:25000	10
2	1:25000	5	10	1:5000	2,0
3	1:50000	10	11	1:25000	2,5
4	1:5000	1	12	1:2000	0,5
5	1:2000	1	13	1:50000	10
6	1:1000	0,5	14	1:2000	0,5
7	1:10000	5	15	1:5000	1
8	1:10000	1			

Пример решения. Построить график заложений на топоплане масштаба 1:1000 при высоте сечения $h = 0,5$ м в уклонах и в углах наклона.

Вдоль горизонтальной оси откладываем через произвольно равные отрезки значения уклонов (0,01; 0,02; 0,03; 0,05; 0,07; 0,10; 0,20), а на перпендикулярах к этой линии – значения заложений d , м: $d = \frac{h}{i}$ (50; 16,6; 10; 7,2; 5; 2,5) в масштабе данного плана.

Вершины перпендикуляров соединяем плавной кривой (рис.19).

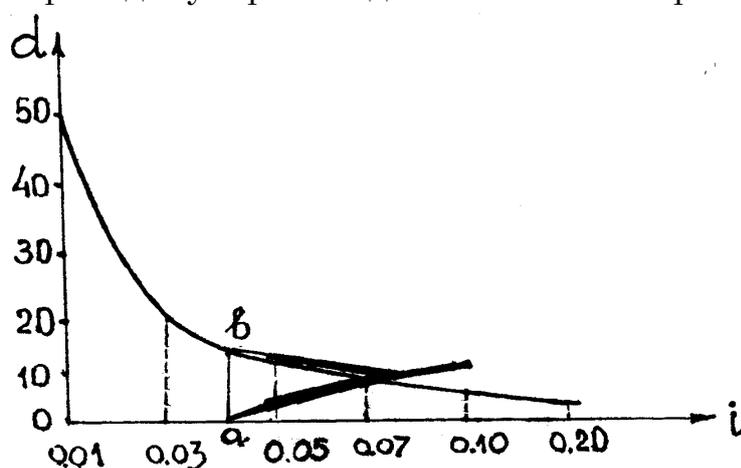


Рис.19

При построении графика заложений в углах наклона d вычисляем по формуле

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg} \alpha}$$

По горизонтальной оси откладываем через произвольно равные отрезки значения углов наклона V ($0^{\circ}30'$; 1° , 2° , 3° , 4° , 5° , 10°), а на ординатах к этой линии откладываем соответственно d (57,3; 28,6; 14,3; 9,6; 7,2; 5,2; 2,8) в масштабе плана.

Аналогично строим кривую (рис.20).

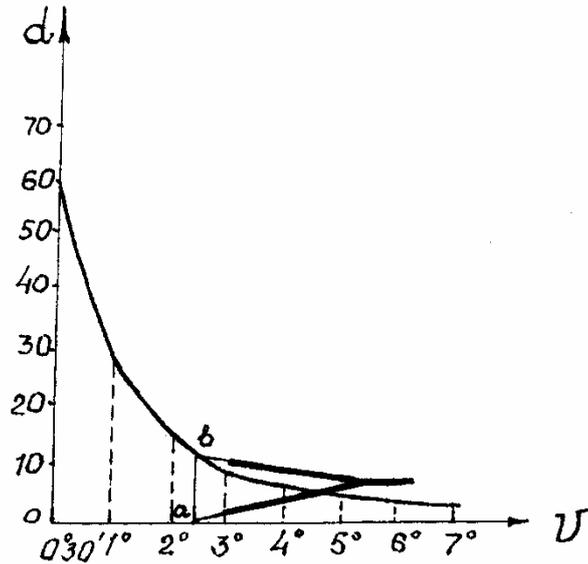


Рис.20

Задача 18

Определить крутизну ската в уклонах и углах наклона заданного отрезка по данным табл.17 и рис.22, пользуясь графиками заложений и уклонов (рис.50, 51). Высоту сечения h плана принять равной величине h при построении графиков.

Пример решения. Определить крутизну ската в уклонах и углах наклона отрезка ab (рис.21), пользуясь графиком заложений (см. рис.19, 20).

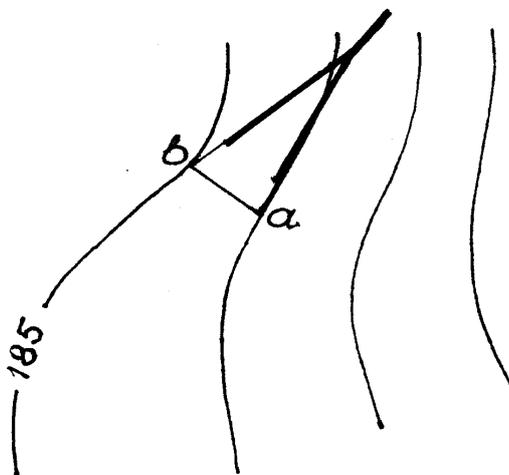


Рис.21

Угол наклона в градусной мере вычисляем по формуле

$$v = \frac{57^\circ \cdot h}{d} = \frac{2,5 \cdot 57}{50,0} = 2,8^\circ,$$

Уклон линии *ab*

$$i_{ab} = \frac{h}{d} = \frac{2,5}{50} = 0,050.$$

Уклон линии *A-B*

$$i_{A-b} = \frac{2,5 \cdot 2}{8 \cdot 10000} = \frac{5}{80} = 0,0625,$$

а угол наклона

$$v = \frac{57^\circ \cdot 5}{80} = 3,56^\circ = 3^\circ 34'.$$

Таблица 17

Номер варианта	Обозначение заложения	Концы линии	Масштаб карты	Высота сечения рельефа <i>h</i> , м
1	<i>ab</i>	А-Б	1:10000	1
2	<i>ac</i>	А-С	1:25000	10
3	<i>вг</i>	В-Г	1:10000	2,5
4	<i>ез</i>	Е-З	1:5000	1
5	<i>кп</i>	К-П	1:25000	5,0
6	<i>рс</i>	Р-С	1:10000	0,5
7	<i>мт</i>	Т-М	1:5000	10
8	<i>ок</i>	О-К	1:25000	5
9	<i>лр</i>	Л-Р	1:10000	2,5
10	<i>фх</i>	Ф-Х	1:25000	5
11	<i>сд</i>	С-Д	1:10000	5
12	<i>ту</i>	Т-У	1:25000	2,5
13	<i>яе</i>	Я-Е	1:5000	2
14	<i>дс</i>	Д-С	1:5000	1
15	<i>лт</i>	Т-Л	1:10000	5

1.7. Построение профиля местности по заданному направлению

Задача 20

Построить профиль на карте заданного масштаба (см. рис.22) по известному направлению.

Исходные данные по вариантам приведены в табл.18 и на рис.22.

Отметки точек и горизонталей на рис.22 во внимание не принимать.

Пример решения. На участке карты масштаба 1:10000 (рис.23) задано направление линии *C-D*, по которому требуется построить профиль.

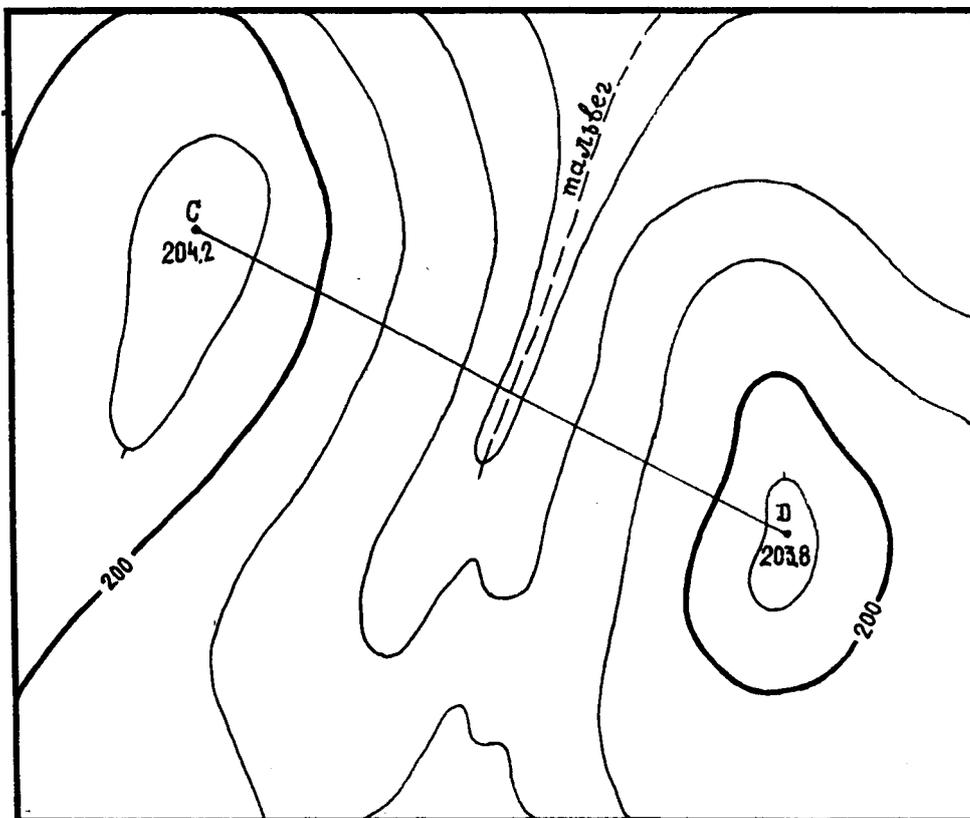


Рис.23

Высота сечения горизонталей 2,5 м (см. рис.23). На профильную линию накладываем полоску миллиметровой бумаги, отмечаем на ней выходы всех горизонталей, их отметки, а также характерные линии рельефа-тальвег.

Таблица 18

Номер варианта	Высота сечения рельефа $h, м$	Название линии	Отметки точек $H, м$	
			начальной	конечной
1	1	I-II	159,7	158,60
2	1	I-III	259,7	260,7
3	1	I-IV	159,7	158,4
4	2	II-V	255,8	253,2
5	2	I-III	170,9	173,5
6	2	III-IV	173,5	169,6
7	2,5	II-V	159,4	156,1
8	2,5	I-V	159,2	153,1
9	2,5	VI-VII	176,2	176,8
10	2	II-IX	205,4	201,8
11	2	III-X	259,5	259,8
12	5	VI-V	191,8	207,1
13	5	VI-VIII	92,3	102,4
14	5	III-V	123,5	106,8
15	5	II-E	162,5	140,0

На листе бумаги строим графы расстояний и отметок (рис.24). Переносим в графу расстояний следы всех пересечений с полосы и подписываем высоты соответствующих точек. Над всеми перенесенными точками от линии условного горизонта восстанавливаем перпендикуляры и на них в масштабе, в 10 раз крупнее горизонтального, откладываем отметки точек. Концы перпендикуляров соединяем прямыми линиями. Положение точки на тальвеге определяем на пересечении встречных скатов.

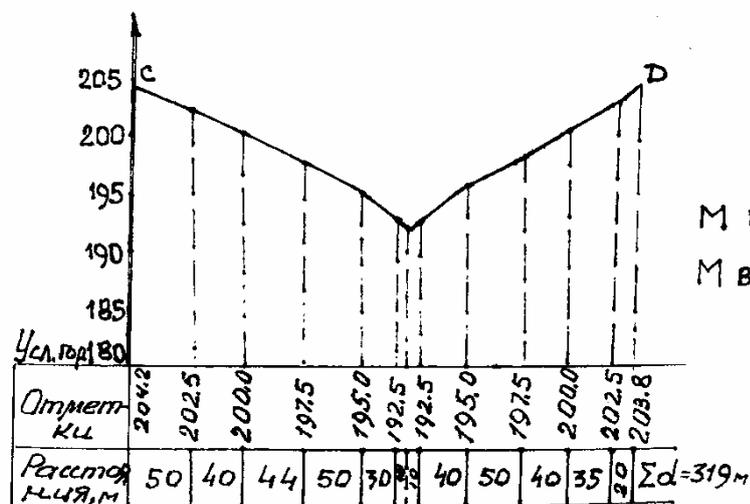


Рис.24

1.8. Проведение на карте линии заданного уклона

Задача 21

Построить линию между двумя точками по карте с уклоном, не превышающим заданного значения.

Исходные данные по вариантам приведены в табл.19 и на рис.22.

Таблица 19

Номер варианта	Обозначение концов линии	Масштаб карты	Высота сечения рельефа, м	Значение уклона на линии %
1	III-VI	1:10000	0,5	5
2	I-VII	1:5000	0,5	1
3	III-M	1:10000	1,0	8
4	X-XIII	1:5000	0,5	12,5
5	III-XI	1:10000	0,5	5
6	I-Г	1:25000	2,0	7
7	VII	1:10000	0,5	3
8	XI-I	1:5000	0,5	6,2
9	VI-I	1:25000	2,5	14,3
10	X-XII	1:10000	0,5	7
11	II-4	1:5000	0,5	4,2
12	X-VIII	1:25000	5,0	2,8
13	X-I	1:10000	0,5	5
14	I-VIII	1:5000	0,5	7,7
15	I-VII	1:5000	1	2

Пример решения. Построить между точками А-В на карте М 1:10000 с высотой сечения рельефа $h = 2,5$ м линию с уклоном, не превышающим $i = -5\%$ (рис.25).

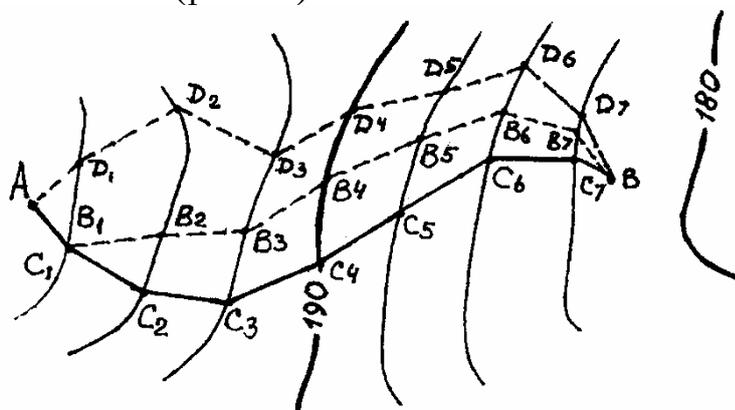


Рис.25

Вычисляем заложение d по формуле $d=2,5/0,05=50$ м, что соответствует при взятом масштабе раствору циркуля в 5 мм. Далее из т.А этим раствором циркуля засекаем на соседней горизонтали т.С₁, далее из т.С₁ тем же радиусом засекаем т.С₂ на следующей соседней горизонтали и т.д.

В результате получаем ломаную линию АС₁С₂С₃С₄С₅С₆С₇В, уклон которой в пределах точности построения составит заданную величину i . Таких линий может быть несколько. Выбирают оптимальный вариант.

1.9. Проведение границ водосборной площади

Пример решения. На карте масштаба 1:10000 провести границы водосборной площади для искусственного сооружения (рис.26). Границами водосборной площади служат линии водоразделов, пересекающие горизонтали под прямым углом. Таким образом от точки В проводим линию, перпендикулярную к горизонтали, затем продолжаем эту линию по водоразделу от горизонтали к горизонтали до точки С. Между точками С и D, а также D и E граница проходит по гребням седловин, перпендикулярно к горизонталям образующих их холмов. Аналогично проводим границу бассейна от точки F до точки E. На рис. 57 границы бассейна показаны пунктиром. Водораздельная линия проходит по точкам ВСDEF. А линия К-А-I-II-III-IV является водосливной.

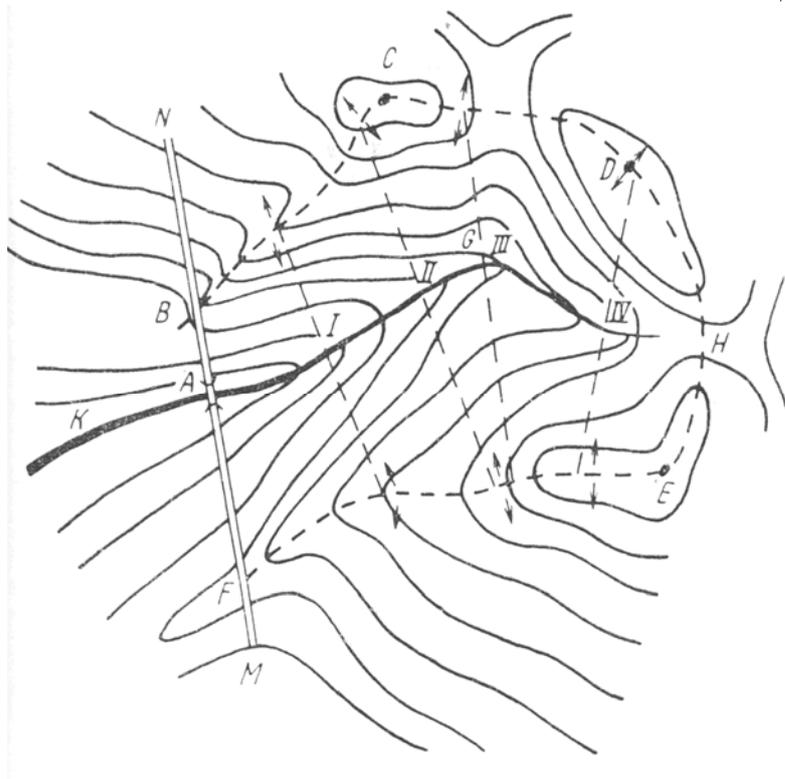


Рис.26

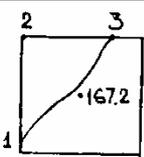
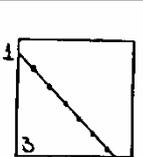
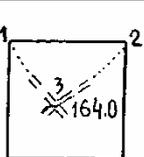
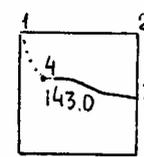
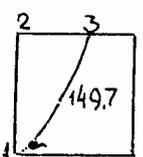
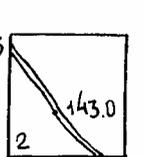
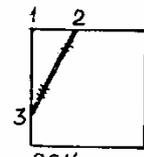
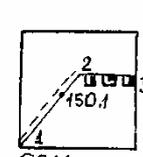
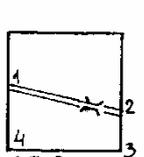
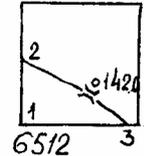
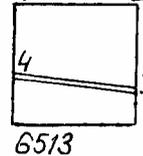
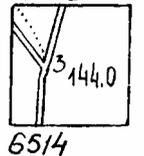
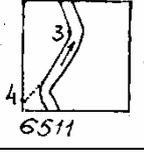
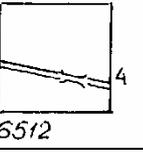
1.10. Определение площадей

Аналитический способ

Задача 22

Определить площадь фигуры по координатам ее вершин. Исходные данные по вариантам приведены в табл.20 при наличии карты У-34-37-В-в-4.

Таблица 20

Номер варианта	Обозначение квадрата	Контур определяемой фигуры	Обозначения угловых точек
1	6711		1,2,3
2	6712		1,2,3
3	6713		1,2,3
4	6611		1,2,3,4
5	6612		1,2,3
6	6613		1,2,3
7	6614		1,2,3
8	6511		1,2,3,4
9	6512		1,2,3,4
10	6512		1,2,3
11	6513		1,2,3
12	6514		1,2,3
13	6511		1,2,3,4
14	6512		1,2,3,4

Пример решения. Определить площадь треугольника (рис.27) по координатам его вершин на плане масштаба 1:1000.

Координаты вершин фигуры снимаем с плана с точностью до 0,1 мм плана. Вычисление площади выполняем по формуле

$$S = \frac{1}{2} \sum_1^n y_i (x_{i-1} - x_{i+1}) = \frac{1}{2} \sum_1^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}) \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

и заносим в табл.21.

Таблица 21

Номера вершин	Координаты, м		Разность координат, м		$x_i(y_{i+1} - y_{i-1})$	$y_i(x_{i-1} - x_{i+1})$
	x_i	y_i	$y_{i+1} - y_{i-1}$	$x_{i-1} - x_{i+1}$		
1	25,1	24,8	-10,0	-40,0	-251,0	-992,0
2	54,9	55,0	+40,2	+10,2	+2207,0	+561,0
3	14,9	65,0	-30,2	+29,8	-450,0	+1937,0
	Σ		0	0	1506	1506

Допустимая погрешность вычисления площади аналитическим способом равна $1/1000$ определяемой площади.

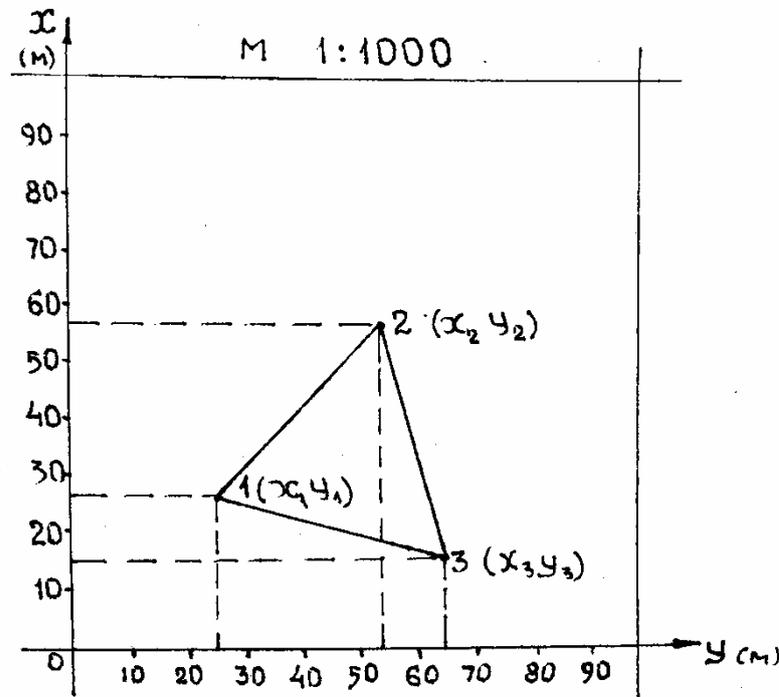


Рис.27

Механический способ

Задача 23

А) Определить площади S_1 и S_2 в заданном квадрате по карте масштаба 1:10000 планиметром. Исходные данные по вариантам приведены в табл.22

Таблица 22

Номер варианта	Обозначение квадрата	Контурные определяемых площадей
1	6711	
2	6712	
3	6713	
4	6611	
5	6612	
6	6613	
7	6614	
8	6511	
9	6512	
10	6512	
11	6513	
12	6514	
13	6511	
14	6512	
15	6613	

Пример решения. Требуется определить планиметром по карте М 1:10000 /У-34-37-В-в-4/ площадь, ограниченную левым берегом р.Голубая в квадрате 6711.

Определяем цену деления планиметра C . Для этого обводим несколько раз контур квадрата, площадь которого заранее известна. Берем отсчеты I_1, I_2, I_3 .

Расхождения между отсчетами не должны быть $> 0,005$.

Вычисляем

$$C = \frac{S}{(n_2 - n_1)_{\text{cp}}} = \frac{10^6}{1010} = 990,10.$$

Результаты измерений и вычислений записываем в табл.22. Заменяем полученное дробное значение C (неудобное для вычислений) круглым числом, изменяя длину обводного рычага $l \rightarrow l_0$. Необходимую длину рычага l_0 определяем из формулы

$$l_0 = \frac{C_0 l}{C} = \frac{100 \cdot 164,1}{990,10} = 165,7.$$

Установив длину рычага l_0 на планиметре, определяем площади фигур S_1 и S_2 (рис.28) по формуле

$$S_i = l_0 (u_2 - u_1)_{\text{ср}}$$

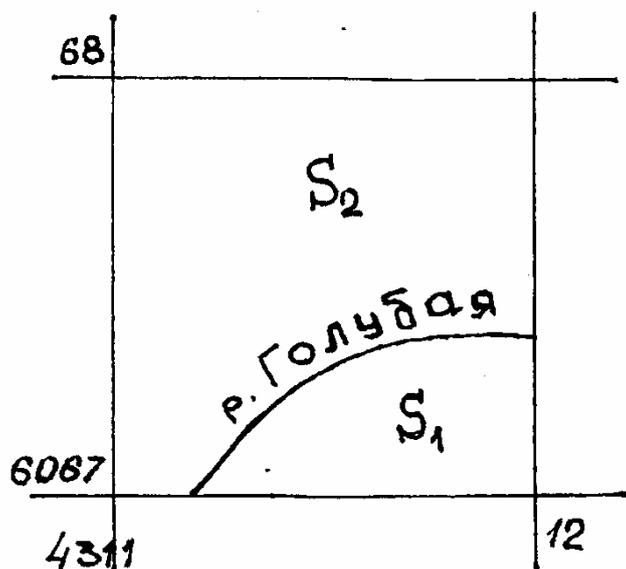


Рис. 28

при положении полюса вне обводимой фигуры (рис.29).

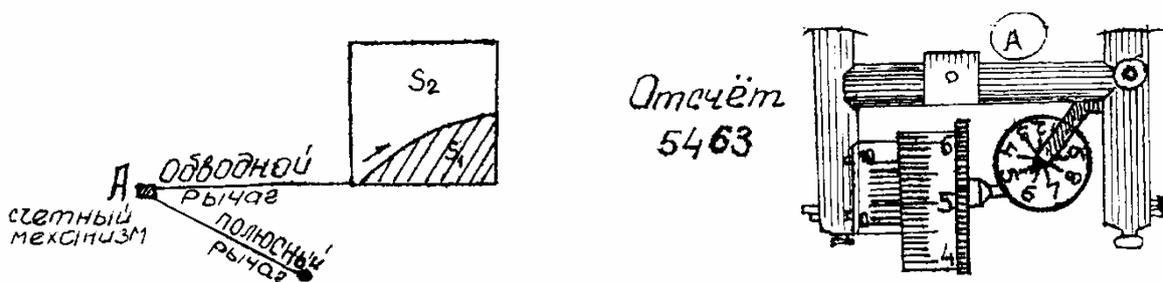
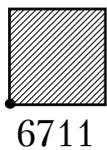
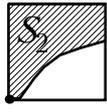


Рис.29

Результаты измерений и вычислений записывают по форме табл.23

Т а б л и ц а 23

Номер квадрата	Отсчеты u_1 u_2 u_3	Разность отсчетов u_2-u_1 u_3-u_2	Средняя разность отсчетов	Цена деления планиметра C	C_0 l_0	Площадь $S, \text{ м}^2$
Определение цены деления планиметра C						
 6711	6118 7130 8138	1012 1008	1010	990,10 164,1	1000 165,7	1000000
Определение площадей фигур						
 6711	1200 1330 1470	135 135	135		1000 165,7	135000
 6711	6005 6867 7731	862 864	863		1000 165,7	+2000 863000 $S_{\text{испр}} =$ =865000

Погрешности

$$m_S = \sum S_{\text{пр}} - \sum S_{\text{т}} = -2000; \quad \sum S_{\text{пр}} = 998000;$$

$$m_{S_{\text{доп}}} = \frac{1}{200} S = \frac{10^6}{2000} = 5000; \quad \sum S_{\text{пр}} = S_1 + S_2;$$

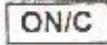
$$\sum S_{\text{т}} = S_0 = 10^6 \text{ м}^2.$$

Б) Требуется определить цифровым планиметром (PLANIX 7) по карте М 1:10000 /У-34-37-В-в-4/ площадь, ограниченную береговой линией оз. Чёрное, а также остальную площадь в квадрате 6613 (табл. 20)

Порядок работы:

1) Выровнить и разложить объект на ровной поверхности, поместив его по возможности горизонтально.

2) Установить PLANIX 7 так, чтобы роликовый механизм и рамка трассера расположились под прямым углом друг к другу, а рамка трассера при этом находилась на середине контура снимаемого объекта.

3) Включают механизм нажатием клавиши  на экране при этом отобразится «О».

4) Выбирают метрическую систему мер

- Нажимают клавишу **m=ft**. При этом на правой стороне отображаются единицы системы мер. Выбирают необходимую единицу измерения – м². При помощи клавиши **UNIT**, установив курсор напротив неё.

5) Выбирают масштаб карты. Вводят «N» числовыми клавишами (0...9), нажимают клавишу **SCALE**. Перед измерением площади фигуры в масштабе 1:N (для 1:10000 набирают 10000).

6) Начинают измерения нажатием клавиши **START**. На дисплее высвечивается «O».

- Совмещают центр мензы (точка) трассера с начальной точкой отсчета контура.

- по часовой стрелке обводим контур измеряемой площади заканчивая исходной точкой.

- на дисплее высвечивается число м² в обведенном контуре.

- итак повторяем измерения трижды площадь водной поверхности (а), а затем остальной площади в пределах квадрата (б). В результате берем среднее значение площади. Для удержания в памяти прибора полученных значений используются клавиша **HOLD**.

а) 946000, 947000, 948000

б) 55000, 56000, 57000

Средние значения: $S_{cp}^1 = \frac{946000 + 947000 + 948000}{3} = 947000 \text{ м}^2$

$$S_{cp}^2 = \frac{55000 + 56000 + 57000}{3} = 56000 \text{ м}^2$$

$$\Sigma S = 1003000 \text{ м}^2 \quad S_{cp} = 10^6 \text{ м}^2$$

$$\text{Погрешность } m_{S_{доп}} = \frac{1}{200} S = \frac{1}{200} \cdot 10^6 = 5000 \text{ м}^2$$

$$m_s = 3000 \text{ м}^2 \quad m_s < m_{S_{доп}}$$

2. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЙ

2.1. Равноточные измерения

Задача 24

Расстояние между осями колонн измерено лентой 6 раз. Результаты измерений и их обработка приведены в табл.24.

Таблица 24

Номер измерения	Результаты измерения $d, \text{м}$	Уклонение от вероятнейшего значения $v=D-d, \text{см}$	$v^2, \text{см}$
1	225,26	+6	36
2	225,23	+3	9
3	225,22	+2	4
4	226,14	-6	36
5	225,23	+3	9
6	225,12	-8	64
$D=225,20$		$[v]=0$	$[v^2]=158$

Определить вероятнейшее значение измеренного расстояния, среднюю квадратическую погрешность отдельного измерения и его предельную погрешность, а также среднюю квадратическую и относительную погрешности вероятнейшего значения измеренного расстояния.

Пример решения.

Вероятнейшее значение измеренного расстояния определяют по формуле

$$D = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6}{n} = \\ = 225 + \frac{0,26 + 0,23 + 0,22 + 0,14 + 0,23 + 0,12}{6} = 225,20 \text{ м.}$$

Среднюю квадратическую погрешность отдельного измерения определяют по формуле

$$m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{158}{6-1}} = 5,6 \text{ см.}$$

Предельную погрешность измерения определяют по утроенной средней квадратической погрешности:

$$\Delta_{\text{пред}} = 3m = 3 \cdot 5,6 \text{ см} = 16,8 \text{ см.}$$

Среднюю квадратическую погрешность вероятнейшего значения измеренного расстояния определяют по формуле

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} = \frac{5,6}{\sqrt{6}} = 2,3 \text{ см.}$$

Относительную погрешность вероятнейшего значения измеренного расстояния определяют по формуле

$$\frac{M}{D} = \frac{2,3}{22520} = \frac{1}{9800}.$$

Задача 25

Определить, сколько раз потребуется измерить отрезок линии между осями колонн, чтобы получить средние квадратические погрешности $m = 0,05$ м и $M = 0,02$ м.

Пример решения.

По формуле определения средней квадратической погрешности вероятнейшего значения измеренного отрезка получают искомое.

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}}, \text{ откуда } n = \frac{m^2}{M^2} = \frac{0,05^2}{0,02^2} = 6 \text{ раз.}$$

Задача 26

Даны результаты равноточных измерений одного и того же угла (табл.25).

Определить вероятнейшее значение измеренного угла и его среднюю квадратическую погрешность, а также среднюю квадратическую погрешность отдельного измерения.

Таблица 25

Номер вари- анта	Результаты измерения угла				
	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
1	2	3	4	5	6
1	24°11,5'	24°11,2'	24°11,5'	24°11,2'	56°31,4' 31°10,1' 12°19,6'
2	102°16,8'	102°16,2'	101°16,6'	102°15,9'	
3	27°25,6'	27°26,1'	27°26,4'	27°26,5'	
4	56°31,8'	56°28,8'	56°29,9'	56°32,1'	
5	31°08,9'	31°09,2'	31°09,5'	31°09,4'	
6	12°18,1'	12°18,8'	12°18,3'	12°19,1'	
7	94°11,1'	94°10,9'	94°11,5'	94°11,4'	

Окончание табл. 25

1	2	3	4	5	6
8	17°24,8'	17°24,5'	17°24,3'	17°24,6'	
9	101°87,2'	101°86,8'	101°87,5'	101°87,4'	
10	43°27,8'	43°26,9'	43°27,6'	43°27,1'	
11	68°73,4'	68°74,1'	68°73,9'	68°73,7'	
12	71°35,3'	71°34,9'	71°35,5'	71°35,7'	
13	88°16,4'	88°16,5'	88°16,8'	88°16,9'	
14	35°66,5'	35°66,8'	35°66,1'	35°66,6'	
15	25°24,8'	25°24,6'	25°24,3'	25°24,7'	25°24,2'

Задача 27

Даны результаты равноточных измерений длины здания (табл.26).

Определить вероятнейшее значение измеряемой длины и его среднюю квадратическую погрешность, а также среднюю квадратическую погрешность отдельного измерения.

Таблица 26

Номер варианта	Результаты измерения длины, м				
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5
1	102,34	103,29	103,30	103,32	
2	80,56	80,48	80,51	80,53	
3	66,21	66,18	65,98	66,40	
4	130,49	130,42	130,51	130,56	130,50
5	56,80	56,48	56,51	56,78	56,92
6	42,95	42,98	42,91	43,05	42,88
7	53,42	53,47	53,21	53,30	
8	78,13	78,21	78,15	78,22	
9	36,14	35,98	36,16	36,02	
10	29,17	29,34	29,10	29,15	
11	115,77	115,63	115,78	115,80	
12	44,70	44,66	44,72	44,68	44,74
13	113,05	112,98	113,04	112,95	
14	87,41	87,37	87,43	87,45	
15	178,24	178,20	178,30	178,19	178,23

Задача 28

Дана средняя квадратическая погрешность однократного измерения проектного угла $m = 30''$. Определить среднюю квадратическую погрешность, если этот же угол измерить 10 раз.

Задача 29

Дана средняя квадратическая погрешность результата пятикратного измерения длины строительной фермы $M = 0,15$ м.

Определить, сколько раз необходимо измерить ту же длину фермы, чтобы результат получить со средней квадратической погрешностью 0,10 м.

Задача 30

Дана средняя квадратическая погрешность результата трехкратного измерения проектного угла $20''$. Определить, сколько раз необходимо измерить тот же угол, чтобы средняя квадратическая погрешность оказалась равной $10''$.

Задача 31

Длина участка трассы измерялась 3 раза по плану и были получены следующие результаты: 1) $d_1 = 1564$ м; 2) $d_2 = 1566$ м; 3) $d_3 = 1665$ м. Эта же длина, измеренная на местности более точно, составила $d = 1565,28$ м.

Определить среднюю квадратическую погрешность одного измерения по плану и вероятнейшего значения длины участка трассы.

Задача 32

Средняя квадратическая погрешность отдельного измерения участка трассы $m = 0,02$ м. Определить среднюю квадратическую погрешность вероятнейшего значения длины участка трассы, если измерения сделать: 1) 3 раза; 2) 5 раз; 3) 8 раз.

Задача 33

Измеренный теодолитом Т2 угол поворота оказался равным $36^\circ 25' 16''$. Этот же угол измерен 3 раза теодолитом Т15 и получены следующие результаты: 1) $36^\circ 25,4'$; 2) $36^\circ 25,1'$; 3) $36^\circ 25,7'$.

Определить среднюю квадратическую погрешность одного измерения и вероятнейшее значение угла.

Задача 34

Средняя квадратическая погрешность одного измерения длины траншеи равна 22 мм. Определить, сколько раз ее требуется измерить, чтобы вероятнейшее значение длины этой траншеи было получено со средней квадратической погрешностью: 1) $M_1 = 5$ мм; 2) $M_2 = 10$ мм.

Задача 35

Даны результаты измерения длины пролета цеха (табл.27). Определить средние квадратические погрешности одного измерения пролета и вероятнейшего значения, а также сколько раз требуется

измерить пролет, чтобы средняя квадратическая погрешность вероятнейшего значения была равна 0,01 м.

Т а б л и ц а 27

Номер варианта	Результаты измерения длины пролета цеха, м				
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5
1	35,89	35,91	36,02	36,15	
2	12,02	11,98	11,95	12,10	
3	24,12	23,98	24,05	24,06	
4	18,04	18,12	17,98	17,96	18,02
5	53,91	53,99	54,05	54,01	54,12
6	72,03	71,91	72,12	72,08	71,96
7	35,80	35,92	36,10		36,10
8	12,10	11,90	11,85		12,00
9	24,10	23,90	24,05		24,08
10	18,05	18,10	17,45	17,90	18,05
11	53,90	54,00	54,05	54,18	54,10
12	72,00	71,90	72,90	72,05	71,96
13	15,05	15,12	15,90	15,96	
14	10,01	11,90	11,95	12,12	
15	70,00	72,00	72,10	72,05	72,90

З а д а ч а 36

В табл.28 даны невязки результатов отложения всех углов при разбивке основных осей пяти зданий четырехугольной формы (т.е. разность между теоретической и практической суммами измеренных углов).

Определить среднюю квадратическую погрешность отложения одного разбивочного угла.

З а д а ч а 37

Перенесение на стройплощадку проектного горизонтального угла производится теодолитом со средней квадратической погрешностью 17".

Определить среднюю квадратическую погрешность измерения угла, если этим же теодолитом 3 раза измерить угол.

З а д а ч а 38

Тригонометрическим нивелированием превышение на участке траншеи измерено 3 раза и средняя квадратическая погрешность вероятнейшего значения составила 0,1 м.

Определить, сколько потребуется повторить измерения, чтобы результат имел среднюю квадратическую погрешность:

1) $M_1 = 0,06$ м; 2) $M_2 = 0,08$ м; 3) $M_3 = 0,03$ м.

Т а б л и ц а 28

Номер варианта	Номер сооружения и значение невязок				
	1	2	3	4	5
1	-2,4"	+6,2"	+4,9"	-7,2"	+3,8"
2	+3"	-4"	-2"	+1"	-3"
3	+2,8"	+3,2"	-5,6"	-4,8"	+2,6"
4	-1,3"	+8,4"	-9,1"	-6,3"	+6,3"
5	+4"	+6"	-5"	+7"	-2"
6	+1"	-8"	+5"	+4"	-6"
7	+3,1"	-2,7"	+4,3"	-3,8"	+1,7"
8	-6"	+8"	+3"	-4"	+2"
9	+1,7"	-2,4"	6,8"	-3,4"	+0,4"
10	+3,3"	-1,7"	+2,8"	-4,3"	+1,8"
11	+5,7"	-3,2"	+2,6"	-1,2"	+0,3"
12	-1"	+4"	-8"	+6"	+3"
13	+1,5"	-2,4"	+4,3"	-1,7"	+2,1"
14	-1"	+7"	-5"	+4"	-2"
15	-4"	+5"	-3"	+6"	-2"

З а д а ч а 39

Действительная абсолютная отметка дна котлована $H = 72,218$ м. Эта же отметка, определенная три раза способом геометрического нивелирования, составила: $H_1 = 72,4$ м; $H_2 = 72,3$ м; $H_3 = 72,1$ м.

Определить среднюю квадратическую погрешность одного измерения и вероятнейшего значения отметки.

З а д а ч а 40

Известно, что теодолит Т15 позволяет производить измерения с погрешность 15". Определить среднюю квадратическую погрешность вероятнейшего значения измерений, если этим теодолитом увеличить количество приемов измерения до четырех раз.

З а д а ч а 41

Площадь затройки по плану измерена планиметром в количестве 3-х раз и получены следующие результаты:

1) 105,81 га; 2) 105,1 га; 3) 106,22 га.

Определить средние квадратические погрешности одного измерения, вероятнейшего значения и их относительные погрешности.

2.2. Оценка функций измеренных величин

Задача 42

Участок дороги измерен по частям: d_1 – со средней квадратической погрешностью $m_1 = 0,09$ м; d_2 – со средней квадратической погрешностью $m_2 = 0,17$ м.

Определить m_d – среднюю квадратическую погрешность длины участка дороги D .

Пример решения

$$m_d = \sqrt{m_1^2 + m_2^2} = \sqrt{0,09^2 + 0,17^2} = 0,19 \text{ м.}$$

Задача 43

Все углы шестиугольного сооружения измерены с одинаковой точностью со средней квадратической погрешностью $m_\beta = 10''$. Определить среднюю квадратическую погрешность суммы всех измеренных углов.

Пример решения

$$m_{\sum \beta} = m_\beta \sqrt{n} = 10'' \sqrt{6}.$$

Задача 44

Средние квадратические погрешности застройки F_1 и F_2 соответственно равны $m_1 = 10,8$ м и $m_2 = 16,5$ м. Определить среднюю квадратическую погрешность m_F площади застройки

$$F = F_1 + F_2.$$

Задача 45

Средняя квадратическая погрешность результата, полученного от 4-х кратного измерения угла, равна $30''$.

Определить среднюю квадратическую погрешность однократного измерения угла.

Задача 46

Определить среднюю квадратическую погрешность линии, состоящей из 5 отрезков, если каждый из них измерен со средней квадратической погрешностью $0,15$ м.

Задача 47

Вычислить среднюю квадратическую относительную ошибку определения длины окружности резервуара, диаметр которого $d=42,5$ м измерен несколько раз со средней квадратической ошибкой $M_d=\pm 2$ см.

Задача 48

Определить абсолютную и относительную средние квадратические погрешности участка D автодороги, состоящей из трех отрезков, измеренных каждый со средними квадратическими погрешностями:

$$d_1 = 84,68 \text{ м } (m_1 = 0,06 \text{ м}); d_2 = 43,64 \text{ м } (m_2 = 0,04 \text{ м});$$

$$d_3 = 73,81 \text{ м } (m_3 = 0,08 \text{ м}).$$

Задача 49

Геометрическое нивелирование выполнено с односторонними рейками и превышение вычислено как разность отсчетов a и b по рейкам. Определить среднюю квадратическую погрешность превышений, если $m_a=m_b=3$ мм.

2.3. Двойные равноточные измерения

Задача 50

Длина здания была измерена 5 раз дважды – в прямом и обратном направлениях. Результаты измерений и их обработка приведены в табл.29.

Определить среднюю квадратическую погрешность одного измерения длины здания по разностям двойных измерений.

Таблица 29

Номер измерения	Результаты измерений, м		Разность измерения d , см	d^2 , см
	прямо	обратно		
1	81,62	81,57	+5	25
2	79,37	78,40	-3	9
3	80,88	80,91	-3	9
4	82,06	82,00	+6	36
5	81,36	81,29	-7	49

Пример решения

$$[d] = -2; [d^2] = 128;$$
$$m = \sqrt{\frac{[d^2]}{2n}} = \sqrt{\frac{128}{10}} = 3,6 \text{ см.}$$

Задача 51

Длина сооружения измерена дальномером 3 раза дважды – в прямом и обратном направлениях и получены следующие результаты: 156,20 м и 156,56 м; 149,37 м и 148,41 м; 152,42 м и 153,00 м.

Определить среднюю квадратическую погрешность одного измерения длины сооружения.

Задача 52

Разности двойных измерений трех горизонтальных углов равны: +17"; +12"; +6". Определить среднюю квадратическую погрешность одного измерения угла здания.

Задача 53

Разности двойных измерений пяти отрезков участка трассы равны: – 10 см; + 5 см; – 16 см; + 8 см; + 4 см.

Определить среднюю квадратическую погрешность одного измерения участка трассы.

Задача 54

Произведено измерение на плане трех отрезков линий разной длины с помощью линейки и поперечного масштаба. Разности этих измерений равны: + 0,15 мм; + 0,08 мм; – 0,10 мм.

Определить среднюю квадратическую погрешность одного измерения.

Задача 55

Измерение превышения между пикетами трассы произведено при двух горизонталях нивелира и получены результаты: 0805 мм и 0812 мм; 0259 мм и 0253 мм; 1050 мм и 1048 мм.

Определить среднюю квадратическую погрешность превышения, измеренного при одном горизонте нивелира.

Задача 56

Разность двойных измерений четырех углов здания составила: + 6"; – 3"; + 4"; +2".

Определить среднюю квадратическую погрешность одного измерения угла.

Задача 57

Три угла измерялись дважды и получены результаты: 37°16'31" и 37°16'38"; 79°20'25" и 78°23'38"; 56°09'17" и 56°14'25".

Определить среднюю квадратическую погрешность одного измерения угла по разностям двойных измерений.

Задача 58

Данные результатов двойных равноточных измерений длины строящейся спортивной площадки приведены в табл.30.

Таблица 30

Номер измерения	Результаты измерения, м		Разность измерения	d^2 , см
	прямо	обратно	d , см	
1	84,62	84,56	+6	36
2	82,37	82,41	-4	16
3	83,88	83,81	+7	49
4	85,06	85,04	+2	4
5	84,27	84,33	-6	36
6	83,30	83,25	+5	25
7	85,11	85,09	+2	4

Определить среднюю квадратическую погрешность однократного измерения длины.

2.4. Неравноточные измерения

Задача 59

Направление угла поворота трассы измерено 5 раз. Каждый результат получен как среднее из нескольких приемов. Данные измерения и их обработка приведены в табл.31.

Таблица 31

Номер измерения	Результаты измерений	Число приемов	Вес p	V	pV	pV^2
1	48°16'39"	6	3	+3,9	11,7	45,63
2	48°16'36"	2	1	+6,9	6,9	47,61
3	48°16'47"	6	3	-4,1	-12,3	50,43
4	48°16'43"	12	6	-0,1	-0,6	0,06
5	48°16'46"	4	2	-3,1	-6,2	19,22
$\sum p=15$					-0,5	162,95

Определить среднее весовое значение угла, а также средние квадратические погрешности полученного значения и измерения с весом единица.

Пример решения

Определяют общую арифметическую середину или среднее весовое значение:

$$L_0 = 48^\circ 16' + \frac{3 \cdot 39 + 1 \cdot 36 + 3 \cdot 47 + 6 \cdot 43 + 2 \cdot 46}{3 + 1 + 3 + 6 + 2} = 48^\circ 16' 42,9''.$$

Определяют среднюю квадратическую погрешность одного измерения, имеющего вес, равный единице:

$$\mu = \sqrt{\frac{162,95}{(5-1)}} = 6,4''.$$

Определяют среднюю квадратическую погрешность среднего весового значения:

$$M_0 = \frac{6,4}{\sqrt{15}} = 1,6''.$$

Задача 60

Даны результаты измерения угла: $30^\circ 01' 8''$ из двух повторений; $30^\circ 01' 10''$ из четырех повторений и $30^\circ 01' 14''$ из трех повторений

Определить вероятнейшее значение угла β_0 и его среднюю квадратическую погрешность.

Задача 61

Средняя квадратическая погрешность результата измерения угла $m = 4,5''$, а вес результата $p = 4$.

Определить среднюю квадратическую погрешность единицы веса.

Задача 62

Даны результаты измерения размеров котлована и получены результаты: 26,85 м из двух измерений; 26,69 м из трех измерений и 26,76 м из четырех измерений.

Определить среднюю квадратическую погрешность измерений и вероятнейшее значение размера котлована.

Задача 63

Измерения двух углов здания произведены с весами $p_1 = 4$, $p_2 = 6$ и со средними квадратическими погрешностями единицы веса $\mu = 5''$. Определить средние квадратические погрешности результатов измерений.

Задача 64

При определении абсолютной отметки верха фундамента с проложением нивелирных ходов от двух рабочих реперов получены результаты со средними квадратическими погрешностями:

$H_1 = 16,242$ м с $m_1 = 0,008$ м; $H_2 = 16,235$ м с $m_2 = 0,004$ м.

Определить вероятнейшее значение отметки верха фундамента H_ϕ и ее среднюю квадратическую погрешность.

Задача 65

Вес результата одного измерения пролета цеха длиной 80 м равен единице. Определить, сколько раз потребуется измерить пролет другого цеха длиной 130 м, чтобы вес результата был равен 3.

Задача 66

Даны результаты измерения углов в треугольном сооружении с весами 4,6,8.

Определить среднюю квадратическую погрешность каждого угла, если средняя квадратическая погрешность единицы веса $\mu = 15''$.

Задача 67

В табл.32 приведены отметки реперов, превышения между ними и закрепляемой точкой, а также длины ходов нивелирования и их веса.

Определить вероятнейшее значение отметки узловой точки и ее среднюю квадратическую погрешность.

Таблица 32

Номер репера	Отметка репера, м	Превышение, м	Отметка закрепляемой точки, м	Длина хода L , м	Вес P
1	109,84	+3,036	106,582	45,8	2
2	93,150	-1,691	106,599	124,3	7
3	102,860	-4,138	106,578	68,4	3,5

Задача 68

Ширина колеи мостового крана измерена рулеткой 5 раз. Данные измерения и их предварительная обработка приведены в табл.33.

Определить среднее весовое значение ширины колеи и средние квадратические погрешности полученного значения

Таблица 33

Номер измерения	Результаты измерений, м	Вес P	V	pV	pV^2
1	39,68	2	+3	+6	18
2	39,63	3	-2	-6	12
3	39,64	4	-1	-4	4
4	39,65	7	0	0	0
5	39,65	5	+1	+5	5
		21		+1	39

3. УГЛОВЫЕ И ЛИНЕЙНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

3.1. Угловые измерения

Задача 69

Вычислить значения измеренных углов по результатам, приведенным в табл.34, если измерения были выполнены способом приемов теодолитом 4Т30.

Таблица 34

Номер варианта	Точка		Отсчеты по горизонтальному кругу	
	стояния	визирования	КП	КЛ
1	I	V	182°35′	2°36′
		II	300°14′	120°14′
2	II	I	2°16′	182°15′
		III	162°06′	342°06′
3	III	II	0°00′	180°01′
		IV	272°08′	92°09′
4	IV	III	183°44′	3°42′
		V	283°55′	103°54′
5	V	IV	264°50′	84°49′
		I	15°40′	195°40′
6	I	V	23°44′	203°45′
		II	142°18′	322°18′
7	II	I	136°51′	316°50′
		III	168°20′	348°18′
8	III	IIIV	164°42′	344°41′
			96°11′	276°11′
9	IV	III	300°10′	120°11′
		V	117°54′	297°55′
10	V	IV	338°25′	158°26′
		I	19°40′	199°40′
11	I	IV	301°12′	121°13′
		III	52°25′	232°25′
12	II	V	283°34′	103°33′
		I	333°55′	153°55′
13	III	I	206°28′	26°28′
		IV	301°00′	121°01′
14	IV	III	81°43′	261°42′
		I	144°21′	324°21′
15	V	I	346°40′	166°41′
		II	62°15′	242°15′

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

Значение измеренного угла β вычисляют в полуприемах как разность отсчетов, и если из меньшего отсчета вычисляют больший, то к меньшему прибавляют 360° .

I полуприем $\beta_1 = \text{КЛ}_v - \text{КП}_{II}; \beta_1 = 120^\circ 14' - 2^\circ 36' = 117^\circ 38'$.

II полуприем $\beta_2 = \text{КП}_v - \text{КП}_{II}; \beta_2 = 300^\circ 14' - 182^\circ 35' = 117^\circ 39'$.

Значения углов в полуприемах не должны различаться между собой на величину, большую удвоенной точности отсчетного устройства. Если требование соблюдается, то за окончательное значение угла принимают среднее из двух полуприемов.

$$\beta_{\text{ср}} = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} = 117^\circ 38,5'.$$

Задача 70

Вычислить приведенные направления, если при вершине 0 измерения горизонтальных углов были выполнены способом круговых приемов. Результаты измерений приведены в табл.35.

Т а б л и ц а 35

Точка		Отсчеты по горизонтальному кругу	
стояния	визирования	КП	КЛ
	А	$0^\circ 02'$	$180^\circ 03'$
	В	$68^\circ 38'$	$248^\circ 38'$
0	С	$159^\circ 55'$	$339^\circ 56'$
	А	$0^\circ 03'$	$180^\circ 03'$

Пример решения. При измерении горизонтальных углов способом круговых приемов сначала вычисляют средние из отсчетов в полуприемах на каждый пункт. Затем вычисляют $a_{\text{ср}}$ из первого и последнего a наведений на начальный пункт (точку А).

Результат выписывают над первым отсчетом a . Для определения приведенных направлений из каждого среднего отсчета на пункты вычитают $a_{\text{ср}}$

Средние из отсчетов

$0^\circ 02,8'$

$0^\circ 02,5'$

$68^\circ 38'$

$159^\circ 55,5'$

$0^\circ 03,0'$

Приведенные направления

$0^\circ 00,0'$

$68^\circ 35,2'$

$159^\circ 52,7'$

Контроль правильности измерений осуществляют по разностям отсчетов на точку при кругах лево и право (колебаниям двойной коллимационной погрешности). Колебания этой величины не должны превышать удвоенной точности отсчетного устройства теодолита.

Задача 71

Вычислить коллимационную погрешность для теодолита 4Т-30 по результатам измерений, приведенных в табл.36, и описать способ юстировки, если она необходима.

Таблица 36

Номер варианта	КЛ ₁	КП ₁	КЛ ₂	КП ₂
1	60°48	240°50	240°30	60°32
2	110°12	290°20	290°00	110°08
3	15°30	195°35	195°37	15°32
4	200°01	20°02	20°09	200°10
5	315°10	135°10	135°24	315°25
6	54°40	234°44	234°18	54°20
7	180°01	359°57	0°06	180°10
8	144°15	324°21	324°33	144°38
9	0°00	180°00	0°09	180°10
10	55°40	235°44	236°02	56°06
11	63°26	243°30	243°38	63°42
12	76°32	256°38	256°56	76°50
13	210°10	30°08	30°22	210°24
14	248°14	68°16	68°38	248°40
15	302°16	122°18	122°35	302°37

Пример решения.

Коллимационную погрешность вычисляют по формуле

$$C = 0,25[(KЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (Л_2 - П_2 \pm 180^\circ)] \quad C_{д.б.} \leq 1$$

$$КЛ_{испр} = КЛ - C \quad (\text{или} \quad КП_{испр} = КП + C)$$

Вычисляют правильный отсчет, устанавливаем его наводящим винтом алидады на горизонтальном круге. Вертикальная нить сетки при этом сместится с изображения точки. С помощью боковых исправительных винтов сетки нитей передвигают вертикальный штрих сетки нитей до совмещения вертикальных нитей с изображением точки.

Задача 72

По результатам измерений, выполненных теодолитом 4Т30 и приведенных в табл.37, вычислить угол наклона местности v .

Таблица 37

Номер варианта	Точка визирования	Отсчеты по вертикальному кругу	
		КЛ	КП
1	А	+7°40′	-7°42′
2	В	-18°23′	+18°24′
3	С	+14°07′	-14°08′
4	Д	+17°12′	-17°12′
5	Е	-6°20′	+6°20′
6	М	+3°15′	-3°15′
7	N	-12°28′	+12°29′
8	К	+8°23′	-8°25′
9	L	+10°50′	-10°48′
10	F	-5°02′	+5°02′
11	S	-11°10′	+11°12′
12	R	+6°25′	-6°24′
13	T	-2°42′	+2°41′
14	O	+4°12′	-4°12′
15	P	-8°24′	+8°23′

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

Для вычисления угла наклона сначала вычисляют место нуля МО вертикального круга:

$$MO = \frac{КЛ + КП}{2} = \frac{7^{\circ}40' - 7^{\circ}42'}{2} = -1'.$$

Затем вычисляют угол наклона:

$$v = КЛ - MO = 7^{\circ}40' - (-0^{\circ}05') = 7^{\circ}45';$$

$$v = MO - КП - 180^{\circ} = 359^{\circ}55' - 172^{\circ}10' - 180^{\circ} = 7^{\circ}45';$$

$$v = \frac{КЛ - КП - 180^{\circ}}{2} = \frac{360^{\circ} + 7^{\circ}40' - 172^{\circ}10' - 180^{\circ}}{2} = \frac{15^{\circ}30'}{2} = 7^{\circ}45'.$$

3.2. Линейные измерения

Задача 73

На местности измерена длина линии в прямом $D_{\text{пр}}$ и обратном $D_{\text{обр}}$ направлениях.

Оценить точность линейных измерений в соответствии с требуемой точностью, выраженной относительной погрешностью $\Delta D/D$. Результаты измерений приведены в табл.38.

Таблица 38

Номер варианта	$D_{\text{пр}}$	$D_{\text{обр}}$	$\Delta D/D$
1	178,73	178,80	1/2000
2	181,15	181,10	1/1000
3	52,15	52,16	1/3000
4	212,67	212,75	1/2000
5	87,08	87,13	1/3000
6	66,23	66,26	1/1500
7	250,06	250,36	1/1000
8	121,23	121,30	1/2000
9	150,33	150,40	1/3000
10	44,15	44,13	1/2000
11	165,62	165,72	1/2000
12	205,30	205,10	1/2000
13	68,30	68,28	1/1000
14	240,10	240,30	1/2000
15	92,40	92,35	1/3000

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

Вычисляют разницу между двумя измерениями:

$$f_{\text{абс}} = 178,73 - 178,80 = 0,07 \text{ м.}$$

Предельная абсолютная погрешность $f_{\text{абс}}$ не должна превышать

$$f_{\text{абс}}^{\text{пред}} = \frac{178 \cdot 1}{2000} = 0,09 \text{ м.}$$

Поскольку полученная разница не превышает предельную, она допустима и за вероятнейшее значение длины линии принимают среднее арифметическое:

$$D_{\text{ср}} = \frac{178,73 + 178,80}{2} = 178,76 \text{ м.}$$

Задача 74

Определить длину горизонтального проложения линии AB , измеренной на местности по частям (рис.30). На отрезках AC и CD измерялись углы наклона v_1 и v_2 , а на отрезке DB известно превышение $h_{дв}$ между концами отрезка. Результаты измерений приведены в табл.39.

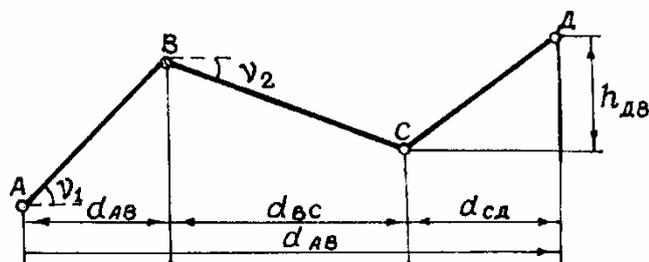


Рис.30

Таблица 39

Номер варианта	AC	v_1	CD	v_2	DB	$h_{дв}$
1	30,00	$-6^{\circ}10'$	81,80	$+3^{\circ}40'$	39,20	$-1,5$
2	75,00	$+4^{\circ}40'$	94,00	$-2^{\circ}10'$	84,35	$+0,5$
3	42,10	$+2^{\circ}50'$	56,60	$-6^{\circ}20'$	68,70	$-2,15$
4	111,23	$-1^{\circ}10'$	80,00	$+8^{\circ}00'$	44,00	$+3,00$
5	55,00	$+3^{\circ}40'$	110,00	$-4^{\circ}20'$	20,20	$+2,00$
6	84,10	$-5^{\circ}00'$	43,20	$+4^{\circ}00'$	35,00	$-3,20$
7	67,80	$+3^{\circ}40'$	84,00	$-3^{\circ}10'$	50,30	$-2,80$
8	111,00	$-2^{\circ}10'$	35,00	$+5^{\circ}15'$	30,00	$+2,5$
9	94,00	$+4^{\circ}00'$	74,00	$-5^{\circ}30'$	41,00	$-0,5$
10	48,90	$+1^{\circ}00'$	63,80	$-6^{\circ}00'$	54,10	$-3,5$
11	65,50	$+3^{\circ}20'$	92,80	$-2^{\circ}30'$	40,80	$+1,50$
12	48,30	$+4^{\circ}40'$	64,30	$-3^{\circ}10'$	70,24	$+1,20$
13	94,00	$+3^{\circ}30'$	80,20	$-2^{\circ}56'$	40,64	$+0,55$
14	76,40	$+2^{\circ}55'$	90,50	$-3^{\circ}45'$	66,20	$+2,10$
15	110,35	$-2^{\circ}40'$	76,78	$+3^{\circ}30'$	42,40	$-0,60$

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

Длину горизонтального проложения линии получают введением в измеренное наклонное расстояние поправки на наклон, которую вычисляют по формулам:

$$\delta D_v = -2D \sin^2 \frac{v}{2};$$

$$\delta D = -\frac{h^2}{2D};$$

$$d = D - \delta D_v \text{ или } d = D \cdot \cos v.$$

$$\delta D_{AC} = -2 \cdot 30 \cdot \sin^2 \frac{6^\circ 10'}{2} = -0,173; \quad d_{AC} = 30,0 - 0,173 = 29,827;$$

$$\delta D_{CD} = -2 \cdot 81,80 \cdot \sin^2 \frac{3^\circ 40'}{2} = -0,167; \quad d_{CD} = 81,80 - 0,167 = 81,633;$$

$$\delta D_{ДВ} = -\frac{(1,5)^2}{2 \cdot 39,20} = -0,029; \quad d_{ДВ} = 39,20 - 0,029 = 39,171;$$

$$d_{AB} = d_{AC} + d_{CD} + d_{ДВ} = 150,631.$$

Задача 75

Определить длину линии, если измерения на местности линии D были выполнены мерными приборами: рулеткой и лентой, длина которых не соответствует номинальной. Результаты измерений в табл.40.

Т а б л и ц а 4 0

Номер варианта	D	Рулетка 10 м	Лента 20 м
1	124,73	длиннее на 2 мм	короче на 5 мм
2	82,40	длиннее на 4 мм	длиннее на 7 мм
3	40,38	короче на 3 мм	короче на 3 мм
4	27,10	короче на 2 мм	длиннее на 3 мм
5	63,85	длиннее на 3 мм	короче на 7 мм
6	75,90	длиннее на 1 мм	длиннее на 2 мм
7	276,10	короче на 3 мм	короче на 5 мм
8	154,60	короче на 4 мм	длиннее на 2 мм
9	250,40	длиннее на 5 мм	короче на 1 мм
10	94,50	короче на 2 мм	короче на 3 мм
11	136,80	длиннее на 3 мм	короче на 5 мм
12	94,25	длиннее на 4 мм	длиннее на 8 мм
13	54,33	короче на 5 мм	короче на 3 мм
14	67,10	короче на 3 мм	длиннее на 3 мм
15	72,74	длиннее на 2 мм	короче на 7 мм

Задача 76

Определить длину линий при выполнении высокоточных измерений, если известна ее длина D , угол наклона v , длина мерного прибора l , а температура при измерениях t_n отличается от температуры компарирования t_k мерного прибора.

Результаты измерений приведены в табл.41.

Т а б л и ц а 41

Номер варианта	D , м	v	l , м	t_n град	t_k град.
1	510,15	-3°20'	20,010	+30	+20
2	237,84	+5°10'	20,017	-15	+20
3	112,36	-6°18'	19,985	-10	+20
4	335,42	-1°30'	19,977	+33	+22
5	207,65	+0°40'	19,996	-4	+21
6	77,88	-2°12'	20,008	+29	+20
7	121,23	+4°20'	19,988	+27	+23
8	91,77	-3°30'	20,013	+31	+22
9	472,12	+3°	19,978	-17	+21
10	65,00	+7°30'	20,030	+10	+20
11	273,65	+410	19,986	-15	+15
12	154,30	-520	19,980	+10	+20
13	305,45	-200	20010	+30	+20
14	210,36	+110	19,995	-5	+20
15	430,42	-240	20,012	+25	+20

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

Вычисления проводят по формуле

$$D_o = D - \delta D_v + \delta D_t,$$

где D_o – окончательное значение длины линии;

D – измеренное значение линии;

δD_v – поправка за наклон;

δD_k – поправка за компарирование;

δD_t – поправка за температуру измерения.

Определение поправки на наклон δD_v – см. задачу 18.

$\delta D_v = 0,863$. На температуру δD_t вычисляют по формуле

$$\delta D_t = D \cdot \alpha (t_n - t_k),$$

где α – температурный коэффициент расширения стали, равный 0,000012 на 1 °С;

t_n – температура измерения линии на местности;

t_k – температура компарирования мерного прибора.

$$tD_t = 510,15 \cdot 12 \cdot 10^{-6} (30 - 20) = 0,061 \text{ м.}$$

Определение поправки за компарирование:

$$\delta D_k = \frac{D}{M} (M - M_H) = (20,010 - 20) \frac{500}{20} = 0,250 \text{ м.}$$

Отсюда

$$D_0 = 510,15 - 0,863 + 0,061 + 0,250 = 509,598 \text{ м.}$$

Задача 77

Определить длину горизонтального проложения линии d , измеренной на местности нитяным дальномером (рис.31), если коэффициент дальномера $K=100$, а постоянная $C=0$.

Результаты измерений приведены в табл.42.

Таблица 42

Номер варианта	Отсчеты по дальномерным нитям		Угол наклона ν
	n_2	n_1	
1	2360	1070	+3°30'
2	1590	1026	-4°22'
3	1300	1060	+1°30'
4	1520	1110	-2°40'
5	2400	1290	+5°30'
6	1890	0360	7°18'
7	2100	1200	6°15'
8	1670	0450	2°10'
9	1200	0200	10°08'
10	0840	0120	0°18'
11	1640	1016	+2°40'
12	2485	1170	-3°25'
13	1368	1020	+1°50'
14	1576	0926	-2°40'
15	2345	1285	+5°10'

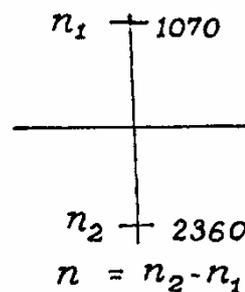
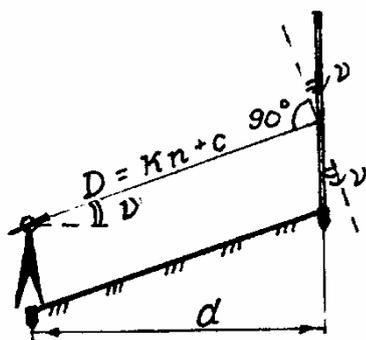


Рис.31

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

При измерении наклонного расстояния по нитяному дальномеру горизонтальное проложение вычисляют по формуле

$$d = (K_n - C) \cdot \cos^2 v = 100 \cdot (2360 - 1070) \cdot 0,9991 = 128,9 \text{ м}$$

Задача 78

Определить неприступное расстояние AB (рис.32,а) по результатам измерений базисов b_1, b_2 и углов $\beta_1, \beta_2, \alpha_1, \alpha_2$.

Данные для решения приведены в табл.43.

Таблица 43

Номер варианта	$b_{1,м}$	α_1	β_1	$b_{2,м}$	α_2	β_2
1	105,85	85°00'00"	47°54'	105,10	85°05'00"	48°13'
2	43,45	79°59'30"	50°00'	44,55	80°02'	50°34'
3	151,84	42°26'	87°19'	152,10	42°24'30"	87°17'
4	208,31	70°04'00"	51°17'15"	204,45	70°08'22"	52°50'30"

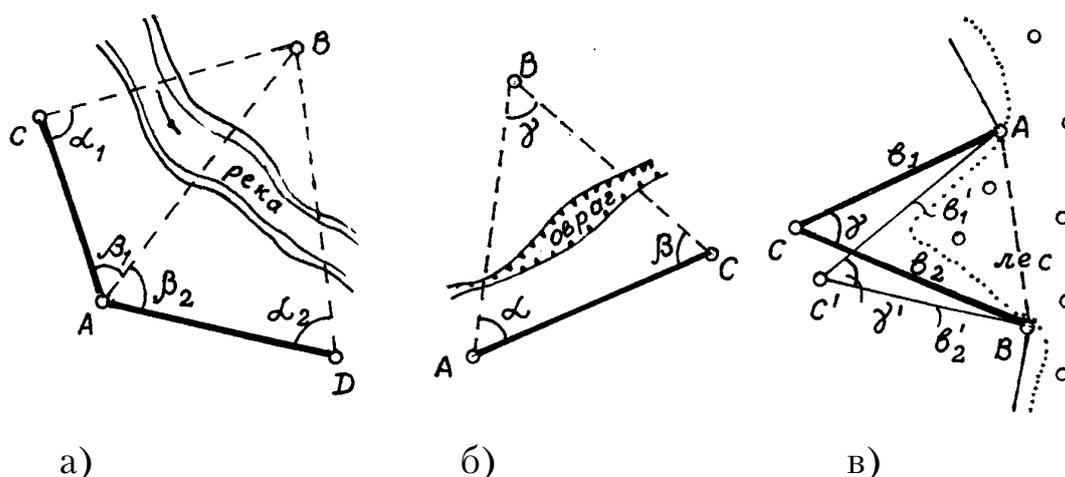


Рис. 32

Пример решения. Исходные данные для варианта 4.

Из $\triangle ABC$ и $\triangle ABD$ (рис.32,а) расстояние AB находят по теореме синусов:

$$\frac{AB}{\sin \alpha_1} = \frac{b_1}{\sin [180^\circ - (\alpha_1 + \beta_1)]}; \quad AB = \frac{b_1 \sin \alpha_1}{\sin (\alpha_1 + \beta_1)};$$

$$\frac{AB}{\sin \alpha_2} = \frac{b_2}{\sin [180^\circ - (\alpha_2 + \beta_2)]}; \quad AB = \frac{b_2 \sin \alpha_2}{\sin (\alpha_2 + \beta_2)}.$$

Результаты вычислений приведены в табл.44.

Таблица 44

Элементы формулы	$\triangle ABC$	$\triangle ABD$
α_1	70°04'00"	70°08'22"
β_1	51°17'15"	52°50'30"
$\alpha_1 + \beta_1$	121°21'15"	122°58'52"
b_1	208,31	204,45
$\sin \beta_1$	0,94009	0,94052
$b_1 \cdot \sin \beta_1$	195,83	192,29
$\sin(\alpha_1 + \beta_1)$	0,85397	0,83885
AB	229,32	229,23
AB_{cp}	229,28	

Задача 79

Определить непрístupное расстояние AB по данным в табл.45 (рис.32,б,в).

Таблица 45

Номер варианта	$b_1, м$	$b_2, м$	γ	Номер варианта	α	β	$b_1, м$	γ
1	100,00	99,7	84°00'	9	46°14'	52°11'	418,42	81°35'
2	370,00	421,09	86°03'	10	38°12'	27°36'	142,00	114°11'
3	87,78	92,00	94°10'	11	84°10'	66°00'	61,00	29°50'
4	51,02	52,25	85°20'	12	28°10'	51°00'	50,00	100°50'
5	61,10	68,00	65°30'	13	76°20'	71°20'	55,05	32°30'
6	50,50	50,10	23°35'	14	78°30'	76°00'	55,00	25°30'
7	40,00	60,00	54°30'	15	60°00'	96°00'	60,00	24°00'
8	66,00	60,05	34°10'					

Указание. Задачи по определению непрístupного расстояния могут быть решены двумя путями.

Решение 1.

$$AB^2 = b_1^2 + b_2^2 - 2b_1 \cdot b_2 \cos \gamma;$$

$$\sin \beta = \frac{\sin \gamma}{AB} \cdot b_2; \quad \sin \beta = \frac{\sin \gamma}{AB} \cdot b_1.$$

Решение 2.

$$\frac{\alpha + \beta}{2} = 90^\circ - \frac{\gamma}{2}; \quad \operatorname{tg} \frac{\alpha - \beta}{2} = \frac{b_2 - b_1}{b_2 + b_1} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2};$$

$$\alpha = \frac{\alpha + \beta}{2} - \frac{\alpha - \beta}{2}; \quad \beta = \frac{\alpha + \beta}{2} + \frac{\alpha - \beta}{2};$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ;$$

$$Ab = \frac{b_1}{\sin \beta} \cdot \sin \gamma = \frac{b_2}{\sin \alpha} \cdot \sin \gamma.$$

4. ТЕОДОЛИТНАЯ И ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКИ

4.1. Теодолитный ход – метод создания съёмочной сети

Задача 80

Оценить точность угловых измерений при прокладке замкнутого теодолитного хода по вычисленной практической сумме измеренных внутренних углов $\sum_1^n \beta_{\text{пр}}$, где n – число вершин многоугольника. Данные для решения задач приведены в табл.46.

Таблица 46

Номер варианта	n	$\sum_1^n \beta_{\text{пр}}$	Номер варианта	n	$\sum \beta_{\text{пр}}$
1	12	1799°59'30"	9	26	4320°07'45"
2	20	3240°00'30"	10	4	359°57'00"
3	11	1620°07'30"	11	7	899°58'
4	21	3419°55'00"	12	14	2160°03'
5	10	1440°01'30"	13	12	1799°58'
6	7	900°02'00"	14	6	720°04'
7	25	4139°52'00"	15	10	1439°57'
8	5	539°57'00"			

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

Точность угловых измерений при прокладке теодолитных ходов оценивают путем сравнения полученной угловой невязки с ее доступным значением. Для этого вычисляют:

1) теоретическое значение суммы измеренных углов

$$\sum \beta_m = 180^\circ(n-2) = 180^\circ(12-2) = 1800^\circ00';$$

2) угловую невязку f_β :

$$f_\beta = \sum_1^n \beta_{\text{пр}} - \sum_1^n \beta_m = 1799^\circ59'30'' - 1800^\circ = -0'30'';$$

3) допустимую угловую невязку $f_{\beta\text{доп}}$:

$$f_{\beta\text{доп}} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 1' \sqrt{12} = \pm 3'30''.$$

Так как $f_\beta < f_{\beta\text{доп}}$, то результаты измерений признают удовлетворительными.

Задача 81

Оценить точность угловых измерений при прокладке разомкнутого теодолитного хода (рис.33), если известны $\alpha_{нач}$ – дирекционный угол начальной стороны, $\alpha_{кон}$ – дирекционный угол конечной стороны и $\sum_1^n \beta_{пр}$ – сумма вправо по ходу лежащих измеренных углов.

Данные для решения задачи приведены в табл.47.

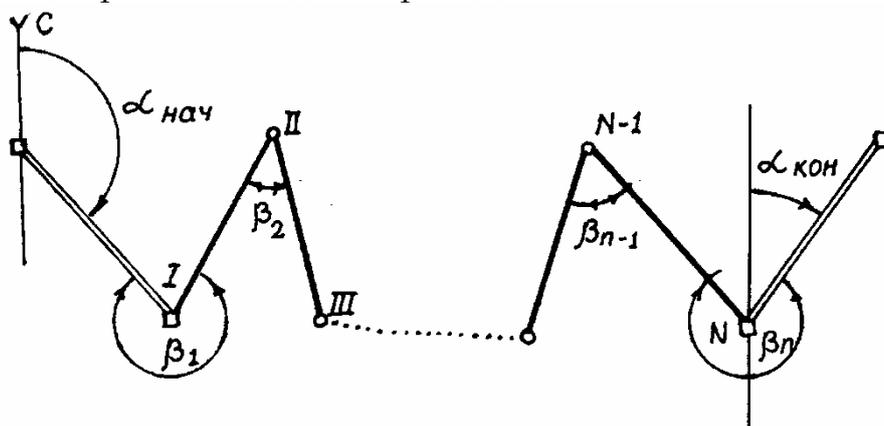


Рис.33

$$\sum_1^n \beta_{пр} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \dots + \beta_{n-2} + \beta_{n-1} + \beta_n$$

Таблица 47

Номер варианта	n	$\alpha_{нач}$	$\sum_1^n \beta_{пр}$	$\alpha_{кон}$
1	5	179°59'	836°40'	243°22'
2	13	297°07'	2636°00'	1°01'
3	8	22°55'	1462°50'	0°05'
4	11	270°00'	2200°00'	49°58'
5	15	188°16'	2544°00'	344°16'
6	4	163°30'	564°43'	318°45'
7	10	210°50'	2019°58'	0°50'
8	4	143°30'	544°43'	318°44'
9	9	120°23'	1613°27'	126°53'
10	7	129°20'	1387°43'	1°37'30"
11	6	32°54'	1132°46'	160°20'
12	12	48°30'	2372°47'	15°46'
13	14	202°12'	2821°24'	80°45'
14	16	315°25'	3255°09'	120°20'
15	8	130°15'	1687°43'	62°30'

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

Для разомкнутого теодолитного хода вычисляют:

1) теоретическое значение суммы измеренных углов

$$\sum \beta_{\Gamma} = \alpha_{\text{нач}} - \alpha_{\text{кон}} + n180^{\circ};$$

2) угловую невязку f_{β} :

$$f_{\beta} = \sum_1^n \beta_{\text{пр}} - \sum_1^n \beta_{\text{т}} = 836^{\circ} 40' 30'' - 836^{\circ} 37' = +3' 30'';$$

3) допустимое значение угловой невязки

$$f_{\beta\text{доп}} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 1' \sqrt{5} = \pm 2,2' = \pm 2,12''.$$

Полученную невязку при измерении углов f_{β} сравнивают с ее допустимым значением.

Так как $f_{\beta} > f_{\beta\text{доп}}$, то измерения выполнены неверно и их следует повторить.

Задача 82

Выполнить увязку внутренних измеренных углов.

Результаты измерений выписаны на схемы теодолитных ходов (рис.34, 35, 36).

Пример решения. Исходные данные на схеме теодолитного хода (рис.34).

Увязку внутренних углов или уравнивание выполняют, если практическая угловая невязка не превышает допустимого значения (см. предыдущую задачу). Угловая невязка распределяется по измеренным углам полигона поровну с обратным знаком. Сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком. ($\sum_1^n \delta_{\beta} = -f_{\beta}$).

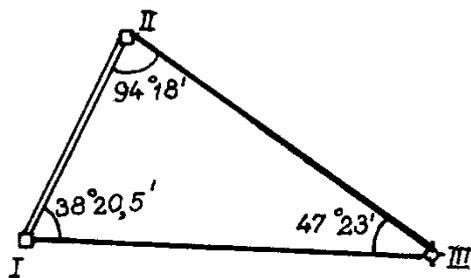


Рис.34

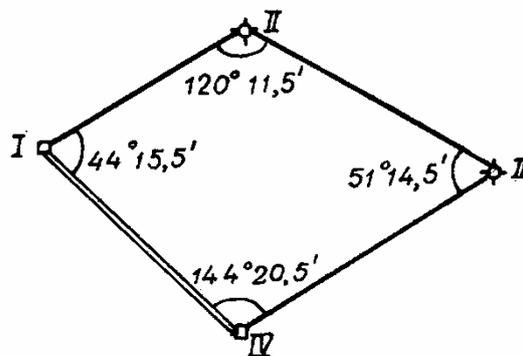


Рис.35

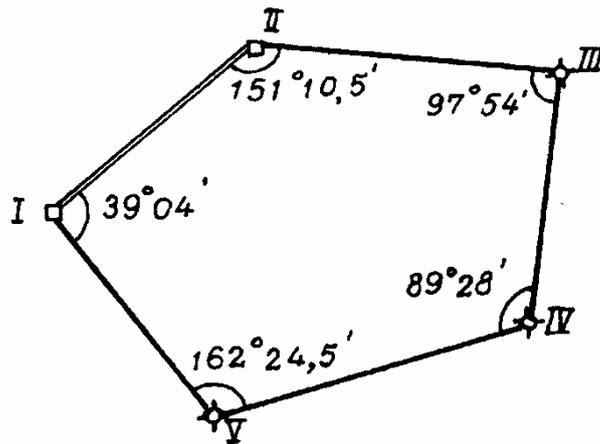


Рис.36

Затем исправляют внутренние углы на величину поправки так, чтобы сумма исправленных измеренных углов равнялась теоретическому значению этой суммы ($\sum_1^n \beta_{\text{испр}} = \sum_1^n \beta_m$).

1.

$$f_{\beta} = \sum_1^n \beta_{\text{пр}} - \sum_1^n \beta_m = 180^{\circ} 01' 30'' - 180^{\circ} = +1,5';$$

$$\delta_{\beta} = \frac{-f_{\beta}}{n} = \frac{-1,5}{3} = -0,5'.$$

2. Исправленные углы

$$\beta_1 = 38^{\circ} 20,5' - 0,5' = 38^{\circ} 20';$$

$$\beta_2 = 94^{\circ} 18' - 0,5' = 94^{\circ} 17,5';$$

$$\beta_3 = 47^{\circ} 23' - 0,5' = 47^{\circ} 22,5';$$

Контролем правильности угловых измерений является равенство:

$$\sum \beta_{\text{испр}} = \sum \beta_m = 180^{\circ} 00'.$$

Задача 83

Вычислить координаты точки B , если известны координаты x_A, y_A точки A , расстояние между точками A и B и румб линии AB . Данные для решения прямой геодезической задачи приведены в табл.48. Решение задач проиллюстрировать рисунком, на котором показать все известные и определяемые величины. Линию AB на рисунке ориентировать по румбу.

Таблица 48

Номер варианта	x_A	y_A	AB	Румб AB
1	1270,35	890,40	150,40	СЗ:35°40'
2	680,40	510,65	121,23	ЮВ:18°20'
3	530,15	235,60	111,78	ЮЗ:25°17'
4	896,28	1100,20	90,08	СВ:0°00'
5	426,35	843,23	254,43	СЗ:45°00'
6	810,90	394,25	213,80	ЮЗ:64°10'
7	100,36	886,10	376,15	ЮВ:15°40'
8	435,25	1100,25	275,38	ЮВ:90°00'
9	240,60	954,10	100,77	СВ:60°00'
10	796,80	305,60	87,35	ЮЗ:45°00'
11	1080,35	450,40	33,40	СЗ:30°00'
12	975,60	860,90	100,20	ЮВ:0°00'
13	398,40	780,35	65,80	СЗ:70°15'
14	1610,55	1236,15	48,60	ЮВ:45°00'
15	1380,80	1100,50	87,30	СЗ:85°15'
16	290,60	100,35	164,20	ЮЗ:90°00'

Пример решения. Исходные данные для варианта 1

Координаты точки B определяют из решения прямой геодезической задачи по формулам

$$x_B = x_A + \Delta x; \quad y_B = y_A + \Delta y.$$

Вычисляют приращения координат:

$$\Delta x = d_{AB} \cdot \cos r; \quad \Delta y = d_{AB} \cdot \sin r$$

Знаки приращений Δx и Δy определяют по наименованию румба (рис.37).

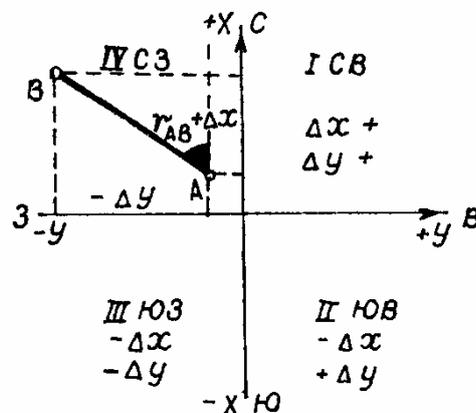


Рис.37

$$\Delta x = 150 \cdot \cos 35^\circ 40' = +121,87;$$

$$\Delta y = 150 \cdot \sin 35^\circ 40' = -1,74;$$

$$x_B = 1270 + 121,87 = 1391,87;$$

$$y_B = 890,40 - 1,74 = 888,66.$$

Задача 84

Определить невязки в приращениях координат f_x и f_y по вычисленным приращениям координат Δx и Δy , полученным при камеральной обработке результатов измерений замкнутого (табл.49) и разомкнутого (табл.50) теодолитных ходов.

Таблица 49

Номер варианта	Стороны	Δx	Δy	Номер варианта	Стороны	Δx	Δy
1	1-2	-84,58	35,59	4	1-2	-35,58	-84,58
	2-3	-6,30	-89,85		2-3	89,86	-6,30
	3-4	121,22	1,24		3-4	-1,23	121,22
	4-5	-30,40	53,12		4-1	-53,11	-30,40
	5-6	-50,11	73,40	5	1-2	-114,69	274,40
	6-1	+49,98	-72,39		2-3	-17,69	135,72
2	1-2	-20,35	-89,47		3-4	-111,55	-106,30
	2-3	-68,11	9,39		4-5	183,50	-189,07
	3-1	+88,50	-80,21		5-1	213,35	-114,60
3	1-2	-67,31	62,37		6	1-2	-91,65
	2-3	-36,65	-82,27	2-3		24,80	-86,59
	3-4	111,34	-40,29	3-4		113,49	42,62
	4-1	-10,39	60,32	4-1		-46,73	39,50

Таблица 50

Номер варианта	d	Δx	Δy	Координаты пунктов геодезической сети
1	2	3	4	5
7	297,60	-290,14	-65,30	Начальный ПП20
	218,07	-163,29	-144,53	X=169,21
	154,10	85,30	-128,33	Y=738,43
	263,48	218,03	147,88	Конечный ПП21
	242,22	150,02	190,20	X=190,30 Y=690,95

1	2	3	4	5
8	91,77	-52,92	72,89	Начальный ПП9 X=536,11 Y=784,25 Конечный ПП10 X=435,40 Y=810,39
	90,08	-92,06	-78,86	
	121,23	57,44	-21,14	
	61,21	87,67	27,11	
9	263,02	-137,10	-224,46	Начальный ПП6 X=-14,02 Y=+627,98 Конечный ПП7 X=+211,29 Y=+708,13
	239,21	+237,10	+31,71	
	269,80	+241,91	+119,47	
	192,98	-116,81	+153,61	
10	241,00	230,11	21,48	Начальный ПП10 X=1125,67 Y=856,98 Конечный ПП11 X=973,25 Y=1003,84
	262,79	-253,23	147,60	
	273,30	-272,50	180,79	
	123,15	120,35	93,21	

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

Невязки в приращениях координат f_x и f_y для замкнутого теодолитного хода равны алгебраической сумме вычисленных приращений координат Δx и Δy :

$$f_x = \sum_{i=1}^n \Delta x_i; \quad f_y = \sum_{i=1}^n \Delta y_i.$$

Для этого отдельно суммируют все положительные и отрицательные Δx , аналогично и для Δy .

$$\begin{array}{r} \Delta x \\ \sum +224,64 \\ \sum -224,71 \\ \hline f_x = -0,07 \end{array} \quad \begin{array}{r} \Delta y \\ \sum +203,26 \\ \sum -203,27 \\ \hline f_y = -0,01 \end{array}$$

Исходные данные для варианта 9.

Вычисляют невязки для разомкнутого теодолитного хода:

$$f_x = \sum \Delta x - (x_{\text{кон}} - x_{\text{нач}});$$

$$f_y = \sum \Delta y - (y_{\text{кон}} - y_{\text{нач}}).$$

$$\begin{array}{r}
\sum +479,01 \\
\sum -253,91 \\
\hline
-225,10 \\
\sum \Delta x_m \quad 225,31 \\
\hline
f_x = -0,21
\end{array}
\qquad
\begin{array}{r}
\sum +304,79 \\
\sum -224,46 \\
\hline
+80,33 \\
\sum \Delta y_m \quad +80,15 \\
\hline
f_y = +0,18
\end{array}
\qquad
\begin{array}{l}
\sum \Delta x_m = 211,29 - (-14,02) = 225,31 \\
\sum \Delta y_m = 708,13 - 627,98 = 80,15
\end{array}$$

Задача 85

Исправить вычисленные приращения координат Δx и Δy (табл.50), если невязки f_x и f_y .

Пример решения. Исходные данные для варианта 9.

Вычисленные приращения координат исправляют поправками, которые вычисляют пропорционально длинам сторон теодолитного хода и со знаком, противоположным знаку невязок f_x и f_y , чтобы $\sum \delta \Delta x = -f_x$; $\sum \delta \Delta y = -f_y$;

$$\delta \Delta x_{\text{ППЗ-1}} = \frac{-f_x}{\sum d} \cdot d = \frac{+0,21}{965,01} \cdot 263,02 = +0,06 \text{ м};$$

$$\delta \Delta y_{\text{ППЗ-1}} = \frac{-f_y}{\sum d} \cdot d = \frac{-0,18}{965,01} \cdot 263,02 = -0,05 \text{ м}.$$

Аналогично и для других приращений координат.

Исправленные приращения Δx и Δy вычисляют с учетом поправок.

Вычисленные Δx	приращения Δy	Исправленные Δx	приращения Δy
-137,10 ⁺⁶	-224,46 ⁻⁵	-137,04	-224,51
+237,10 ⁺⁵	+31,74 ⁻⁴	237,15	+31,67
+241,91 ⁺⁶	+119,47 ⁻⁵	+241,96	+119,42
-116,81 ⁺⁴	+153,61 ⁻⁴	-116,77	+153,57
		$\sum +479,12$	$\sum +304,66$
		$\sum -253,81$	$\sum -224,51$
		$\sum \Delta x_m = 255,31$	$\sum \Delta y_m = 80,15$

Алгебраическая сумма исправленных приращений координат равна теоретической сумме Δx и Δy , т.е. разности координат конечного и начального пунктов, на которые опирается разомкнутый теодолитный ход.

Задача 86

При вычислении приращений координат получены недопустимые невязки f_x и f_y (табл.51). Определить дирекционный угол линии, в которой сделан грубый просчет в измерениях.

Таблица 51

Номер варианта	f_x	f_y	Номер варианта	f_x	f_y
1	+2,0	-1,5	6	-19,80	+0,02
2	+0,5	-2,5	7	-0,10	+2,30
3	+1,52	+3,42	8	+0,40	-3,10
4	+2,00	+3,00	9	-4,00	+3,20
5	0,45	+3,95	10	+10,15	-0,03

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

Дирекционный угол линии, в которой сделан грубый просчет при измерении, определим по формуле

$$\operatorname{tgr} = \frac{f_y}{f_x} = \frac{-1,5}{2,10} = -0,7500; \quad r = 36^\circ 52'.$$

По знакам приращений координат дирекционный угол этой линии $180^\circ - 36^\circ 52' = 143^\circ 08'$.

Таким образом, грубый просчет может быть в линиях, имеющих дирекционные углы, близкие к $143^\circ 08'$ и $323^\circ 08'$.

Задача 87

Определить точность теодолитного хода на местности по вычисленным невязкам f_x и f_y и периметру хода p , приведенным в табл.52.

Таблица 52

Номер варианта	$F_x, \text{ м}$	$F_y, \text{ м}$	$P, \text{ м}$	Номер варианта	$F_x, \text{ м}$	$F_y, \text{ м}$	$P, \text{ м}$
1	-0,28	0,18	965,65	9	0,11	-0,08	325,07
2	-0,02	0,30	1127,18	10	0,23	-0,11	480,90
3	0,11	-0,23	877,10	11	+0,20	-0,18	380,60
4	0,08	0,17	753,40	12	-0,05	+0,30	1200,10
5	-0,30	-0,21	1100,21	13	+0,16	-0,20	320,60
6	-0,18	0,11	790,42	14	+0,10	+0,15	760,30
7	-0,33	0,25	1200,13	15	-0,20	+0,20	660,50
8	0,21	0,17	564,40				

Пример решения. Исходные данные:

$$f_x = 1,12; f_y = 0,68; p = 2006,50.$$

Сначала вычисляем абсолютную линейную невязку в периметре

$$f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(1,12)^2 + (0,68)^2} = \sqrt{1,2544 + 0,4624} = 1,31 \text{ м.}$$

Затем вычисляем относительную линейную погрешность:

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_p}{p} = \frac{1}{p:f_p} = \frac{1}{2006,50:1,31} = \frac{1}{1527}.$$

Задача 88

Определить координаты вершин 1 теодолитного хода, дирекционный угол начальной стороны I-II, если известны координаты пункта полигонометрии ПП6, дирекционный угол линии ПП7-ПП6, углы β_1 и β_2 и длина привязки $d_{\text{ПП6-I}}$. Схемы привязок по вариантам показаны на рис.38, а результаты измерений приведены в табл.53.

Таблица 53

Но- мер вари- анта	$x_{\text{ПП6}}$, м	$y_{\text{ПП6}}$, м	$\alpha_{\text{ПП7-ПП6}}$	β_1	β_2	$d_{\text{ПП6-I}}$, м
1	2	3	4	5	6	7
1	836,40	695,10	170°20'	80°30'	120°44'	200,00
2	2830,10	3500,00	190°20'	260°40'	282°38'	440,55
3	453,90	840,60	180°48'	77°23'	119°20'	310,15
4	578,60	578,6-	278°50'	42°33'	248°42'	283,62
5	900,25	594,10	103°11'	309°17'	167°15'	401,23
6	100,10	250,24	269°43'	56°12'	138°22'	167,21
7	736,80	970,10	309°17'30"	21°20'	17°38'	101,21
8	315,60	180,24	208°42'	46°27'	12°40'30"	275,25
9	543,10	342,20	0°02'30"	10°14'30"	52°11'	40,52
10	1100,60	1320,15	270°00'20"	99°10'	54°32'	100,81
11	180,64	495,48	142°00'30"	36°58'	91°58'30"	675,17

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

Вычисляем дирекционный угол линии $\alpha_{\text{ПП6-I}}$ и дирекционный угол $\alpha_{\text{I-II}}$:

$$\alpha_{\text{ПП6-I}} = \alpha_{\text{ПП7-ПП6}} + 180^\circ - \beta_1 = 70^\circ 20' + 180^\circ - 80^\circ 30' = 269^\circ 50';$$

$$\alpha_{\text{I-II}} = \alpha_{\text{ПП6-I}} + 180^\circ - \beta_2 = 269^\circ 50' + 180^\circ - 120^\circ 44' = 329^\circ 06'.$$

Затем, решая прямую геодезическую задачу, находим приращение координат Δx и Δy и координаты вершин I (x_I и y_I):

$$\Delta x_{\text{ПП6-I}} = d \cos r = 200 \cdot \cos 89^\circ 50' = -0,58;$$

$$\Delta y_{\text{ПП6-I}} = d \sin r = 200 \cdot \sin 89^\circ 50' = -200,00.$$

$$x_I = x_{\text{ПП6}} + \Delta x_{\text{ПП6-I}} = 836,40 - 0,58 = 835,82;$$

$$y_I = y_{\text{ПП6}} + \Delta y_{\text{ПП6-I}} = 695,10 - 200,00 = 495,10.$$

Задача 89

По известным координатам пунктов полигонометрии ПП2 и ПП3, известному углу β и расстоянию d вычислить координаты начальной точки 1 теодолитного хода (рис.39).

Данные для решения задачи приведены в табл.54.

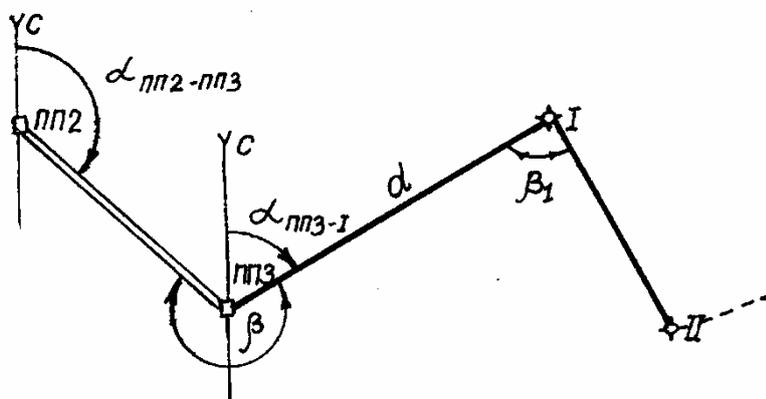


Рис.39

Таблица 54

Номер варианта	$x_{\text{ПП2}}$	$x_{\text{ПП3}}$	$y_{\text{ПП2}}$	$y_{\text{ПП3}}$	d	β
1	2	3	4	5	6	7
1	748,53	960,10	1084,15	1150,40	105,40	78°43'
2	680,43	574,90	180,45	324,10	211,38	115°10'30"
3	453,90	840,60	490,10	300,15	174,55	94°15'20"
4	578,60	578,60	970,24	600,10	186,90	65°15'

Окончание табл. 54

1	2	3	4	5	6	7
5	1100,60	1320,15	745,10	513,60	311,24	210°10'
6	300,25	594,10	810,24	810,24	540,40	84°35'
7	543,10	342,20	423,90	223,40	430,21	101°08'
8	594,80	694,80	734,20	980,40	96,80	54°15'
9	500,10	700,50	490,40	270,30	150,34	15°35'
10	184,10	350,40	475,60	600,80	350,68	44°06'
11	578,90	376,10	240,20	480,60	400,40	98°17'
12	975,30	640,85	1240,80	1240,80	195,60	144°10'
13	100,10	250,24	311,40	100,20	87,90	178°15'
14	736,80	970,10	543,60	350,80	284,23	200°30'
15	315,60	180,24	410,40	410,40	40,78	64°43'

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

1. Для определения дирекционного угла линии ПП2-ПП3 решаем обратную геодезическую задачу по формулам

$$\operatorname{tgr}_{\text{ПП2-ПП3}} = \frac{y_{\text{ПП3}} - y_{\text{ПП2}}}{x_{\text{ПП3}} - x_{\text{ПП2}}} \xrightarrow{\operatorname{arctg} r} r \rightarrow \alpha.$$

По знакам приращений координат Δx и Δy определяем наименование румба (см.рис.37).

Результаты решения обратной геодезической задачи приведены в табл.55.

Таблица 55

ПП3	960,10	ПП3	1150,40	$\operatorname{tgr} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = 0,313135$
ПП2	748,53	ПП2	1084,15	$\operatorname{CB} r = 17,38717$
				$\operatorname{CB} 17^{\circ}23'14''$

$$\Delta x = +211,57;$$

$$\Delta y = +66,25;$$

$$\alpha = 17^{\circ}23'14''$$

2. Вычисляем дирекционный угол сторон ПП3-1:

$$\alpha_{\text{ПП3-1}} = \alpha_{\text{ПП2-ПП3}} + 180^{\circ} - \beta = 17^{\circ}23'44'' + 180^{\circ} - 78^{\circ}43' = 118^{\circ}40'44'';$$

румб ЮВ $61^{\circ}19'16''$.

3. Координаты точки 1 определяем из решения прямой геодезической задачи:

$$\begin{aligned} x_1 &= x_{\text{ПП3}} + d \cos r_{\text{ПП3}} = 960,10 + 105,40 \cdot \cos 61^{\circ}19'16'' = \\ &= 960,10 - 50,58 = 909,52; \end{aligned}$$

$$y_1 = y_{\text{ПП3}} + d \sin r_{\text{ПП3}} = 1150,40 + 105,40 \cdot \sin 61^{\circ}19'16'' = 1242,87.$$

4.2. Построение плана теодолитной съемки

Задача 90

Определить формат листа бумаги, необходимого для построения плана, если даны наибольшие и наименьшие координаты вершин полигона (табл.56).

Таблица 56

Номер варианта	x_{\max} , М	x_{\min} , М	y_{\max} , М	y_{\min} , М	Масштаб плана
1	321,10	121,11	1279,88	201,11	1:1000
2	578,43	350,60	685,10	396,80	1:500
3	1010,35	632,85	956,07	529,08	1:2000
4	7838,40	5610,10	2753,20	1500,20	1:5000
5	-230,35	-32,22	0	350,68	1:1000
6	843,34	610,15	496,20	210,08	1:500
7	0	-58,40	88,50	-12,30	1:200
8	904,58	797,29	847,00	769,89	1:500
9	-31,05	+600,07	-100,64	370,02	1:1000
10	0	552,30	-552,30	0	1:1000
11	48,38	228,38	684,40	266,40	1:2000
12	600,00	467,16	520,0	279,80	1:2000
13	845,50	628,46	920,00	409,08	1:1000
14	738,20	507,08	618,30	330,73	1:1000
15	870,30	504,90	690,45	269,90	1:2000

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

1. Определяем протяженность полигона по оси X:

$$321,10 - 121,11 = 199,99 \text{ м.}$$

2. Определяем протяженность по оси Y:

$$1279,88 - 201,11 = 1078,77.$$

3. С учетом масштаба плана М 1:1000 принимаем

$$107,8 \text{ см и } 20,00 \text{ см.}$$

Следовательно, для построения координатной сетки с квадратами 10×10 см для размещения всех точек необходимо взять лист 20 см на 110 см.

Упражнение 3

Нанести по координатам, указанные в табл.57, точки теодолитного хода и ситуацию с абриса (рис.40,а,б) для построения плана.

Таблица 57

Номер варианта	М 1:2000, абрис (рис.23,а)		Номер варианта	М 1:1000, абрис (рис.23,б)	
	x	y		x	y
1	III 503,05	1203,80	6	I 616,99	751,69
	IV 686,55	1014,71		III 695,85	659,58
2	III 1296,95	596,21	7	II 884,71	748,09
	IV 1113,45	785,29		III 904,58	867,71
3	III 561,84	1268,11	8	II 661,69	727,01
	IV 709,71	1050,04		III 569,58	648,15
4	III 1091,87	438,43	9	II 979,47	835,47
	IV 1027,50	698,93		III 917,80	939,87
5	III 1268,11	1238,17	10	II 936,27	786,95
	IV 1050,04	1090,29		III 914,02	906,15

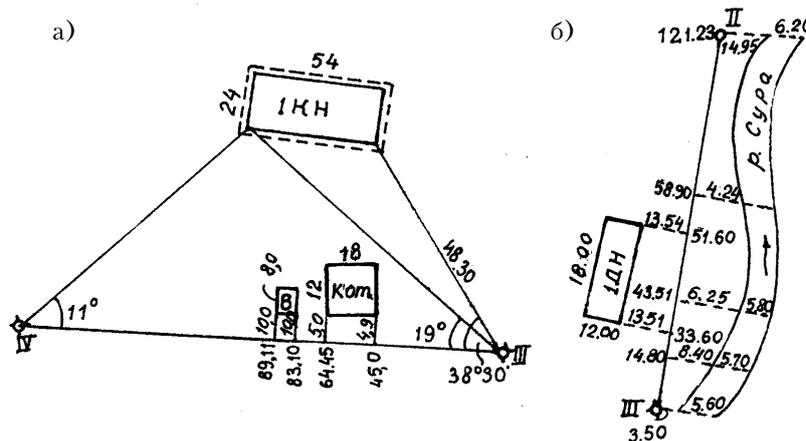


Рис.40

4.3. Тахеометрическая съемка

Задача 91

Определить превышение между станцией и речной точкой по вычисленному горизонтальному проложению d и углу наклона местности v (табл.58). При измерении углов наклона визирование на речные точки выполнялось на высоту нивелирной рейки $s = 3$ м, а высота прибора на станции $i_m = 1,45$ м.

Таблица 58

Номер варианта	d , м	v	Номер варианта	d , м	v
1	61,70	+3°15'	9	58,6	4°22'
2	93,8	-4°20'	10	63,4	-3°37'
3	24,9	+2°40'	11	72,4	+3°30'
4	43,8	+1°50'	12	96,6	-2°50'
5	123,1	-5°15'	13	45,5	+4°12'
6	35,6	-1°40'	14	21,4	+5°20'
7	74,8	-2°10'	15	115,2	-3°10'
8	105,3	0°30'			

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

Превышение между станцией и речной точкой при тахеометрии определяют по формуле тригонометрического нивелирования:

$$h = dtg v + i_m - s = 61,70 \cdot \operatorname{tg} \cdot 3^\circ 15' + 1,45 - 3,00 = \\ = 61,70 \cdot 0,05678 - 1,55 = 1,95 \text{ м.}$$

Задача 92

Определить отметки речных точек по результатам тахеометрической съемки: наклонному расстоянию D , измеренному нитяным дальномером, и углу наклона местности v (табл.59).

Визирование на речные точки выполнялось на высоту прибора со станции с отметкой $H_{ст} = 100,35$ м.

Таблица 59

Номер варианта	D	v	Номер варианта	D	v
1	43,6	+4°18'	9	35,6	3°15'
2	24,9	-6°20'	10	84,2	5°10'
3	58,6	-1°20'	11	64,5	+3°10'
4	111,2	-2°40'	12	82,2	-2°06'
5	75,1	3°20'	13	52,0	+2°25'
6	60,8	0°30'	14	28,0	-3°10'
7	105,3	2°43'	15	120,4	+3°30'
8	75,4	-5°12'			

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

Отметки речных точек при тахеометрической съёмке определяют через отметку станции $H_{ст}$ и превышение, которое получают методом тригонометрического нивелирования:

$$H_i = H_{ст} + h; \quad h = \frac{1}{2} D \cdot \sin 2v + i - s.$$

Так как $i = s$, то

$$h = \frac{1}{2} D \sin 2v = \frac{1}{2} \cdot 43,6 \cdot \sin(2 \cdot 4^\circ 18') = 21,8 \cdot 0,14954 = 3,26 \text{ м.}$$

$$H = 100,35 + 3,26 = 103,61 \text{ м.}$$

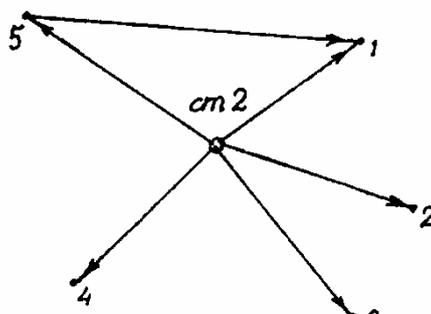
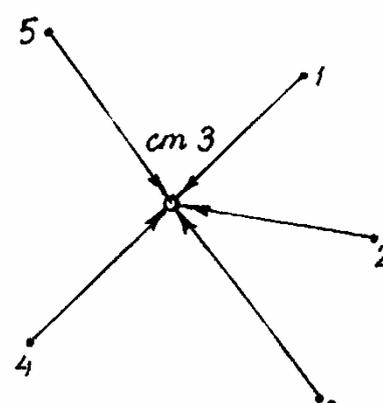
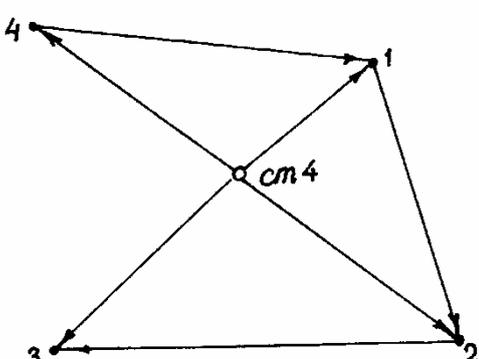
Упражнение 4

От исходного направления (вертикальной линии) наносят на план речные точки полярным способом (по горизонтальному углу β и проложению d) от станции тахеометрической съёмки с помощью транспортира и масштабной линейки. Около нанесённых речных точек подписать их номера и отметки. Выполнить интерполирование отметок H_i по линиям однородных скатов, указанных стрелками на абрисе. Провести горизонталь с сечением рельефа h , указанным в табл.60.

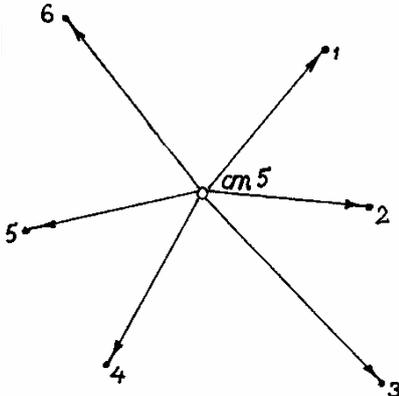
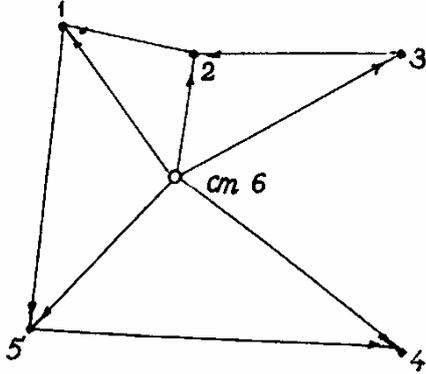
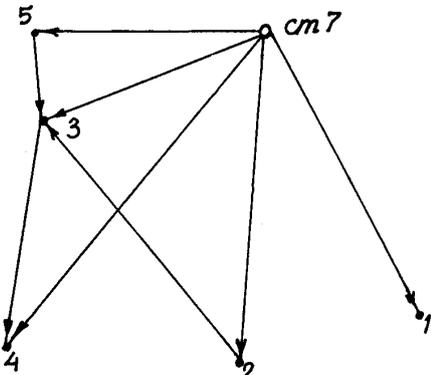
Т а б л и ц а 6 0

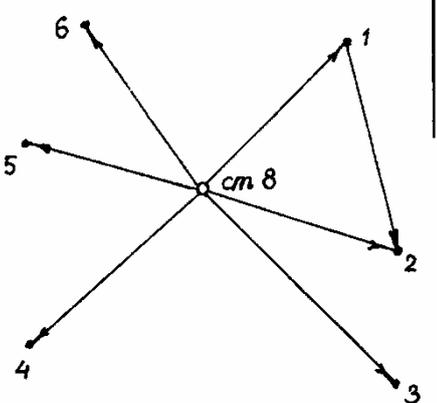
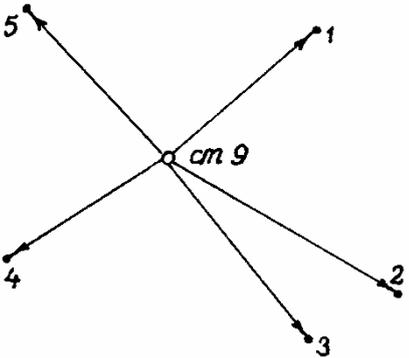
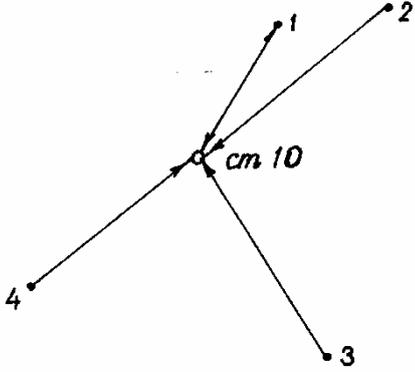
Номера точек	A , град	d , м	H_i , м	Абрис
1	2	3	4	5
1	62	24,2	65,20	Вариант 1 $H_{ст} = 63,40$; $h = 0,5$ м М 1:500
2	95	20,5	64,70	
3	123	31,6	65,10	
4	165	18,4	64,90	
5	220	13,5	64,30	
6	345	16,7	64,60	

Продолжение табл. 60

1	2	3	4	5
1	10	45,0	47,30	<p>Вариант 2 $H_{ст} = 48,10; h = 1 \text{ м}$ $M 1:1000$</p> 
1	33	225,0	163,40	<p>Вариант 3 $H_{стIII} = 142,200; h = 5 \text{ м}$ $M 1:5000$</p> 
1	356°	94,0	19,10	<p>Вариант 4 $H_{стIV} = 31,40; h = 2,5 \text{ м}$ $M 1:2000$</p> 

Продолжение табл. 60

1	2	3	4	5
1	45	31,6	57,40	<p>Вариант 5</p> <p>$H_{\text{CT V}} = 54,70; h = 1 \text{ м}$</p> <p>М 1:500</p> 
1	358	23,8	34,8	<p>Вариант 6</p> <p>$H_{\text{CT VII}} = 73,8; h = 1 \text{ м}$</p> <p>М 1:2000</p> 
1	120	58,6	79,8	<p>Вариант 7</p> <p>$H_{\text{CT VII}} = 73,8; h = 1 \text{ м}$</p> <p>М 1:2000</p> 

1	2	3	4	5
1	A		H	<p>Вариант 8 $H_{\text{стVII}} = 103,7; h = 0,5 \text{ м}$ М 1:500</p> 
1	35°	43,4	34,8	<p>Вариант 9 $H_{\text{стIX}} = 35,6; h = 2,5 \text{ м}$ М 1:1000</p> 
1	10°	47,4	109,70	<p>Вариант 10 $H_{\text{стX}} = 108,40; h = 1 \text{ м}$ М 1:2000</p> 

Пример решения. Исходные данные для варианта 4.

1. От вертикальной линии, проведенной через станцию, по ходу часовой стрелки строим углы, равные горизонтальным углам β азимуту. По данным направлениям в масштабе откладываем горизонтальные проложения и подписываем у точек их отметки.

2. Интерполирование отметок выполним с помощью палетки. Пример использования палетки показан на рис.41,а, а образец - на рис.41,б.

Палетку вычерчивают на миллиметровке. Проводят параллельные линии и оцифровывают их кратно принятой высоте сечения рельефа. Прикладывают палетку к линиям однородного ската, из построенных точек откладывают перпендикуляры, равные отметкам точек, а на линии переносят следы пересечения линии профиля и параллельных линий палетки.

Затем плавными линиями соединяют точки с одинаковыми высотами. Эти линии равных высот называют горизонталями. Их подписывают по направлению ската.

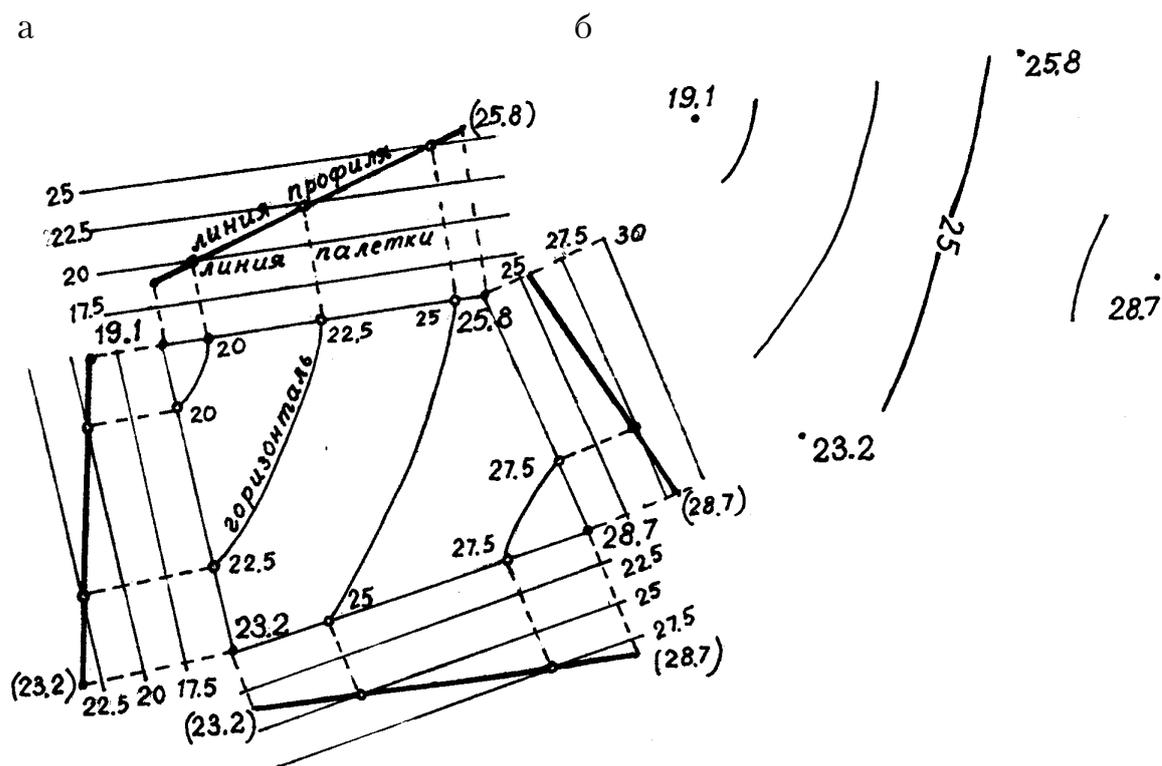


Рис.41

5. ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ

Задача 93

По результатам нивелирования, приведенным в табл.61, и известной отметке точки A (H_A) вычислить отметку точки B через превышение, а отметку точки C – через горизонт прибора. Вычертить схему нивелирования и показать на ней все известные и определяемые величины.

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

1. Вычисляем превышение на станции как разницу отсчетов по рейкам, причем от заднего отсчета вычисляем передний. Так как рейки двухсторонние, то превышение вычисляем дважды по черной и красной сторонам реек:

$$h_1 = Z^ч - П^ч = 0945 - 1947 = -0998;$$

$$h_2 = Z^{кр} - П^{кр} = 5630 - 6630 = -1000.$$

За истинное значение принимаем среднее превышение:

$$h_{ср} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{-0998 - 1000}{2} = -0999.$$

2. Отметку передней точки определяем через превышение:

$$H_B = 50,840 - 0,999 = 49,841.$$

3. Отметку промежуточной точки C вычисляем через горизонт прибора:

$$ГП1 = 50,840 + 0,945 = 51,785;$$

$$ГП2 = 49,841 + 1,947 = 51,788.$$

Первое значение горизонта прибора получаем, суммируя отметку задней точки и отсчет по рейке, установленной на этой точке; второе значение горизонта получаем, суммируя отметку передней точки и отсчет по рейке на эту точку.

Для вычисления отметки промежуточной точки C из среднего значения горизонта прибора вычитаем отсчет по рейке, установленной на этой точке:

$$ГП_{ср} = \frac{ГП1 + ГП2}{2} = \frac{51,785 + 51,788}{2} = 51,786;$$

$$H_c = ГП_{ср} - c = 51,786 - 2,183 = 49,603.$$

Таблица 61

Номер варианта	Точки	Отсчеты по рейке, мм			Номер варианта	Точки	Отсчеты по рейке, мм		
		задние	передние	промежуточные			задние	передние	промежуточные
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	A	0945 5630 <u>4685</u>	1947 6630 <u>4683</u>	2183 6866 <u>4683</u>	H _A =70,000	A	0585 5268 <u>4683</u>	0899 5583 <u>4684</u>	1544 6228 <u>4684</u>
	B								
	C								
2	A	1271 5953 <u>4682</u>	2155 6837 <u>4682</u>	1585 6268 <u>4683</u>	H _A =55,000	A	1076 5760 <u>4685</u>	1804 6488 <u>4684</u>	0202 4687 <u>4683</u>
	B								
	C								
H _A =43,200	A	1873 6555 <u>4682</u>				A	0380 5062 <u>4682</u>		

Окончание табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	<i>B</i>		1129 5813 <u>4684</u>		8	<i>B</i>		1141 5825 <u>4684</u>	
$H_A=28,600$	<i>C</i>			0204 4887 <u>4683</u>	$H_A=40,200$	<i>C</i>			0602 5286 <u>4684</u>
4	<i>A</i>	0992 5674 <u>4682</u>				<i>A</i>	1361 6045 <u>4684</u>		
$H_A=73,680$	<i>B</i>		1714 6398 <u>4684</u>		9	<i>B</i>		0811 5493 <u>4682</u>	
	<i>C</i>			0456 5138 <u>4682</u>	$H_A=83,400$	<i>C</i>			1696 6380 <u>4684</u>
5	<i>A</i>	1385 6068 <u>4683</u>				<i>A</i>	0456 5138 <u>4682</u>		
$H_A=62,965$	<i>B</i>		2232 5914 <u>4682</u>		10	<i>B</i>		2232 5914 <u>4682</u>	
	<i>C</i>			0302 4984 <u>4682</u>	$H_A=48,000$	<i>C</i>			1344 6028 <u>4684</u>

Схема нивелирования на станции изображена на рис.42.

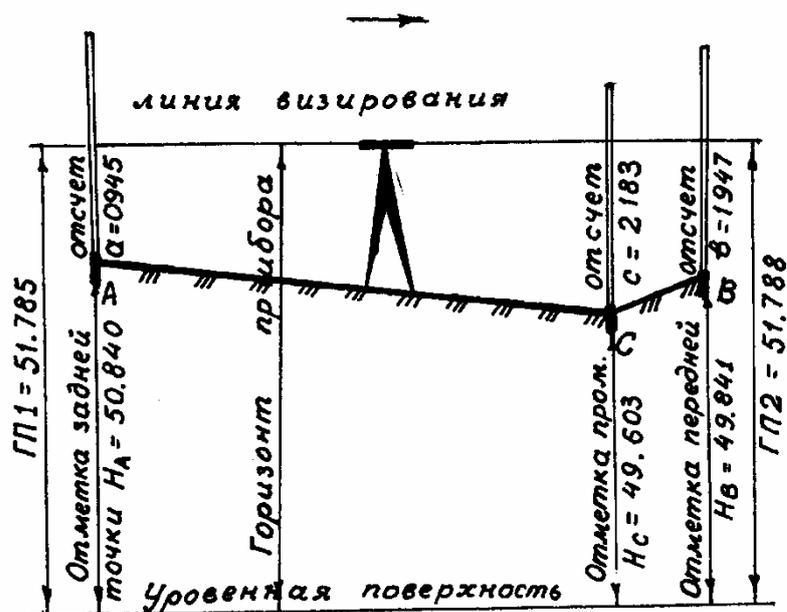


Рис.42

Задача 94

Оценить точность замкнутого нивелирного хода по результатам технического нивелирования, приведенным в табл.62, если известны $\sum h_{cp}$ – сумма средних превышений по ходу, длина хода L – в км и n – число станций.

Таблица 62

Номер варианта	$\sum h_{cp}$, мм	L , км	Номер варианта	$\sum h_{cp}$, мм	n
1	-12	2	11	+30	3
2	+88	3	12	-28	4
3	+139	16	13	-9	5
4	-28	2	14	+18	17
5	+44	4	15	-21	9
6	-100	5	16	+44	50
7	+60	3	17	-32	25
8	+28	2	18	+69	36
9	-86	3	19	-11	8
10	+80	4	20	+42	16

Пример решения. Исходные данные для варианта 14.

Точность нивелирования оцениваем, сравнивая полученную невязку в превышениях с ее допустимым значением. Для этого вычисляем:

1) высотная невязка в нивелирном ходе равна разности суммы средних превышений в ходе $\Sigma h_{\text{практ}} = \Sigma h_{\text{ср}}$, (в прямом и обратном направлениях) и теоретической суммы превышений $\Sigma h_{\text{т}}$. В замкнутом нивелирном ходе $\Sigma h_{\text{т}} = 0$.

$$f_h = \Sigma h_{\text{практ}} - h_{\text{т}}; \Sigma h_{\text{практ}} = \Sigma h_{\text{ср}}; \Sigma h_{\text{т}} = 0$$

$$f_h = \pm 18 \text{ мм};$$

2) допустимое значение невязки $\Sigma h_{\text{доп}}$

$f_{h\text{доп}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{n} = \pm 10 \cdot \sqrt{17} = \pm 41$, где n – число станций в нивелирном ходе.

Так как $f_h \leq f_{h\text{доп}}$ (18 мм < 41 мм), то результаты нивелирования признают удовлетворительными.

При длине хода в L км; то $f_{h\text{доп}} = \pm 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{L}$ км.

Задача 95

Выполнить увязку нивелирных ходов, схемы которых изображены на рис.43,а,б. На схемах выписаны средние превышения.

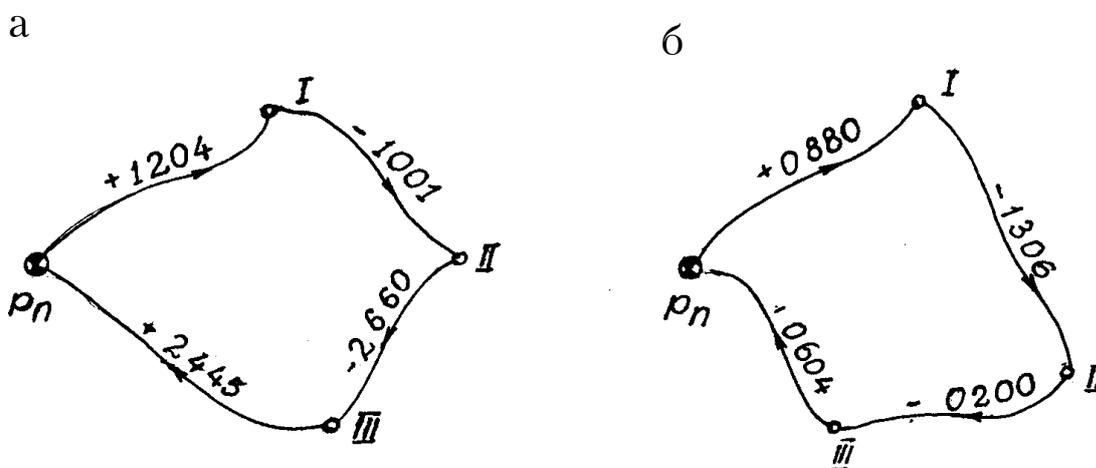


Рис.43

Задача 96

При проверке параллельности, визирной оси и оси цилиндрического уровня двойным нивелированием вперед (рис.44) получены данные, приведенные в табл.63. Описать способ юстировки, если она необходима.

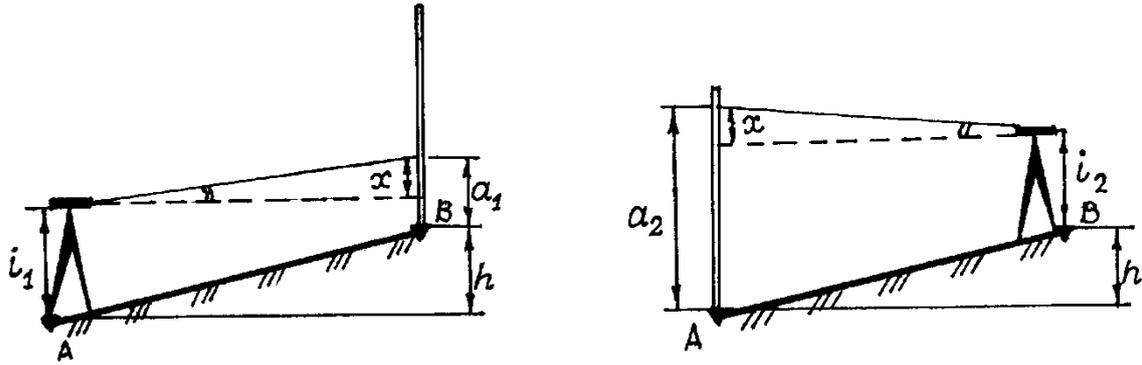


Рис.44

Таблица 63

Номер варианта	a_1 , мм	a_2 , мм	i_1 , мм	i_2 , мм	Номер варианта	a_1 , мм	a_2 , мм	i_1 , мм	i_2 , мм
1	1078	1914	1530	1450	6	0835	2820	1390	1445
2	2295	0610	1480	1410	7	2356	0780	1520	1600
3	0715	2153	1408	1440	8	2175	0741	1460	1470
4	2220	650	1450	1440	9	0768	2206	1410	1550
5	1050	1820	1430	1420	10	1060	1888	1390	1574

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

Ошибку на негоризонтальность линии визирования за непараллельность визирной оси и оси центрального уровня определяем по формуле

$$x = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2} = \frac{1078 + 1914}{2} - \frac{1530 + 1450}{2} = 6 \text{ мм.}$$

Так как ошибка $x > 4$ мм, такому нивелиру требуется юстировка. Для этого вычисляем исправленный отсчет

$$a_{2\text{испр}} = a_2 - x = 1914 - 6 \text{ м} = 1908 \text{ мм}$$

и устанавливаем его при помощи элевационного винта, тогда пузырек цилиндрического уровня на трубе отклонится от нуля-пункта. Вертикальными юстировочными винтами цилиндрического уровня совмещают изображения концов пузырька уровня, предварительно ослабив боковые винты. Проверку повторяют до получения допустимой погрешности ($x \leq \pm 4$ мм). У нивелиров с компенсаторами проверка выполняется аналогично. На практике после юстировки уровня проверку повторяют.

Задача 97

При поверке главного условия нивелира Н-3 определено «из середины» превышение h_{A-B} между точками A и B (рис.45,а). Затем из точки A способом "вперед" взят отсчет b на рейку, установленную на точку B , и измерена высота i нивелира, установленного над точкой A (рис.45,б).

а)

б)

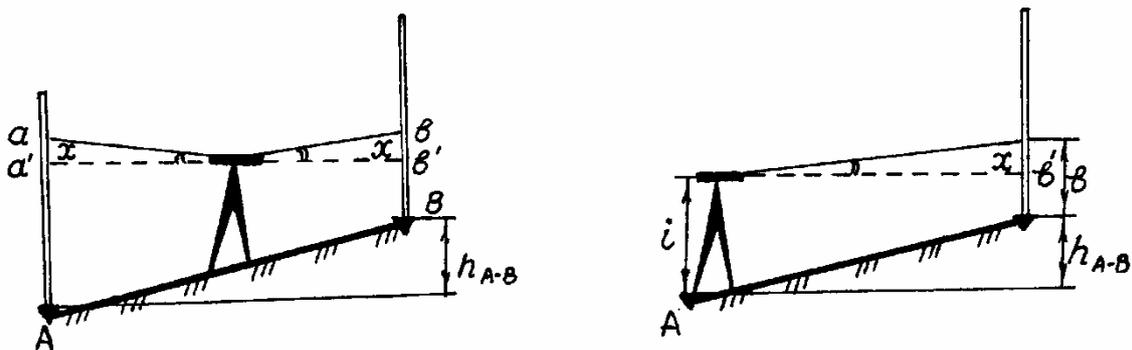


Рис.45

Результаты измерений приведены в табл.64. Вычислить отсчет по рейке, при котором линия визирования горизонтальна, и описать способ юстировки, если она необходима.

Таблица 64

Номер варианта	h_{A-B} , мм	b , мм	i , мм	Номер варианта	h_{A-B} , мм	b , мм	i , мм
1	-480	1948	1450	6	+920	0512	1460
2	+530	0903	1448	7	+625	802	1436
3	-610	2033	1440	8	-530	1980	1440
4	-1010	2360	1380	9	-1000	2440	1430
5	-842	2260	1400	10	+820	0615	1530

Задача 98

С какой ошибкой будет взят отсчет по рейке, установленной на расстоянии 100 м от нивелира, если пузырек цилиндрического уровня с ценой деления 20" отклонился от нуля-пункта на одно деление?

Задача 99

Определить цену деления уровня, если при наклоне уровня на 4" пузырек переместился на 8 делений.

Упражнение 5

Составить план строительной площадки по результатам нивелирования поверхности по квадратам. Схемы нивелируемых участков приведены на рис.29,а,б, а исходные данные приведены в табл.43, где l – сторона квадрата, h – высота сечения, M – масштаб, H_{IA} – отметка точки А1.

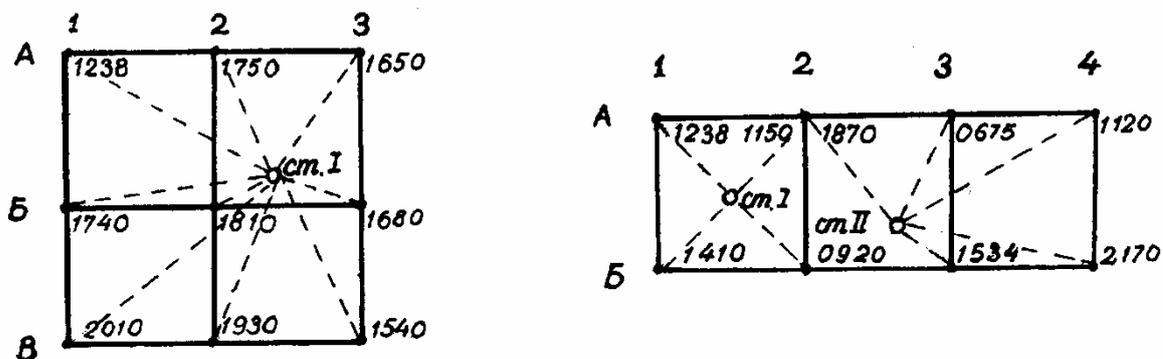


Рис.46

Таблица 65

Схема рис.46,а					Схема рис.46,б				
Но- мер вари- анта	$H_{A/1}, м$	$l, м$	M	$h, м$	Но- мер вари- анта	$H_{A/1}, м$	$l, м$	M	$h, м$
1	120,300	20	1:500	0,5	9	47,500	5	1:100	0,25
2	45,400	2	1:100	0,25	10	69,800	5	1:200	0,25
3	78,600	50	1:1000	1	11	68,300	20	1:500	
4	110,400	40	1:1000	0,5	12	56,250	10	1:500	
5	84,900	20	1:5000	0,25	13	42,440	20	1:1000	
6	51,200	10	1:200	0,25	14	72,500	40	1:1000	
7	27,800	10	1:500	0,5	15	84,100	10	1:500	
8	91,400	100	1:2000	0,5					

Пример решения. Исходные данные для варианта 6.

1. Сначала вычисляем фактические отметки вершин квадрата. Для этого на каждой станции вычисляем горизонт прибора, равный сумме отметки точки и отсчета по рейке, установленной на эту точку.

Для станции 1 ГП = $H_{IA} + 1,238 = 51,20 + 1,238 = 52,438$.

Для станции 11 ГП = $H_{2A} + 1,870 = 51,282 + 1,870 = 53,152$.

Отметки вершин вычисляем через горизонт прибора:

$$H_{2A} = \text{ГП} - 1,156 = 52,438 - 1,156 = 51,282;$$

$$H_{3A} = \text{ГП} - 0,675 = 52,477;$$

$$H_{1B} = 52,438 - 1,410 = 51,028;$$

$$H_{4A} = 53,152 - 1,120 = 0,32;$$

$$H_{2B} = 52,438 - 0,920 = 51,518;$$

$$H_{3B} = 53,152 - 1,534 = 51,618;$$

$$H_{4B} = 53,152 - 2,170 = 50,982.$$

2. Вычерчиваем в масштабе план участка и подписываем отметки у вершин квадратов.

3. Интерполируем отметки графическим способом, прикладывая палетку к сторонам квадратов. Пример использования палетки см.упражнение 4, рис.41,а.

Проводим горизонтали и подписываем одну из них по склону (см.рис.41,б).

6. ВЕРТИКАЛЬНАЯ ПЛАНИРОВКА

6.1. Вычисление проектных отметок и уклонов наклонной плоскости

Задача 100

По известным проектным отметкам вершин квадратов (табл.66) при планировании участка наклонной плоскостью определить уклоны по осям X и Y , если стороны квадратов сетки равны a (рис.47).

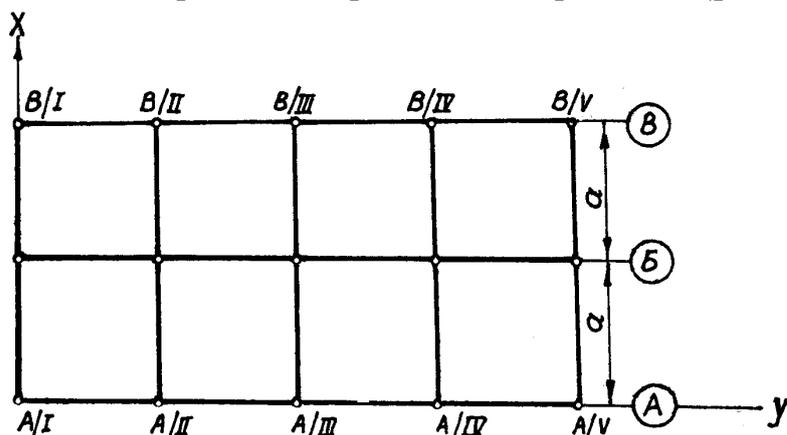


Рис.47

Таблица 66

Номер варианта	B/I , м	A/I , м	A/V , м	B/V , м	a , мм
1	121,50	121,50	120,50	120,50	100
2	143,40	143,40	144,80	144,80	40
3	176,90	176,90	174,50	174,50	50
4	57,60	57,60	58,10	58,10	20
5	45,30	45,30	45,84	45,84	10
6	94,60	94,60	92,80	92,80	40
7	78,43	78,43	79,65	79,65	50
8	110,12	110,12	110,62	110,62	20
9	84,80	84,80	83,60	83,60	100
10	63,40	63,40	62,90	62,90	10
11	72,60	72,60	71,60	71,60	50
12	51,32	51,30	50,20	50,20	40
13	63,40	63,40	63,80	63,80	20
14	140,20	140,20	140,80	140,80	50
15	90,10	90,10	89,50	89,50	20

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

Расстояние между точками A/I и A/V равно 400 м, а превышение $h = 120,50 - 121,50 = -1,00$ м. Уклон по оси $У$

$$i_y = \frac{h}{d} = \frac{-1}{400} = -0,0025 = -0,002.$$

Уклон можно выразить в процентах или промиллях:

$$i_y = -0,2\% \quad \text{или} \quad i_y = -2\text{‰}.$$

Расстояние между точками A/I и B/I равно 200 м, а превышение $h = 121,50 - 121,50 = 0$. Следовательно, $i_x = 0$, т.е. наклонная плоскость имеет уклон в одном направлении.

Задача 101

Для строительного участка, изображенного на рис.47, по отметкам вершин квадратов, приведенным в табл.66, вычислить проектные отметки вершин квадратов по оси $Б$.

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

Так как уклон проектной плоскости по оси X равен 0, проектные отметки точек будут изменяться только по направлению оси $У$. Поэтому отметка точки $Б/I$ равна отметке точки A/I , т.е.

$$H_{\text{пр.Б-I}} = H_{\text{пр.А-I}} = 121,50.$$

Вычисления производят по формуле

$$H_{n+1}^{\text{пр}} = H_n^{\text{пр}} + id,$$

где $H_{n+1}^{\text{пр}}$, $H_n^{\text{пр}}$ – проектные отметки последующей и предшествующей точек.

Таким образом,

$$H_{Б/III}^{\text{пр}} = H_{Б/I}^{\text{пр}} + i_y d_1 = 121,50 + (-0,0025) \cdot 100 = 121,25;$$

$$H_{Б/II}^{\text{пр}} = H_{Б/I}^{\text{пр}} + i_y d_2 = 121,50 + (-0,0025) \cdot 200 = 121,00.$$

Аналогично вычисляют и все другие отметки.

Задача 102

Найти проектные отметки вершин квадратов (рис.48) наклонной оформляющей плоскости при заданных уклонах в двух противоположных направлениях, указанных в табл.67, где a – сторона квадрата; i_1 , i_2 – уклоны по осям; H_{A-I} – отметка точки A/I

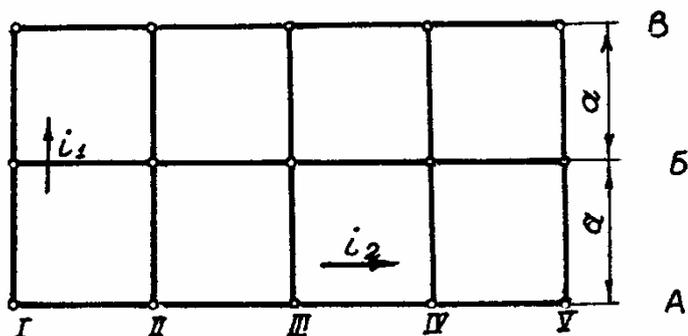


Рис.48

Таблица 67

Но- мер вари- анта	i_1	i_2	$a, \text{ м}$	$H_{A-I}, \text{ м}$	Но- мер вари- анта	i_1	i_2	$a, \text{ м}$	$H_{A-I}, \text{ м}$
1	-0,002	0,005	100	121,50	9	+0,02	+0,03	20	76,80
2	+0,003	-0,004	50	138,40	10	-0,01	0,02	50	84,70
3	-0,02	-0,03	20	174,60	11	+0,004	-0,003	50	120,00
4	+0,03	-0,04	20	111,45	12	-0,02	+0,03	20	160,54
5	-5 %	+4 %	50	174,10	13	+0,04	-0,02	40	85,60
6	+0,2%	-0,3%	100	58,90	14	+2%	-4%	20	68,40
7	-0,04	0,02	20	97,44	15	-3%	+2%	20	75,50
8	+2%	-3%	10	65,30					

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

Чтобы найти проектные отметки при заданном по направлению координатных осей уклоне, сначала определяют отметки по одной из координатных осей. Уклон по второй координатной оси принимают равным нулю ($i_2 = 0$). Проектные отметки по створу I вычисляют следующим образом. Пусть известна точка $H_{A/I} = 121,50$ и уклон $i_1 = -0,002$.

$$\text{Тогда } H_{B/I}^{\text{пр}} = 121,50 - 0,002 \cdot 100 = 121,30,$$

$$\text{а } H_{B/I}^{\text{пр}} = 121,50 - 0,002 \cdot 200 = 121,10.$$

Проектные отметки по створу А вычисляют, принимая $i_2 = 0,005$, а $i_1 = 0,000$. В этом случае

$$H_{A/II}^{\text{пр}} = 121,50 - 0,005 \cdot 100 = 121,00; \quad H_{A/IV}^{\text{пр}} = 120,00;$$

$$H_{A/III}^{\text{пр}} = 121,50 - 0,005 \cdot 200 = 121,50; \quad H_{A/V}^{\text{пр}} = 119,50.$$

Зная проектные отметки вершин, расположенных на координатных осях, определяют отметки на всех промежуточных точках:

$$H_{B/III}^{пр} = H_{B/I}^{пр} - i_2 \cdot 2B = H_{A/III}^{пр} - i_1 B =$$

$$= 121,30 - 0,005 \cdot 2 \cdot 100 = 120,50 - 0,002 \cdot 100 = 120,30.$$

Задача 103

Определить отсчеты по рейкам, установленным на каждой вершине квадрата наклонной площадки (рис.49), при нивелировании с одной станции, если заданы уклоны $i_1 = -0,03$; $i_2 = +0,02$, длина стороны квадрата $a = 10$ м, отсчет по рейке, установленной в вершине В1, равен 1200 мм.

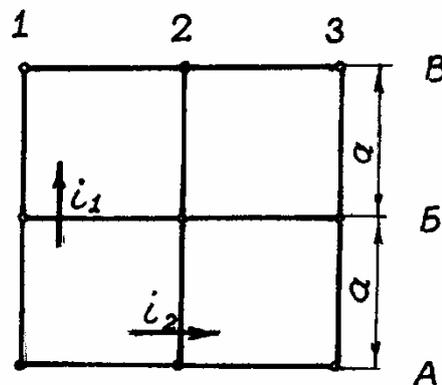


Рис.49

Задача 104

Вычислить проектные отметки вершин площадки (рис.50) по заданному уклону по диагонали и известной отметке одной из вершин, указанной в табл.68.

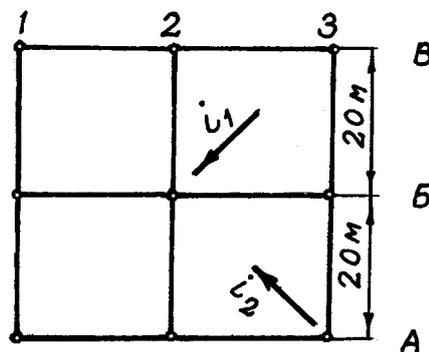


Рис.50

Таблица 68

Номер варианта	i_1	$H_{пр=} 50,30, м$	Номер варианта	i_2	$H_{пр=} 42,10, м$
1	-0,02	H_{AI}	6	+0,003	H_{3B}
2	+0,003	H_{2B}	7	-0,04	H_{3B}
3	+0,05	H_{3B}	8	+0,02	H_{2B}
4	-0,004	H_{2A}	9	-0,005	H_{IB}
5	-0,01	H_{IB}	10	+0,03	H_{AI}

6.2. Вычисление объектов земляных масс

Задача 105

По фактическим отметкам вершин квадрата строительной площадки (a – сторона квадрата), указанным в табл.69 (рис.51), вычислить отметку планировки (горизонтальной оформляющей плоскости) и определить объемы перемещаемых земляных масс.

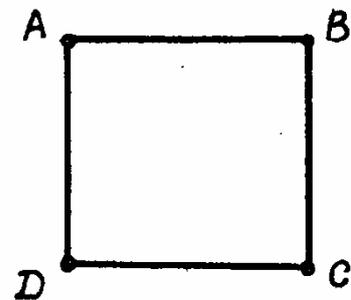


Рис.51

Таблица 69

Номер варианта	$H_A, м$	$H_B, м$	$H_C, м$	$H_D, м$	$a, м$
1	2	3	4	5	6
1	85,54	86,41	86,09	85,70	10
2	23,43	22,80	23,10	22,90	20
3	67,10	66,90	67,20	67,00	50
4	42,80	43,00	43,10	42,90	40
5	100,23	99,80	99,70	100,40	20
6	64,44	65,54	65,02	64,60	10
7	33,40	34,06	33,80	33,50	20
8	48,70	47,20	47,45	48,25	40
9	55,36	54,64	53,80	54,00	50
10	92,80	92,44	93,36	93,00	20
11	73,40	74,10	72,20	72,30	40
12	82,80	83,00	83,50	82,90	20

1	2	3	4	5	6
13	38,70	37,20	37,45	38,25	30
14	44,40	45,50	45,00	44,60	40
15	61,21	62,50	62,01	61,60	20

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

1. Вычисляем отметку планировки:

$$H_o = \frac{H_A + H_B + H_C + H_D}{4} =$$

$$= \frac{85,54 + 86,41 + 86,09 + 85,70}{4} = 85,94.$$

2. У каждой вершины вычисляем рабочую отметку как разность проектной и фактической отметки ($r = H_{пр} - H_{ф}$) и подписываем их у вершин (рис.52).

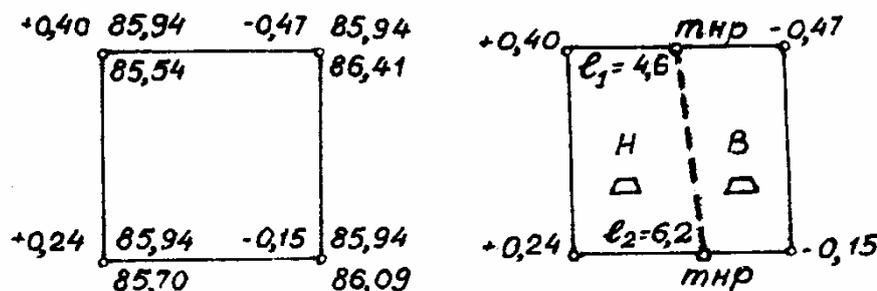


Рис.52

3. Если рабочие отметки имеют разные знаки, то в пределах площадки проводят линию нулевых работ, разделяя поверхность выемки и насыпи. Линию нулевых работ проводят через точки нулевых работ, положение которых определяют аналитически:

$$l_1 = \frac{r_1 B}{r_1 + r_2};$$

$$l_1 = \frac{0,40 \cdot 10}{0,40 + 0,47} = \frac{4}{0,87} = 4,6 \text{ м}; \quad l_2 = \frac{0,24 \cdot 10}{0,24 + 0,15} = \frac{2,4}{0,39} = 6,2 \text{ м},$$

где r_1 и r_2 – рабочие отметки противоположных знаков на стороне квадрата.

Расстояния до точек нулевых работ используют для вычисления объемов перемещаемых грунтов.

4. Объемы вычисляют по способу призм:

$$V = S_{\text{осн}} h_{\text{ср}}.$$

Высоту земляной призмы принимают равной среднему значению рабочих отметок ($h_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n r_i/n$).

Определяем объем насыпи:

$$S^{\text{н}} = \frac{l_1 + l_2}{2} B = \frac{4,6 + 6,2}{2} \cdot 10 = 54 \text{ м}^2;$$

$$h_{\text{ср}}^{\text{н}} = \frac{0,40 + 0,24 + 0 + 0}{4} = 0,16;$$

$$V_{\text{н}} = 54 \text{ м}^2 \cdot 0,16 \text{ м} = 8,64 \text{ м}^3 = 8,6 \text{ м}^3.$$

Объем выемки определяем аналогично.

Задача 106

По вычисленным рабочим отметкам вершин квадратов (со стороной a) строительной площадки (рис.53), указанным в табл.70, вычислить объемы перемещаемых земляных масс при вертикальной планировке.

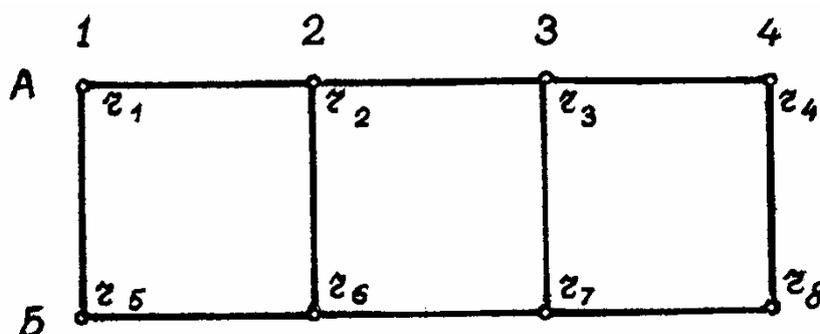


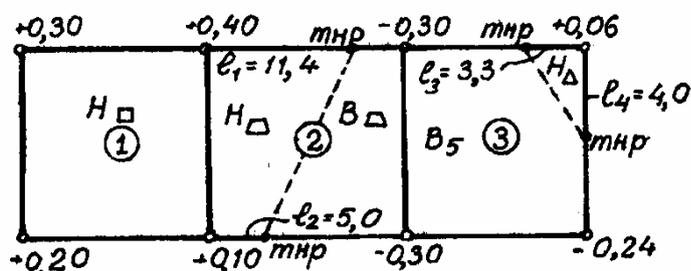
Рис.53

Таблица 70

Но- мер вари- анта	$A_1, \text{ м}$	$A_2, \text{ м}$	$A_3, \text{ м}$	$A_4, \text{ м}$	$B_1, \text{ м}$	$B_2, \text{ м}$	$B_3, \text{ м}$	$B_4, \text{ м}$	$a, \text{ м}$
1	+0,30	+0,40	-0,30	+0,06	+0,20	0,10	-0,30	-0,24	20
2	-0,10	-0,20	-0,15	-0,10	-0,12	+0,15	+0,24	-0,12	10
3	-0,24	+0,15	+0,18	-0,12	-0,36	-0,14	+0,28	+0,18	40
4	0,36	0,12	0,14	0,26	-0,13	-0,20	+0,26	+0,39	50
5	-0,22	-0,18	+0,36	-0,18	0,12	+0,33	-0,11	+0,43	20
6	+0,40	+0,30	+0,10	+0,20	-0,30	-0,20	0,00	+0,20	40
7	+0,50	+0,30	0,00	-0,30	+0,40	-0,30	-0,10	-0,20	20
8	0,35	0,10	-0,50	+0,30	0,40	0,00	+0,10	+0,20	30
9	-0,18	-0,30	-0,40	-0,20	-0,10	0,00	+0,60	+0,20	10
10	+0,20	+0,30	0,00	-0,40	-0,20	-0,10	-0,30	-0,30	20

Пример решения. Исходные данные для варианта 1.

1. Проводят линию нулевых работ, предварительно вычислив расстояния до точек нулевых работ (рис.54).



$$l_1 = \frac{0,40 \cdot 20}{0,40 + 0,30} = 11,4;$$

$$l_2 = \frac{0,10 \cdot 20}{0,10 + 0,30} = 5,0;$$

$$l_3 = \frac{0,06 \cdot 20}{0,06 + 0,30} = 3,3;$$

$$l_4 = \frac{0,06 \cdot 20}{0,06 + 0,24} = 4,0.$$

Рис.54

2. Вычисляют объемы перемещаемого грунта.

Для квадрата 1, где рабочие отметки все имеют один знак "+", необходимо грунт насыпать. Для вычисления объема насыпи используют формулу

$$V^H = a^2 \frac{h_{r1} + h_{r2} + h_{r5} + h_{r6}}{4} = 400 \frac{0,3 + 0,40 + 0,20 + 0,10}{4} = 100 \text{ м}^3.$$

Для квадрата 3 используют формулы:

$$V_{\Delta}^H = \frac{l_3 l_4}{2} \cdot \frac{r_4 + 0 + 0}{3} = \frac{3,3 \cdot 4}{2} \cdot 0,02 = 0,1 \text{ м}^3.$$

$$V_5^B = (S - S_{\Delta}^H) \cdot \frac{r_3 + r_7 + r_8 + 0 + 0}{5} = 46,9 \text{ м}^3.$$

Для квадрата 2 используют формулу

$$V^H = \frac{l_1 + l_2}{2} a^2 \frac{h_{r2} + h_{r6+0+0}}{4} = \frac{11,4 + 5,0}{2} \cdot 20 \cdot \frac{0,50}{4} = 19,7 \text{ м}^3.$$

Объем выемки вычисляют аналогично.

Ответ представить в виде суммарного объема перемещаемого грунта для выемки и насыпи в пределах всех площадки.

7. ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАССЫ ЛИНЕЙНОГО СООРУЖЕНИЯ

7.1. Нивелирование трассы

Задача 107

По данным табл.71 определить, с достаточной ли точностью произведено техническое нивелирование точек трассы (нивелирный ход – разомкнутый), если известно, что сумма средних превышений по ходу $\sum h_{\text{ср}} = -6,090$ м.

Т а б л и ц а 7 1

Номер варианта	Отметки реперов, м		Дли- на хода <i>L</i> , км	Номер варианта	Отметки реперов, м		Дли- на хода <i>L</i> , км
	<i>H</i> _{нач}	<i>H</i> _{кон}			<i>H</i> _{нач}	<i>H</i> _{кон}	
1	112,800	106,700	4	9	120,486	114,380	4
2	85,380	79,270	3	10	134,760	128,648	9
3	66,11	59,950	4	11	164,180	158,160	3
4	46,200	40,042	9	12	112,436	106,290	4
5	74,350	68,150	4	13	175,380	169,260	5
6	84,870	78,750	2	14	143,425	137,480	2
7	92,330	86,230	4	15	134,250	139,965	4
8	62,180	56,000	9				

Задача 108

В табл. 72 приведены результаты технического нивелирования с одной станции и с отсчетами только по черной стороне рейки (условно). По данным значениям вычислить недостающие в таблице отметки точек (задней, передней и промежуточной). Показать на рисунке превышение *h*, горизонт прибора ГП и фактические отметки точек *H*.

Таблица 72

Но- мер вариан- та	Отсчеты по рейке, мм			Вы- сота при- бора ГП, м	Отметки точек, м			Отмет- ка стан- ции H ст, м
	зад- ние	перед- ние	проме- жуточ- ные		зад- ние	перед- ние	проме- жуточ- ные	
1	1500	2480	2120	–	90,900			
2	1850	0365		1,50				60,200
3	1200	2220	2600	1,40				120,456
4	2630	1280	0845	-	84,460			
5	1000	1345	1200	1,50				95,640
6	1865	2050	0840	-		100,550		
7	1600	2660	2000	1,45				86,487
8	2000	1256	1565	1,40				75,480
9	1540	2835	2010			84,120		
10	2720	1860		1,30				90,680
11	0810	1960		1,35		92,416		
12	1465	2720	1900			94,245		
13	1000	0735	1480	1,48		64,350		
14	0560	2125			68,500			
15	1245	2630	2120			45,200		

Пример решения. Обработать журнал разомкнутого нивелирного хода (вычислить отметки связующих и промежуточных точек трассы), проложенного между точками $Pn1$ и $ПК2$, отметки которых известны (табл.73).

Таблица 73

Но- мер стан- ции	Наз- вание пикета или точки	Отсчеты по рейкам, мм			Превышение, мм		Гори- зонт приб- ора ГП, м	Факти- ческие отметки точек H , м
		зад- ние	перед- ние	проме- жуточ- ные	вычис- ленное h	сред- нее $h_{ср}$, $h_{испр}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1					-1		101,100
	ПК 0	6305	5325		+980	+980		
		1525	0545		+980	+979		102,079
		<u>4780</u>	<u>4780</u>					

Окончание табл. 73

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	ПК 0	5332	7383		-2056	-1,5		
	X _I	0550	2605		-2053	-2054		102,079
		4782	4778			-2056		100,023
3	X _I	5359				-1	100,601	
	ПК 1	0578	7269		-1912	-1911		100,023
		4781						
			2490			-1910	-1912	100,601
		4779						
	ПК 1+42			1809				98,111
	ПК 1+80			2010				98,792
								98,591
4	ПК 1	6644	7596		-952	-1		
	ПК 2	1864	2816			-952		98,111
		4780	4780		-952	-953		97,158
∑З, ∑П		28157	38032	∑h _в = -7875; ∑h _{ср} = -3937; ∑З - ∑П = -7875				

1) вычисляют на каждой станции превышения h ($h=З-П$) по красным ($h_{кр}$) и черным ($h_{ч}$) сторонам реек: на первой станции

$$h_{кр} = 6305 - 5325 = +980;$$

$$h_{ч} = 1525 - 0545 = +0980$$

и записывают в графу 6;

– среднее превышение $h_{ср}$ вычисляют как среднее арифметическое значение из $h_{ч}$ и $h_{кр}$:

$$h_{ср} = \frac{h_{ч} + h_{кр}}{2}; \quad h_{ср} = \frac{980 + 980}{2} = +980$$

(графа 7);

2) На каждой станции журнала выполняют постраничный контроль. Для этого:

– подсчитывают суммы задних ($\sum З = 28157$) и передних ($\sum П = 38032$) отсчетов;

– суммируют на странице журнала отсчеты ($\sum З$ и $\sum П$) и превышения ($\sum h$ и $\sum h_{ср}$).

Постраничный контроль заключается в соблюдении равенства

$$\sum \text{З} - \sum \text{П} = \sum h_{\text{в}} = 2 \sum h_{\text{ср}},$$

т.е. разность сумм задних и передних отсчетов (графы 3 и 4) должна быть равна сумме вычисленных превышений ($\sum h$) и удвоенной сумме средних превышений ($2 \sum h_{\text{ср}}$):

$$28157 - 38032 = -7875 = 2(-3937,5).$$

3) Выполняют оценку точности измерения в нивелирном ходе:

Вычисляют невязку нивелирного хода fh и сравнивают ее с допустимой $fh_{\text{доп}}$:

$$fh = \sum h_{\text{практ}} - \sum h_{\text{теор}},$$

где $\sum h_{\text{практ}} = \sum h_{\text{ср}} = -3937,5$ мм;

$$\sum h_{\text{теор}} = H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}} = 97,158 - 101,100 = -3,942 \text{ м.}$$

Тогда

$$fh = -3937,5 - (-3942,0) = +4,5 \text{ мм};$$

$$fh_{\text{доп}} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{n} = \pm 10 \text{ мм} \sqrt{4} = 20 \text{ мм}$$

– допустимое значение невязки $fh_{\text{доп}}$,

где n – количество штативов.

4) Полученная невязка fh не превышает допустимого значения, значит результат нивелирования признают удовлетворительным.

Распределяют невязку $fh = +4,5$ мм с обратным знаком поровну на все превышения в виде поправок δh и вычисляют исправленные превышения: $h_{\text{испр}} = h_{\text{ср}} + \delta h$ (графа 7).

5) Вычисляют отметки связующих точек по исправленным превышениям:

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

$$H_{\text{ПК0}} = H_{\text{пр1}} + h_{\text{испр}} = 101,100 + 0,979 = 102,079 \text{ м};$$

$$H_{\text{ПК2}} = H_{\text{ПК1}} + h_{\text{испр}} = 98,111 + (-0,953) = 97,158.$$

6) Для вычисления отметок промежуточных (плюсовых) точек ($H_{\text{ПК1}+42}$, $H_{\text{ПК1}+80}$) определяют горизонт прибора (ГП) на станции (ст.3):

$$\text{ГП} = H_{\text{ХI}} + \text{З}_ч = 100,023 + 0,578 = 100,601 \text{ м};$$

для контроля вычисляют ГП по передней точке:

$$\text{ГП}^к = H_{\text{ПК1}} + \text{П}_ч = 98,111 + 2,490 = 100,601 \text{ м.}$$

Среднее значение горизонта прибора на станции 3 равно

$$ГП_{\text{ср}} = \frac{ГП + ГП^{\text{к}}}{2} = 100,601 \text{ м.}$$

Отметки промежуточных точек вычисляют по формуле:

$$H_{\text{пром}} = ГП_{\text{ср}} - C,$$

где C – отсчет по рейке на промежуточную точку (графа 5).

$$H_{\text{ПК}1+42} = 100,601 - 1,809 = 98,792;$$

$$H_{\text{ПК}1+80} = 100,601 - 2,010 = 98,591.$$

7.2. Построение профиля трассы

Пример решения. По фактическим отметкам точек участка трассы (табл.73) построить продольный профиль в масштабах: горизонтальном 1:2000 и вертикальном 1:200.

Строим сетку профиля. Для этого проводим горизонтальные графы и подписываем их (рис.55).

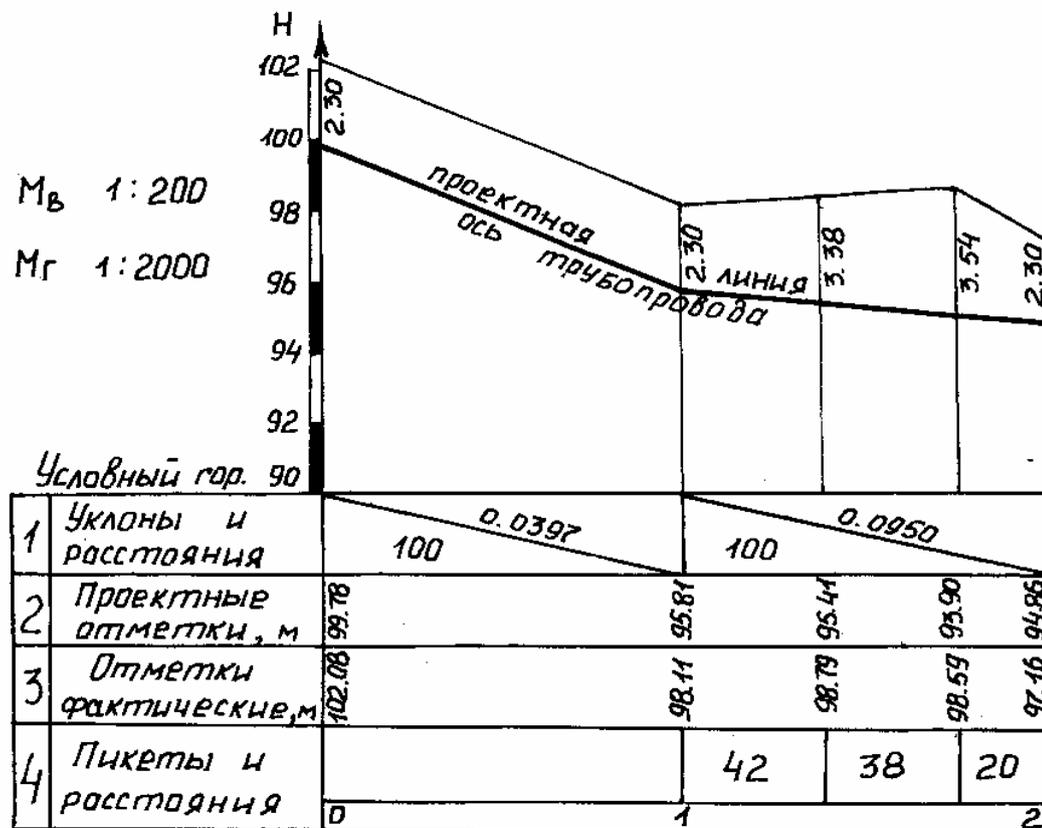


Рис.55

В графе «расстояния и пикеты» (гр. 4) откладываем отрезки по 100 метров – пикеты и расстояния до всех плюсовых точек.

Подписываем названия пикетов. Концы всех пикетов обозначаются вертикалями.

Отметки земли, полученные в результате нивелирования из табл.10, выписываем в графу 3.

Верхнюю горизонтальную линию сетки профиля принимаем за линию условного горизонта ($H = 90$ м), от которой откладываем по вертикали с учетом вертикального масштаба разности отметок от условного горизонта.

Концы построенных вертикалей соединяем прямыми линиями и получаем продольный профиль трассы.

Линию профиля строят на 5-6 см выше условного горизонта.

7.3. Вычисление проектных отметок и уклонов

Задача 109

Определить глубину заложения трубы на пикете 5+60 по данным рис.56

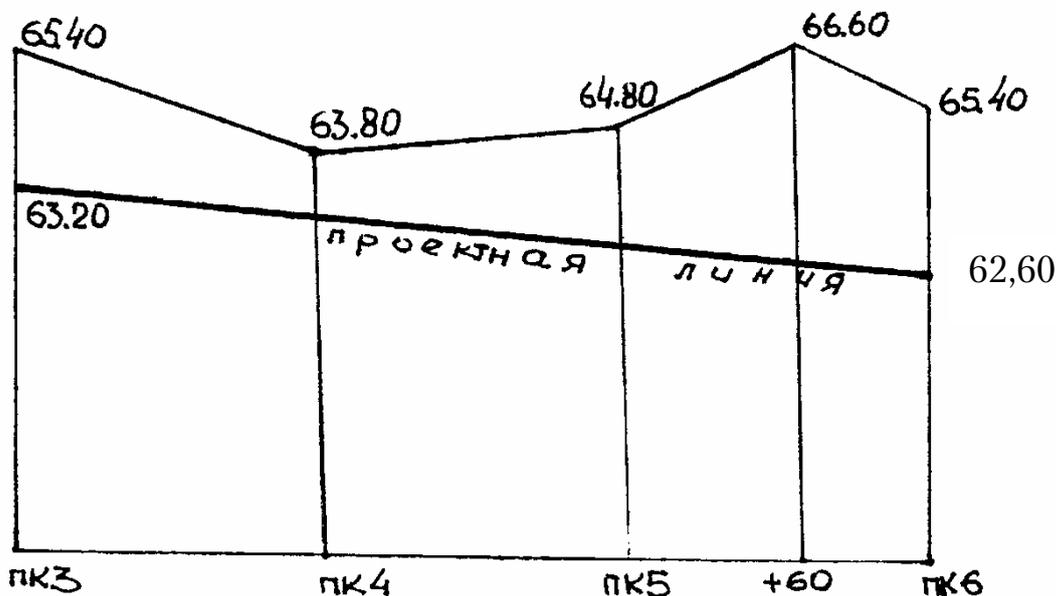


Рис.56

Пример решения. По известным проектным отметкам данного участка трассы вычислить проектный уклон и глубину заложения трубы на ПК5+60.

Вычисляют

а) проектный уклон $i^{\text{пр}}$ на участке ПК3-ПК6 по формуле

$$1) i^{\text{пр}} = \frac{H_{\text{кон}}^{\text{пр}} - H_{\text{нач}}^{\text{пр}}}{d}; \quad i^{\text{пр}} = \frac{62,60 - 63,20}{300} = 0,002.$$

б) Проектную отметку на пикете 5+60 по формуле

$$2) H_{\text{посл}}^{\text{пр}} = H_{\text{пред}}^{\text{пр}} + i^{\text{пр}} d';$$

$$3) H_{\text{ПК5+60}}^{\text{пр}} = H_{\text{ПК3}}^{\text{пр}} + i d' = 63,20 - 0,002 \cdot 260 \text{ м} = 63,20 - 0,52 = 62,68 \text{ м}.$$

где d' – расстояние от известной предыдущей проектной отметки до плюсовой точки т.е. $d' = \text{ПК5+60} - \text{ПК3} = 260 \text{ м}$

в) Глубина заложения трубы ГЛЗ на пикете 5+60 по формуле:

$$\text{ГЛЗ}_i = H_i - H_i^{\text{пр}};$$

$$\text{ГЛЗ}_{\text{ПК5+60}} = 66,60 - 62,68 = 3,92 \text{ м}.$$

Задача 110

По фактическим отметкам пикетов начального, конечного и промежуточного (табл.74) построить профиль земли. Подписать пикеты и их отметки. Провести проектную линию. Определить глубину заложения трубы на промежуточном пикете, если отметки конечных точек участка проектируемого трубопровода известны (табл.74). Масштабы: горизонтальный 1:2000, вертикальный 1:200.

Таблица 74

Номер вари- анта	Обозначение пикетов		Фактические отметки, м			Отметки проектные, м	
	начального	конечного	$H_{\text{нач}}$	$H_{\text{пром}}$	$H_{\text{кон}}$	$H_{\text{нач}}^{\text{пр}}$	$H_{\text{кон}}^{\text{пр}}$
1	ПК I	ПК 2+70	65,20	ПК2=63,80	65,80	63,00	62,66
2	ПК3+20	ПК 4+80	54,00	ПК4=53,60	54,60	51,80	51,48
3	ПК5	ПК6+50	45,40	ПК6=46,20	45,70	43,60	43,90
4	ПК4+40	ПК5+90	32,80	ПК5=32,10	33,20	30,80	31,30
5	ПК6	ПК7+40	34,70	ПК7=33,50	34,60	32,00	32,30
6	ПК7+60	ПК8+80	86,20	ПК8=85,00	86,42	83,40	83,70
7	ПК8	ПК9+50	93,45	ПК9=94,10	93,50	91,35	91,95
8	ПК5+20	ПК7	70,30	ПК6=68,80	71,05	67,00	67,90
9	ПК2+10	ПК3+60	48,20	ПК3=49,30	48,40	46,60	46,30
10	ПК6+30	ПК7+50	57,55	ПК7=56,20	57,73	55,00	54,70
11	ПК2+50	ПК3+90	62,10	ПК3=63,20	62,55	60,10	60,50
12	ПК4+25	ПК5+75	83,26	ПК5=82,50	83,75	82,00	81,00
13	ПК11+45	ПК12+75	74,30	ПК12=73,50	75,60	72,10	71,50
14	ПК13+60	ПК15	42,15	ПК14=41,50	43,15	40,35	40,65
15	ПК14+40	ПК16	64,80	ПК15=64,40	65,40	62,50	63,20

Пример решения. На построенном продольном профиле (рис.55) провести проектную линию трубопровода с глубиной заложения трубы 2,30 м на пикетах 0,1 и 2 (на концах участков). Вычислить: уклон проектной линии на двух участках трассы (ПКО – ПК1, ПК1 – ПК2), проектные отметки плюсовых точек трассы ПК1+42 и ПК1+80, глубину заложения трубы в этих точках.

1. Проектируем трубопровод на профиле (рис.55) с учетом глубины заложения трубы $h_3 = 2,30$ м на конечных точках участков ПКО, ПК1 и ПК2 и вычисляем их проектные отметки $H^{пр}$:

$$H_{ПКО}^{пр} = 102,08 - 2,30 = 99,78;$$

$$H_{ПК1}^{пр} = 98,11 - 2,30 = 95,81;$$

$$H_{ПК2}^{пр} = 97,16 - 2,30 = 94,86.$$

Значения проектных отметок записываем в графу 2.

2. Вычисляем уклон проектной линии i .

$$i = \frac{H_{кон}^{пр} - H_{нач}^{пр}}{d};$$

$$i_{пж0-пж1} = \frac{95,81 - 99,78}{100} = -0,0397 (-3,97\% - 39,7\text{‰})$$

$$i_{ПК1-ПК2} = \frac{94,86 - 95,81}{100} = -0,0095 (-0,9\% - 9,5\text{‰})$$

Уклоны могут быть записаны в процентах или в промилле.

3. Вычисляем проектные отметки на плюсовых точках трассы ПК1+42 и ПК1+80:

$$H_{посл}^{пр} = H_{пред}^{пр} + id,$$

$$H_{ПК1+42}^{пр} = H_{ПК1}^{пр} + id = 95,81 + (-0,0397) \cdot 42 = 95,41 \text{ м};$$

$$H_{ПК1+80}^{пр} = H_{ПК1+42}^{пр} + id_2 = 95,41 + (-0,0397) \cdot 38 = 93,90 \text{ м}.$$

4. Глубина заложения трубы на плюсовых точках определяется как разность отметки земли и проектной отметки:

$$h_3 = H_i - H_i^{пр};$$

$$h_{зПК1+42} = H_{ПК1+42} - H_{ПК1+42}^{пр} = 98,79 - 95,41 = 3,38 \text{ м};$$

$$h_{зПК1+80} = H_{ПК1+80} - H_{ПК1+80}^{пр} = 98,59 - 93,90 = 4,59 \text{ м}.$$

Значения глубин заложения трубы переносим на продольный профиль (см.рис.55).

Задача 111

По фактическим отметкам пикетов (см.табл.74) построить профиль земли. Подписать пикеты, их отметки. Провести проектную линию под заданным уклоном (табл.75) при условии, что начальная проектная отметка совпадает с фактической отметкой начального пикета. Определить отметку точки нулевых работ.

Т а б л и ц а 7 5

Номер варианта	Уклон проектной линии	Номер варианта	Уклон проектной линии
1	-0,002	9	+0,005
2	-0,001	10	-0,0035
3	+0,004	11	+0,005
4	-0,003	12	-0,002
5	-0,005	13	+0,002
6	-0,0065	14	+0,003
7	+0,006	15	-0,002
8	-0,007		

Задача 112

По данным табл.76 вычислить проектную отметку на заданном пикете, если известна проектная отметка на одном из конечных пикетов участка трассы автодороги и уклон проектной линии.

Т а б л и ц а 7 6

Номер варианта	Наименование пикета, проектную отметку которого требуется определить	Проектная отметка пикета $H_{пр}$, м	Уклон проектной линии (к большому пикету)
1	ПК7	$H_{ПК5}=48,75$	-0,02
2	ПК3	$H_{ПК6+50}=56,30$	+0,04
3	ПК6+20	$H_{ПК3}=40,65$	+0,05
4	ПК8+40	$H_{ПК7}=84,35$	-0,006
5	ПК14+10	$H_{ПК8+50}=77,20$	+0,025
6	ПК12+50	$H_{ПК9}=92,60$	-0,008
7	ПК4+80	$H_{ПК6}=80,80$	-0,01
8	ПК5+50	$H_{ПК2}=66,20$	+0,004
9	ПК10+10	$H_{ПК=12}=34,50$	-0,007
10	ПК2+60	$H_{ПК5}=74,60$	-0,009
11	ПК9+25	$H_{ПК6}=95,30$	-0,008
12	ПК8+80	$H_{ПК6}=72,30$	+0,004
13	ПК13+70	$H_{ПК10}=66,60$	-0,005
14	ПК11+20	$ПК8=51,50$	-0,006
15	ПК5+60	$ПК9=45,10$	+0,003

Пример решения. Определить отметку точки нулевых работ, расположенную между пикетами 5 и 4. Данные для вычисления взять с рис.57.

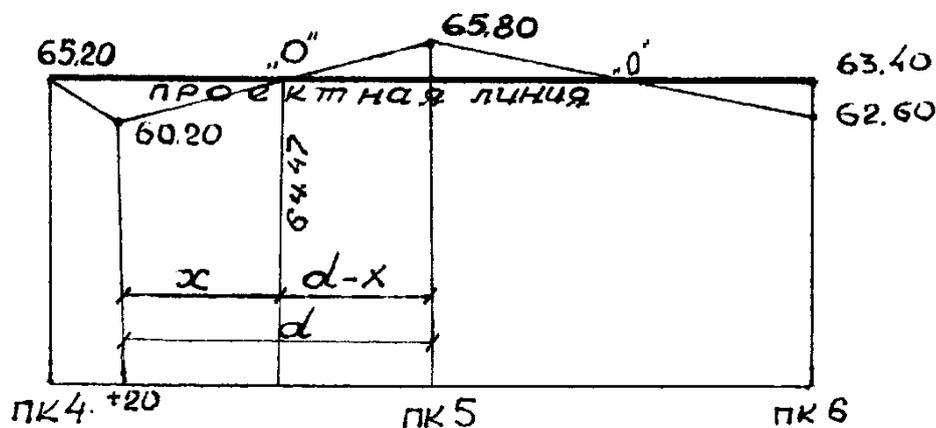


Рис.57

1. Определяем уклон проектной линии:

$$i = \frac{H_{\text{ПК6}}^{\text{пр}} - H_{\text{ПК4}}^{\text{пр}}}{d_{\text{ПК4-ПК6}}} = \frac{63,40 - 65,20}{200} = -0,009.$$

2. Проектные отметки ближайших к точке нулевых работ пикетов ($H_{\text{ПК4+20}}$, $H_{\text{ПК5}}$) определим по формуле

$$H_{\text{посл}}^{\text{пр}} = H_{\text{пред}}^{\text{пр}} + id.$$

Тогда

$$H_{\text{ПК4+20}}^{\text{пр}} = H_{\text{ПК4}}^{\text{пр}} + id = 65,20 - 0,009 \cdot 20 = 65,02 \text{ м.}$$

$$H_{\text{ПК5}} = 65,02 - 0,009 \cdot 100 = 64,30 \text{ м.}$$

3. Определяем ближайшие рабочие отметки (h_i^p) как разность проектной отметки и фактической отметки в данной точке:

$$h_i^p = H_i^{\text{пр}} - H_i$$

$$h_{\text{ПК4+20}}^p = H_{\text{ПК4+20}}^{\text{пр}} - H_{\text{ПК4+20}} = 65,02 - 60,20 = 4,82 \text{ м;}$$

$$h_{\text{ПК5}}^p = H_{\text{ПК5}}^{\text{пр}} - H_{\text{ПК5}} = 64,30 - 65,80 = -1,50 \text{ м.}$$

4. Вычисляем расстояние x до точки нулевых работ:

$$x = \frac{hr_1 \cdot d}{|hr_1| + |hr_2|} = \frac{4,82 \cdot 80}{4,82 + 1,50} = 61,02 \text{ м}$$

5. Отметку точки нулевых работ (H^0) определяем по формуле

$$H^0 = H_{\text{пред}}^{\text{пр}} + i \cdot x,$$

$$H_0 = 65,02 - 0,009 \cdot 61,02 = 64,47 \text{ м.}$$

и подписываем на профиле (рис.57).

7.4. Определение направлений и длин участков трассы

Задача 113

По данным табл.77 определить дирекционные углы и румбы последующих направлений трассы. Привести рисунок.

Таблица 77

Номер варианта	Румб исходного направления	Углы поворота	
		φ_1	φ_2
1	ЮВ:40°20'	$\varphi_{\text{пр}}=60^\circ40'$	$\varphi_{\text{лев}}=100^\circ30'$
2	ЮЗ:80°30'	$\varphi_{\text{лев}}=40^\circ40'$	$\varphi_{\text{пр}}=120^\circ10'$
3	СЗ:20°45'	$\varphi_{\text{пр}}=85^\circ45'$	$\varphi_{\text{лев}}=120^\circ30'$
4	СВ:85°20'	$\varphi_{\text{лев}}=100^\circ45'$	$\varphi_{\text{пр}}=35^\circ50'$
5	ЮВ:82°45'	$\varphi_{\text{пр}}=64^\circ15'$	$\varphi_{\text{лев}}=40^\circ40'$
6	ЮЗ:28°30'	$\varphi_{\text{лев}}=48^\circ30'$	$\varphi_{\text{пр}}=110^\circ15'$
7	СЗ:77°40'	$\varphi_{\text{пр}}=25^\circ20'$	$\varphi_{\text{лев}}=80^\circ45'$
8	ЮВ:35°25'	$\varphi_{\text{лев}}=80^\circ35'$	$\varphi_{\text{пр}}=52^\circ10'$
9	СВ:20°10'	$\varphi_{\text{пр}}=50^\circ50'$	$\varphi_{\text{пр}}=84^\circ30'$
10	ЮЗ:75°20'	$\varphi_{\text{лев}}=44^\circ24'$	$\varphi_{\text{лев}}=68^\circ30'$
11	СЗ:60°30'	$\varphi_{\text{прав}}=110^\circ10'$	$\varphi_{\text{пр}}=42^\circ15'$
12	ЮВ:45°10'	$\varphi_{\text{лев}}=94^\circ25'$	$\varphi_{\text{пр}}=115^\circ10'$
13	СВ:80°15'	$\varphi_{\text{пр}}=90^\circ20'$	$\varphi_{\text{пр}}=46^\circ12'$
14	СЗ:50°40'	$\varphi_{\text{лев}}=65^\circ45'$	$\varphi_{\text{лев}}=98^\circ25'$
15	ЮЗ:30°25'	$\varphi_{\text{лев}}=44^\circ30'$	$\varphi_{\text{лев}}=84^\circ40'$

Задача 114

По данным табл.78 определить углы поворота трассы. Привести рисунок.

Таблица 78

Номер варианта	Румбы направлений прямолинейных участков трассы		
	r_1	r_2	r_3
1	ЮВ:80°10'	ЮЗ:52°50'	СЗ:35°30'
2	ЮЗ:45°20'	СЗ:50°40'	СВ:45°50'
3	СВ:74°40'	СЗ:60°20'	ЮЗ:26°30'
4	ЮЗ:58°10'	ЮВ:74°15'	СВ:15°40'
5	СВ:20°30'	СВ:82°45'	СЗ:58°15'
6	ЮВ:44°40'	СВ:66°20'	ЮВ:45°10'
7	ЮЗ:65°30'	ЮВ:30°30'	ЮЗ:55°20'
8	СЗ:70°20'	ЮЗ:65°30'	ЮВ:20°40'
9	ЮВ:28°30'	ЮЗ:52°40'	ЮВ:85°50'
10	СВ:10°25'	СЗ:60°54'	СВ:24°35'
11	СЗ:24°46'	СВ:43°32'	ЮВ:70°12'
12	ЮВ:25°42'	СВ:80°14'	СЗ:4°10'
13	ЮЗ:36°28'	ЮВ:52°18'	ЮЗ:16°20'
14	СЗ:62°45'	ЮЗ:24°12'	ЮВ:15°24'
15	ЮВ:44°30'	ЮЗ:62°15'	СЗ:70°40'

Пример решения. Вычислить дирекционные углы α и румбы r последующих направлений трассы по данным значениям: румб начального направления $r = СЗ:60°10'$, углы поворота трассы $\varphi_{лев}^I = 80°20'$ и $\varphi_{прав}^2 = 100°45'$. Привести рисунок.

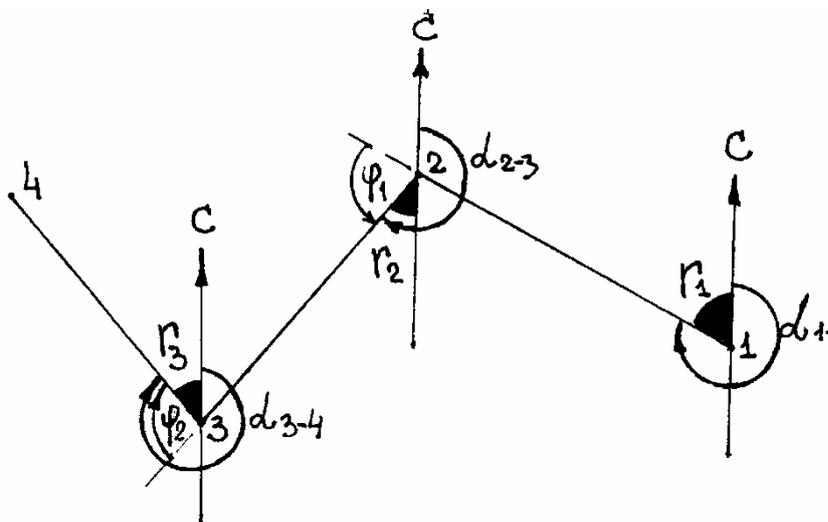


Рис.58

Вычисляем дирекционные углы и румбы прямых направлений трассы:

$$\begin{aligned}\alpha_{1-2} &= 360^\circ - r_1 = 360^\circ - 60^\circ 10' = 299^\circ 50'; \\ \alpha_{2-3} &= \alpha_{1-2} - \varphi_1 = 299^\circ 50' - 80^\circ 20' = 219^\circ 30'; \\ r_{2-3} &= \alpha_{2-3} - 180^\circ = \text{ЮЗ: } 39^\circ 30'; \\ \alpha_{3-4} &= \alpha_{2-3} + \varphi_2 = 219^\circ 30' + 100^\circ 45' = 320^\circ 15'; \\ r_{3-4} &= 360^\circ - \alpha_{3-4} = \text{СЗ: } 39^\circ 45' .\end{aligned}$$

На рис.58 показываем дирекционные углы, румбы и углы поворота.

7.5. Определение элементов кривой и ее пикетажных значений

Задача 115

Вычислить пикетажные значения главных точек кривой (начала кривой НК, конца КК и середины СК) по углу поворота трассы φ и радиусу кривой R (табл.79). Привести рисунок.

Таблица 79

Номер варианта	Радиус круговой кривой R , м	Угол поворота трассы φ	Пикетажные значения угла поворота трассы, м
1	100	90°	ПК 4+20,00
2	100	62°	ПК 6+15,50
3	150	80°	ПК 8+24,30
4	100	66°	ПК 10+18,40
5	120	86°	ПК 12+25,00
6	100	54°	ПК 3+32,50
7	150	48°	ПК 13+42,0
8	200	30°	ПК 7+38,30
9	120	72°	ПК 9+30,10
10	140	60°	ПК 8+41,25
11	160	60°	ПК 14+30,00
12	140	28°	ПК 5+16,40
13	100	70°	ПК 3+24,60
14	100	80°	ПК 10+28,50
15	100	60°	ПК 12+35,00

Пример решения. Вычислить пикетажные значения главных точек кривой по углу поворота 60° и радиусу кривой $R = 200$ м при вершине угла поворота на ПК5 + 30.

1. Вычисляем элементы круговой кривой (Т,К,Д,Б) по формулам:

тангенс $T = R \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = 200 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = 115,47$ м ;

кривая $K = \frac{\pi R \varphi^\circ}{180^\circ} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 60^\circ}{180^\circ} = 209,44$ м;

биссектриса $B = R \left(\frac{1}{\cos \varphi/2} - 1 \right) = 200 \cdot \left(\frac{1}{\cos 30^\circ} - 1 \right) = 30,94$ м;

домер $D = 2T - K = 2 \cdot 115,47 - 209,44 = 21,50$ м,

либо элементы кривой выбираем из таблиц для разбивки кривых на автодорогах (Н.А.Митин), по известным значениям угла поворота φ и радиуса кривой R .

2. Вычисляем пикетажные значения главных точек кривой (НК, КК и СК).

	ВУ	ПК 5+30,00		ВУ	ПК 5+30,00
-			+		
	Т	115,47		Т	115,47
	НК	ПК 4+14,53			ПК 6+45,47
+			-		
	К	209,44		Д	21,50
	КК	ПК 6+23,97		КК	ПК 6+23,97

ПК СК = ПК НК + 1/2 К = ПК 4+14,53 + 1/2 · 209,44 = ПК 5+19,27.

3. Показываем на рисунке (рис.59) элементы и главные точки кривой.

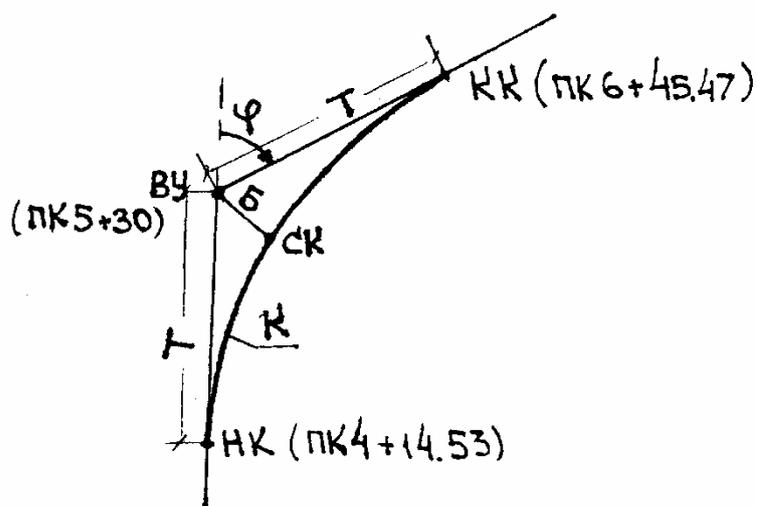


Рис.59

Задача 116

Определить длину прямой вставки между соседними поворотами трассы по данным табл.80. Привести рисунок.

Таблица 80

Но- мер вари- анта	Наименование пикетов вершин поворота трассы, м		Значения углов поворота трассы		Радиусы кривых $R, м$	
	ВУ 1	ВУ 2	ϕ 1 прав	ϕ 2 лев	R_1	R_2
1	ПК6+40,80	ПК16+30,80	76°40'	100°	100	100
2	ПК4+10,20	ПК7+35,45	42°20'	60°	150	100
3	ПК2+85,10	ПК5+68,30	100°	60°	100	120
4	ПК5+20,70	ПК9+15,20	60°	84°	200	100
5	ПК3+70,80	ПК7+10,25	82°30'	60°	100	200
6	ПК6+25,45	ПК10+20,70	54°20'	90°	180	120
7	ПК7+35,60	ПК11+44,30	80°40'	66	120	180
8	ПК4+44,20	ПК7+64,10	68°20	80°	140	100
9	ПК8+16,90	ПК13+50,40	90°	74°	100	140
10	ПК3+74,50	ПК10+65,30	46°40'	60°	120	160
11	ПК6+10,75	ПК13+40,75	58°20'	100°	160	120
12	ПК5+55,00	ПК8+28,40	68°44'	40	100	110
13	ПК7+34,40	ПК14+55,00	72°32'	52°	110	100
14	ПК4+60,50	ПК11+47,30	38°20'	60°	200	150
15	ПК6+70,40	ПК12+14,60	42°30'	80°	100	100

Задача 117

Определить общую длину прямолинейных участков трассы по данным табл.80 при условии, что трасса имеет протяженность 18 пикетов. Привести рисунок, на котором показать углы поворота, главные точки кривой (их пикетажные значения) и конечные точки трассы.

Общая длина прямолинейных участков трассы Σd

$$\Sigma d = d_1 + d_2 + d_3.$$

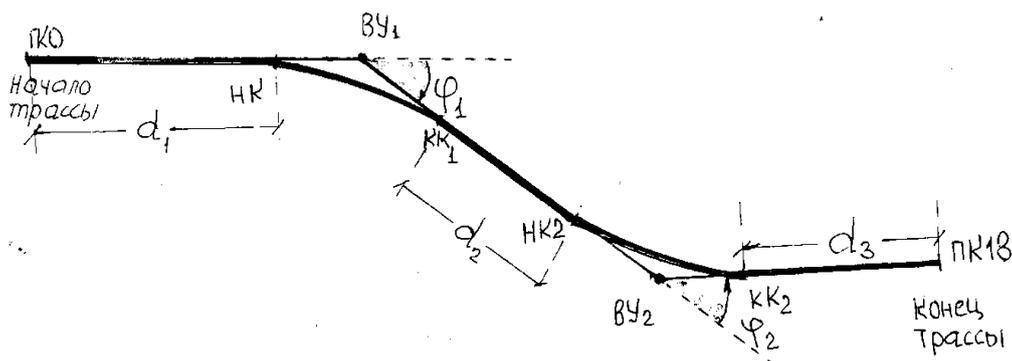


Рис. 60

7.6. Вынос пикетов с тангенсов на кривую

Задача 118

По данным табл.81 определить положение пикетов, выносимых с тангенсов на кривую. Привести рисунок.

Таблица 81

Но- мер вари- анта	Наимено- вание пикета при ВУ, м	Элементы кривой		Но- мер вари- анта	Наимено- вание пикета при ВУ, м	Элементы кривой	
		ра- диус R , м	угол пово- рота φ			ра- диус R , м	угол пово- рота и направ- ления φ
1	ПК4+40	100	90 л	9	ПК7+53	100	100 пр
2	ПК6+70	200	60 л	10	ПК10+24	100	86 л
3	ПК8+10	100	60 пр	11	ПК12+12	120	84 пр
4	ПК9+20	100	80 л	12	ПК5+60	100	88 л
5	ПК5+45	80	90 пр	13	ПК9+14	200	40 пр
6	ПК12+15	80	100 л	14	ПК3+18	100	46 л
7	ПК2+62	100	70 пр	15	ПК15+20	100	50 пр
8	ПК5+28	100	68 л				

Пример решения. Вычислить прямоугольные координаты пикетов, вынесенных с тангенсов на кривую (т.е. определить положение пикетов на кривой), если известны элементы кривой: $\varphi_{пр}^0 = 60^\circ$, $R = 200$ м; $B = 30,94$ м; $D = 21,50$ м и пикетажное значение угла поворота φ ПК ВУ = ПК5+30.

Показать на рисунке главные точки кривой, прямоугольные координаты пикетов, вынесенных на кривую.

1. Вычисляем:

$$\text{тангенс } T = R \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = 200 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = 115,47 \text{ м};$$

пикетажные значения начала и конца кривой:

$$\text{НК} = \text{ВУ} - T + \text{ПК}5 + 30 - 115,47 = \text{ПК}4 + 14,53;$$

$$\text{КК} = \text{ВУ} + T - D = \text{ПК}5 + 30 + 115,47 - 21,90 = \text{ПК}6 + 23,97.$$

2. Строим схему кривой.

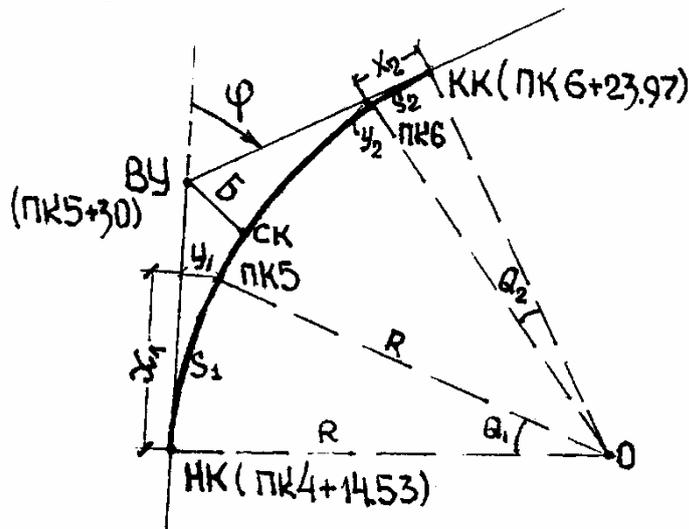


Рис.61.

Вычисляем прямоугольные координаты пикетов 5 и 6 для перенесения их с тангенсов на кривую:

$$S_1 = \text{ПК}5 - (\text{ПК}4 + 14,53) = 85,47 \text{ м};$$

$$Q_1 = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{S}{R} = 57,296^\circ \cdot \frac{85,47}{200} = 24,48^\circ = 24^\circ 28,8';$$

$$x_1 = R \sin Q_1 = 200 \cdot \sin 24,48^\circ = 82,89 \text{ м};$$

$$Y_1 = R(1 - \cos Q_1) = 200 \cdot (1 - \cos 24,48^\circ) = 17,99 \text{ м};$$

$$S_2 = \text{КК} - \text{ПК}6 = \text{К}6 + 23,97 - \text{ПК}6 = 23,97 \text{ м};$$

$$Q_2 = 57,296^\circ \cdot \frac{23,97}{200} = 6,87^\circ = 6^\circ 52';$$

$$x_2 = R \sin 6,87^\circ = 200 \cdot \sin 6,87^\circ = 23,91 \text{ м};$$

$$Y_2 = R(1 - \cos Q_2) = 200 \cdot (1 - \cos 6,87^\circ) = 1,43 \text{ м}.$$

4. На схеме кривой показываем прямоугольные координаты пикетов X, Y, дугу S и угол Q (рис.61).

8. ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА К ПЕРЕНЕСЕНИЮ НА МЕСТНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОЕКТА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

8.1. Определение разбивочных углов и расстояний

Задача 119

Проектные координаты переносимых на местность точек A и B следующие:

$$X_A = 364,78 \text{ м}; \quad Y_A = 448,56 \text{ м};$$

$$X_B = 78,13 \text{ м}; \quad Y_B = 977,22 \text{ м}.$$

Определить направление линии AB (α) и ее длину d .

Пример решения. Направление линии AB и ее длину вычисляют по координатам точек A и B решением обратной геодезической задачи по формуле

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} = \frac{977,22 - 448,56}{78,13 - 364,78} = \frac{+528,66}{-286,65} = -1,84423.$$

По алгебраическим знакам числителя и знаменателя правой части формулы определяют румб линии AB , а следовательно, и ее дирекционный угол. Используя таблицы логарифмов или микрокалькулятор, находят, что полученное значение $\operatorname{tg}\alpha$ соответствует румбу ЮВ: $61^\circ 31,9$. Следовательно, $\alpha = 180^\circ - 61^\circ 31,9 = 118^\circ 28,1$.

Длину линии AB определяют по формуле

$$d'_{AB} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha} = \frac{528,66}{0,87908} = 601,38 \text{ м};$$

$$d''_{AB} = \frac{\Delta X}{\cos \alpha} = \frac{286,65}{0,47667} = 601,36 \text{ м};$$

$$d_{AB} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{286,65^2 + 528,66^2} = 601,37 \text{ м}.$$

Задача 120

По данным табл.82 определить направление переносимой на местность линии AB (α) и ее длину (d_{AB}). Привести схему.

Таблица 82

Проектные координаты переносимых на местность точек A и B

Номер варианта	X_A , м	Y_A , м	X_B , м	Y_B , м
1	268,84	425,0	324,55	482,42
2	810,40	494,20	837,43	569,49
3	750,35	464,28	810,40	494,20
4	787,04	837,43	606,15	569,49
5	500,00	600,00	474,50	625,50
6	620,56	558,42	672,60	560,40
7	38,00	300,72	100,06	374,00
8	650,88	657,86	672,62	631,70
9	672,60	560,40	682,62	631,70
10	24,26	228,00	101,00	201,84
11	258,79	415,00	314,45	472,32
12	800,30	484,10	827,33	559,39
13	740,25	454,18	800,30	484,10
14	490,10	590,10	464,40	615,40
15	660,98	667,96	682,72	641,80

Задача 121

Точка A переносится на местность способом полярных координат от опорных пунктов геодезической сети 1 и 2.

По данным табл.83 определить разбивочный угол β и длину привязки т.А к опорному пункту 1 (d_{1-A}). Привести схему разбивочного чертежа.

Таблица 83

Проектные координаты опорных пунктов 1 – 2
и переносимой точки A

Номер варианта	X_1 , м	Y_1 , м	X_2 , м	Y_2 , м	X_A , м	Y_A , м
	2	3	4	5	6	7
1	870,30	698,10	720,10	698,10	810,00	758,40
2	537,80	364,50	537,80	525,00	485,40	416,90
3	840,30	668,10	698,10	668,10	763,60	602,60
4	537,80	450,80	537,80	525,00	574,90	487,90
5	743,50	613,10	623,50	613,10	666,00	690,60

1	2	3	4	5	6	7
6	385,40	470,10	385,40	620,00	329,70	564,30
7	840,30	668,10	690,10	668,10	763,60	654,60
8	743,50	613,10	623,50	613,10	661,00	575,60
9	573,80	364,50	537,80	525,00	476,70	425,60
10	385,40	470,10	385,40	620,00	433,80	518,50
11	527,70	354,40	547,70	515,10	475,50	406,80
12	855,50	678,00	688,20	678,00	773,70	612,50
13	517,60	420,60	517,60	505,10	554,70	467,70
14	375,30	460,20	613,60	603,20	656,10	670,40
15	763,70	633,30	653,70	633,20	681,60	595,80

8.2. Перенесение на местность проектной длины линии

Задача 122

Длина проектной линии $d = 48,54$ м. Поправка в длину ленты за компарирование 20 метровой стальной рулетки $\Delta d_k = +8,9$ мм; температура компарирования $t_0 = 20$ °С; температура воздуха при перенесении на местность линии $t = 8$ °С; угол наклона линии к горизонту $v = 2^\circ 12'$.

Определить длину отрезка D , которую следует перенести на местность.

Пример решения. Вычисляют значение поправок в длину линии за компарирование, температуру и наклон.

$$\Delta d_k = \frac{d}{l} (M - M_0) = \frac{48,54}{20} \cdot 8,9 = \pm 22 \text{ мм} = +0,22 \text{ м};$$

$$\Delta d_t = \alpha d n (t - t_0) = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 48,54 (8 - 20) = -7 \cdot 10^{-3} \text{ м} = -0,007 \text{ м};$$

$$\Delta d_v = 2D \sin^2 \frac{v}{2} = -2 \cdot 48,5 \sin^2 (2^\circ 12' / 2) = -36 \cdot 10^{-3} \text{ м} = -0,036 \text{ м}.$$

Длина отрезка D с учетом поправок составит

$$D = \Delta d_v + \Delta d_t + \Delta d_k = 48,54 - 0,022 + 0,007 + 0,036 = 48,561 \text{ м}.$$

Задача 123

Общая длина проектной линии $d = 48,54$ м. Первая часть отрезка длины $d_1 = 25$ м имеет превышение $h_1 = 0,6$ м, а на оставшейся части превышение равно $h_2 = 1,2$ м.

Определить поправку за наклон проектной линии к горизонту.
Пример решения. На местности имеются перегибы ската, поэтому поправку за наклон вычисляют по частям проектной линии $d_1 = 25$ м и $d_2 = 48,54 - 25 = 23,54$ м.

Поправка на всю длину линии составит

$$\Delta d_v = \Delta d_{v_1} + \Delta d_{v_2} = -0,007 - 0,061 = -0,068 \text{ м.}$$

Задача 124

Проектная длина стороны здания $d = 146,38$ м. Угол наклона местности к горизонту $v = 6^\circ 46'$. Определить длину D , которую надо перенести на местность.

Задача 125

Длина стороны здания, которую надо отложить на местности, $D = 284,35$ м, температура компарирования $t_0 = +20$, а температура ленты в момент измерения $t = -18$.

Определить поправку Δd_t в длину стороны здания за разность температур.

Задача 126

Уклон местности $v = 5^\circ 30'$, проектная длина $d = 101,28$ м; стальная лента $l = 20$ м имеет погрешность $\Delta l = -0,006$ м; температура при измерении линии $D = 101,055$ м была $t = -3$ °С; температура при компарировании ленты $t_0 = +20$ °С.

Определить поправки в длину откладываемой линии D на местности.

Задача 127

Проектная длина разбивочной оси сооружения $d = 200,00$ м; $\Delta d_v = 2062$ см; $\Delta d_K = -2,0$ см; $\Delta d_t = -2,4$ см.

Определить длину разбивочной оси сооружения с учетом поправок.

Задача 128

Проектная длина линии $d = 500$ мм; масштаб плана 1:1000; превышение между конечными точками линии $h = 2,5$ м.

Определить поправку за наклон линии к горизонту.

Задача 129

Расстояние на местности $D = 200,00$ м; длина 20-метровой стальной ленты $l = 19,95$ м. Определить поправку за компарирование в измеренную длину.

Задача 130

Горизонтальное проложение $d = 30,00$ м; разность превышений концов линии по плану $h = 1$ м; температура компарирования $t_0 = + 10$ С, а температура воздуха при измерении на местности линии $Dt = + 20$ С.

Определить длину линии D , которую следует перенести на местность, с учетом поправок.

Задача 131

Длина горизонтальной проекции проектной линии $d = 511,09$ м; угол наклона $v = 4^\circ 30'$ ($\cos 4^\circ 30' = 0,99692$; $\sin 4^\circ 30' = 0,07845$), длина ленты = 19,986 м; температура измерения $t = +30^\circ$ С, а компарирования $t_0 = 20^\circ$ С.

Определить длину линии D для перенесения ее на местность.

Задача 132

Длина горизонтальной проектной линии $d = 48,54$ м. При этом первая часть линии $d_1 = 25$ м имеет угол наклона $v = 3^\circ 12'$, а вторая часть имеет превышение $h_2 = 1,2$ м ($\cos 3^\circ 12' = 0,99844$; $\sin 3^\circ 12' = 0,05517$).

Определить поправку за наклон проектной линии.

Задача 133

Длина горизонтальной проекции проектной линии AB $d = 200,00$ м. При этом точка A выше точки B на 10 м.

Определить поправку за наклон проектной линии.

Задача 134

Длина линии по проекту $d = 413,26$ м; угол наклона местности к горизонту $v = 3^\circ 45'$ ($\cos 3^\circ 45' = 0,99786$; $\sin 3^\circ 45' = 0,06561$); длина ленты $l = 19,992$ м; температура воздуха при измерении $t = - 10$ °С, а компарирования $t_0 = + 20$ °С.

Определить длину линии для перенесения ее на местность.

8.3. Точность перенесения на местность разбивочных углов расстояний и точек проекта

Способы прямоугольных и полярных координат

Задача 135

Длина привязки точки A к опорному пункту $Md_1=40,00$ м; $l_1= 0,00$ м (рис.62). Относительная средняя квадратическая ошибка отложения на местности этих расстояний $m_d/d = 1:2000$, а средняя квадратическая ошибка построения угла $m_\beta = 30''$.

Определить среднюю квадратическую m_a и предельную ошибку Δ_a перенесения на местность точки A способом прямоугольных координат.

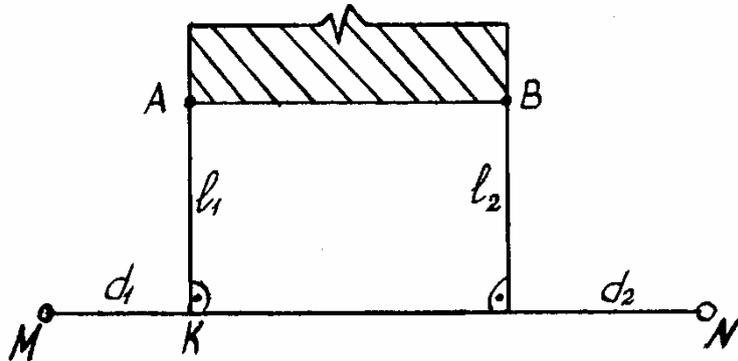


Рис. 62

Пример решения. Вычисляют среднюю квадратическую ошибку m_K в положении точки K относительно опорной точки M , считая угловую ошибку установки вехи при визировании m_v равной $0,5 m_\beta$, т.е. $m_v = \pm 30'' : 2 = \pm 15''$.

$$H_K = \pm \sqrt{\left(\frac{H_\beta}{\rho} \cdot d_1\right)^2 + \left(\frac{H_d}{d} \cdot d_1\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{15}{206265} \cdot 4000\right)^2 + \left(\frac{4000}{2000}\right)^2} = \\ = \sqrt{4,09} = \pm 2 \text{ см.}$$

Вычисляют среднюю квадратическую ошибку m_a в положении точки A относительно опорной точки K :

$$H_B = \pm \sqrt{\left(\frac{H_\beta}{\rho} \cdot M\right)^2 + \left(\frac{H_d}{d} \cdot M\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{30}{206265} \cdot 1000\right)^2 + \left(\frac{1000}{2000}\right)^2} = \\ = \sqrt{0,272} = \pm 0,5 \text{ см.}$$

Вычисляют общую среднюю квадратическую ошибку в положении точки A относительно точек M и K :

$$H_B = \sqrt{H_{d1}^2 + H_{d2}^2} = \sqrt{2^2 + 0,5^2} = \sqrt{4,25} = \pm 2,06 \text{ см.}$$

Вычисляют предельную ошибку Δ_a при перенесении на местность точки A :

$$\Delta_a = 2m_a = \pm 2 \text{ см} \cdot 2 = \pm 4 \text{ см.}$$

Задача 136

Длина привязки точки A к опорному пункту $Md_1 = 72,16$ м (рис.63). Допустимое отклонение $\Delta = \pm 20$ мм. Определить точность отложения угла β_1 и расстояния d_1 при перенесении на местность точки A способом полярных координат.

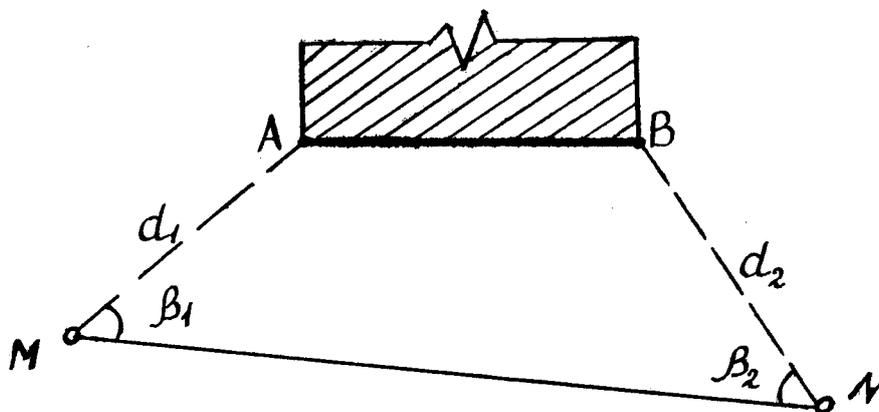


Рис.63

Пример решения. Вычисляют требуемую точность отложения разбивочного угла β_1 :

$$H_{\beta} = \frac{\Delta \rho''}{d_1 \cdot \sqrt{2}} = \frac{20 \cdot 206265}{72160 \cdot \sqrt{2}} = 77'' = 1'17''.$$

Вычисляют абсолютную и относительную точность отложения разбивочного расстояния:

$$H_{d1} \leq \pm \frac{\Delta}{\sqrt{2}} \leq \pm \frac{20}{\sqrt{2}} \pm 14 \text{ мм};$$

$$H_{d1} \leq \frac{\Delta}{d \cdot \sqrt{2}} \leq \frac{20}{72160 \cdot \sqrt{2}} = \frac{1}{1899} \approx \frac{1}{2000}.$$

Задача 137

Длина линии привязки точки A к опорному пункту способом полярных координат $d = 150,00$ м; предельная ошибка перенесения точки A на местность $\Delta = \pm 2$ см.

Определить, с какой точностью надо произвести отложение длины линии привязки и измерение угла $(m_d, m_d/d, m_{\beta})$, чтобы обеспечить перенесение точки A с ошибкой, не превышающей предельную.

Задача 138

Длина линии привязки точки A к опорному пункту способом полярных координат $d = 90,00$ м; средняя квадратическая ошибка построения угла $m_\beta = 30''$, относительная ошибка измерения длины 1:3000.

Определить среднюю квадратическую ошибку отложения длины m_d и положения точки Am_a .

Задача 139

Длина линии привязки проектной точки A к опорному пункту $Md_1 = 50,00$ м; $m_d/d = 1/1000$; точность отложения угла $m_\beta = 30''$.

Определить среднюю квадратическую ошибку m_a перенесения точки A на местность способом полярных координат.

Задача 140

Предельная ошибка перенесения проектной точки на местность способом полярных координат $\Delta = \pm 20$ мм; длина привязки $d_1 = 80$ м.

Определить тип теодолита, который обеспечит заданную точность измерения.

Задача 141

Длина полярного радиуса $d = 283,00$ м; допустимая ошибка $\Delta = \pm 30$ мм.

Определить среднюю квадратическую ошибку отложения на местности полярного угла m_β и полярного радиуса m_d .

Задача 142

Координаты опорного пункта M и угла здания $AX_m = 107,363$ м; $Y_m = 139,783$ м; $X_a = 160,00$ м; $Y_a = 220,00$ м; предельный строительный допуск $\Delta = \pm 20$ мм.

Определить, с какой точностью следует выполнить угловые и линейные построения (m_β и $H_d^{\text{отн}}$) точки A , переносимой на местность полярным способом.

Задача 143

Центр колодца переносится на местность способом полярных координат. Разбивочный угол β построен с ошибкой $m_\beta = 30''$, длина привязки $d = 100,00$ м.

Определить среднюю квадратическую ошибку m_K в положении центра колодца.

Задача 144

Координаты опорного пункта M $X_m = 840,30$ м и $Y_m = 668,10$ м, а переносимой точки A $X_a = 763,60$ и $Y_a = 602,60$ м, строительный допуск $\Delta = \pm 25$ м.

Определить, каким теодолитом требуется построить разби-вочный угол при перенесении точки A на местность полярным способом.

Задача 145

Длина полярного радиуса измерена с относительной ошибкой 1:5000; абсолютная величина ошибки ± 30 мм.

Определить длину полярного радиуса

Задача 146

Длина полярного радиуса 80,00 м, строительный допуск в положении проектной точки $\Delta = \pm 25$ мм.

Определить требуемую точность построения угла и тип теодолита.

Способы прямых угловых и линейных засечек

Задача 147

Длина привязки точки A к опорным пунктам M и N (рис.64) $d_1 = 150,00$ м и $d_2 = 170,600$ м; угол засечки $\gamma = 80^\circ$, а $m_\beta = \pm 30$.

Определить предельную ошибку в положении точки A , выносимой на местность способом угловых засечек.

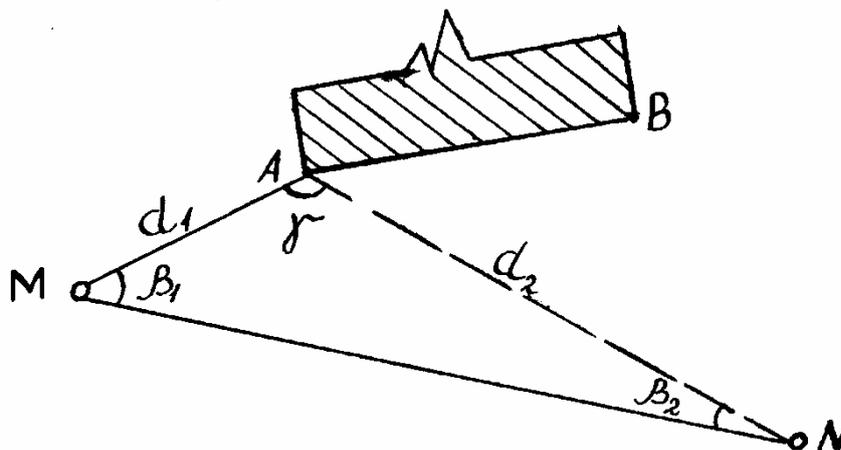


Рис.64

Пример решения. Вначале вычисляют среднюю квадратическую ошибку в положении точки A :

$$\begin{aligned}
 H_B &= \frac{H_\beta}{\rho \cdot \sin \gamma} \cdot \sqrt{d_1^2 + d_2^2} = \frac{30}{206265 \cdot 80} \cdot \sqrt{150^2 + 170^2} = \\
 &= \frac{30}{206265 \cdot 0,985} \cdot 226,7 = \pm 0,033 \text{ м.}
 \end{aligned}$$

Затем вычисляют предельную ошибку в положении точки А:

$$\Delta_a = 2H_B = 0,033 \cdot 2 = 0,065 \text{ м} \approx 0,07 \text{ м} \approx 70 \text{ мм.}$$

Задача 148

Длины привязки точки А к опорным пунктам М и N $d_1 = d_2 = 200,00$ м (рис.64), допустимая ошибка положения точки А $\Delta_a = \pm 10$ мм.

Определить требуемую точность отложения разбивочных углов β_1 и β_2 для перенесения точки А на местность способом угловых засечек.

Пример решения. С учетом того, что длины привязки d_1 и d_2 одинаковы, т.е. вместе с опорной линией MN образован равносторонний треугольник, углы $\beta_1 = \beta_2 = 60^\circ$.

Требуемую точность отложения углов определяют по формуле

$$H_{\beta_1} = H_{\beta_2} \leq \frac{\Delta p \cdot \sin(\beta_1 + \beta_2)}{d_1 \sqrt{1 + (d_2/d_1)^2}} \leq \frac{10 \cdot 206265 \cdot \sin(60^\circ + 60^\circ)}{200000 \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{200}{200}\right)^2}} = 9''.$$

Задача 149

Разбивочные расстояния $d_1 = d_2 = 50$ м (рис.65) даны с ошибкой отложения на местности $m = 1/10000$; угол засечки $\gamma = 60^\circ$.

Определить среднюю квадратическую ошибку m_a перенесения на местность точки А способом линейных засечек.

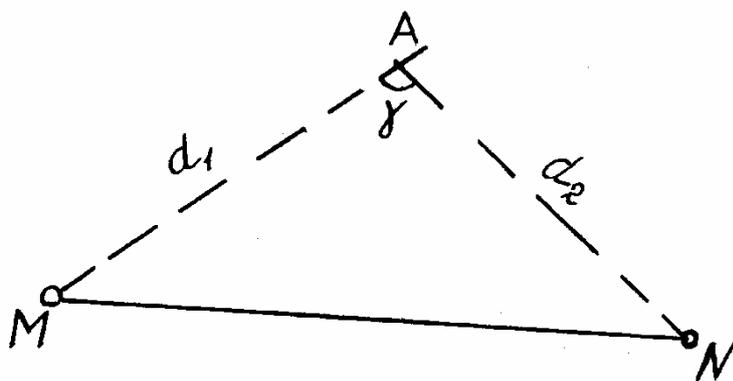


Рис.65

Пример решения. Имеем $\sin 60^\circ = 0,87$. Среднюю квадратическую ошибку перенесения на местность точки А определяют по формуле

$$H_B = \sqrt{\left(\frac{H_d}{d}\right)^2 \cdot \left[\frac{d_1^2 + d_2^2}{\sin \gamma}\right]} = \sqrt{\left(\frac{1}{10000}\right)^2 \cdot \left[\frac{50000^2 + 50000^2}{0,87}\right]} = 8 \text{ мм.}$$

Задача 150

Длины привязки точки A способом угловых засечек $d_1 = 50$ м, $d_2 = 70$ м, угол засечки $\gamma = 60^\circ$, средняя квадратическая ошибка построения углов $m_\beta = 30''$.

Определить среднюю квадратическую ошибку положения точки A на местности.

Задача 151

Длины привязки точки A способом прямых угловых засечек $d_1 = d_2 = 200$ м, угол засечки $\gamma = 90^\circ$. Определить, с какой точностью надо отложить углы засечек m_{β_1} и m_{β_2} , чтобы предельная ошибка положения точки A на местности составляла $\Delta = \pm 20$ мм.

Задача 152

Длины угловых засечек точки A $d_1 = 80$ м и $d_2 = 90$ м, угол засечки $\gamma = 70^\circ$, средняя квадратическая ошибка отложения углов засечек $m_\beta = 30''$. Определить точность перенесения на местность точки A .

Задача 153

Длины угловых засечек точки A $d_1 = d_2 = 200,00$ м. Определить точность отложения разбивочных углов m_{β_1} и m_{β_2} , обеспечивающих предельную ошибку положения точки A на местности $\Delta = \pm 20$ мм.

Задача 154

Разбивочные углы $\beta_1 = 60^\circ$ и $\beta_2 = 70^\circ$ измерены теодолитом Т30, расстояние от опорных пунктов до проектной точки A $d_1 = d_2 = 200,00$ м.

Определить точность перенесения на местность проектной точки m_a .

Задача 155

Ошибка отложения на местности длин линейных засечек проектной точки A $m_d = 0,01$ м, угол засечки $\gamma = 60^\circ$.

Определить среднюю квадратическую ошибку положения точки A на местности.

Задача 156

Длина привязки точки A к опорным пунктам M и N способом угловых засечек $d_1 = d_2 = 100$ м; угол засечки $\gamma = 85^\circ$; средняя квадратическая ошибка отложения углов засечки $m_\beta = \pm 10''$.

Определить точность перенесения на местность точки A .

Задача 157

Ошибка в положении точки при определении ее способом угловых засечек зависит от угла засечки.

Определить, при каком значении угла засечки при прочих равных условиях эта ошибка будет наименьшей. (Сделать анализ формулы точности способа угловых засечек).

Задача 158

Длина угловых засечек точки $Ad_1=d_2=100$ м; угол засечки $\gamma = 85^\circ$; ошибка отложения углов засечек $m_\beta = 10''$. Определить точность перенесения на местность точки А.

Задача 159

Средняя квадратическая ошибка перенесения на местность разбивочного угла $\pm 15''$. Определить, сколько полных приемов необходимо выполнить, если использовать теодолит Т30.

Задача 160

Разбивочные углы $\beta_1 = 60^\circ$ и $\beta_2 = 70^\circ$, расстояние от опорных пунктов до переносимой точки $d_1=d_2=200$ м, строительный допуск в положении проектной точки на местности $\Delta = \pm 20$ мм.

Определить необходимую точность построения углов β_1 и β_2 способом угловых засечек.

9. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

9.1. Перенесение на местность проектной отметки, линии и плоскости

Задача 161

По исходным данным рис.66 и табл.84 привести схему перенесения на местность проектной точки B с вычисленным значением отсчета b , при котором пятка рейки совпадает с проектной отметкой.

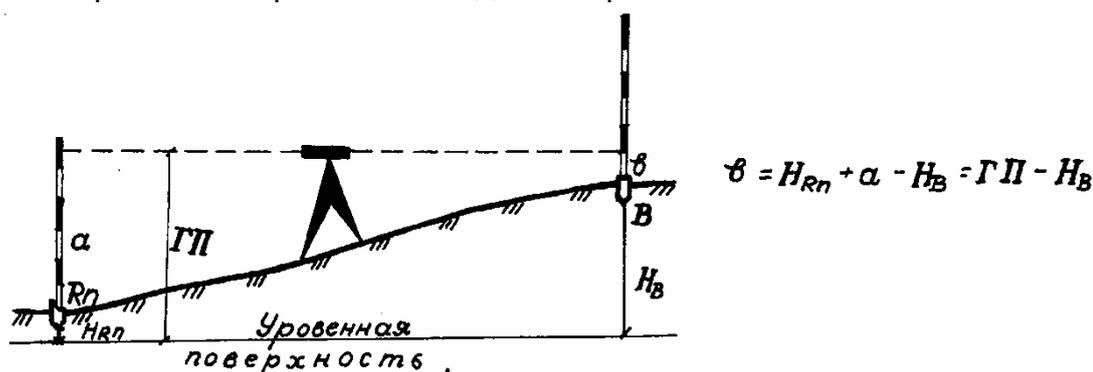


Рис.66. Общая схема и формула
перенесения на местность проектной отметки

Таблица 84

Данные для перенесения на местность проектной отметки

Номер варианта	Отметка репера H_{rp} , м	Проектная отметка точки BH_B , м	Отсчет по рейке на репере a , мм
1	129,013	130,800	2180
2	81,124	82,460	0856
3	115,019	116,000	1107
4	96,461	99,100	0471
5	148,590	147,020	1904
6	109,308	110,640	1365
7	178,901	176,500	0298
8	75,620	77,800	0582
9	156,276	155,310	2204
10	11,628	110,550	1965
11	121,765	123,000	1940
12	144,786	145,550	1567
13	110,111	112,400	2590
14	79,456	80,670	2780
15	94,980	92,450	0890

Задача 162

По исходным данным рис.67 и табл.85 определить отметку точки B и закрепить на местности колья по линии AB так, чтобы верх среза кольев образовал проектный уклон.

Привести схему закрепления проектной линии.

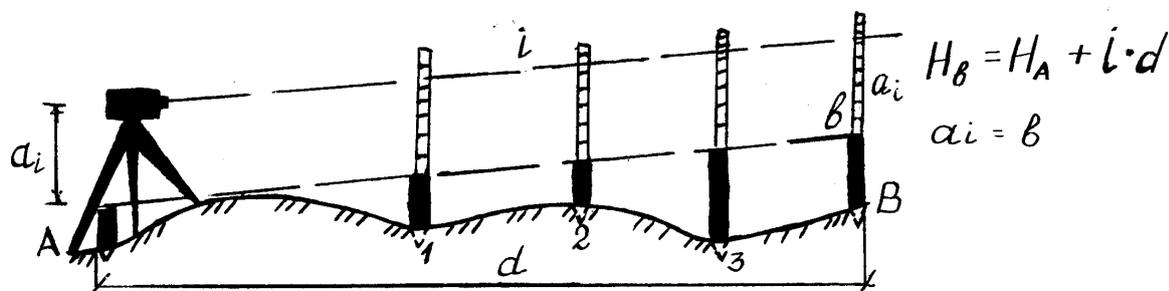


Рис.67. Общая схема и формула перенесения на местность линии с проектным уклоном

Таблица 85

Номер варианта	Отметки точки AH_A	Высота прибора a_i	Проектный уклон i	Горизонтальное проложение d , м	Расстояние между кольями, м
1	109,541	1451	+0,002	24	6
2	51,015	1564	+0,003	32	8
3	168,005	1358	+0,01	16	4
4	141,506	1482	-0,002	40	10
5	96,632	1505	-0,015	12	3
6	89,105	1373	-0,003	80	20
7	115,850	1399	-0,025	60	15
8	182,627	1202	+0,008	48	12
9	136,510	1518	+0,018	36	9
10	121,363	1489	-0,022	32	8
11	97,530	1341	-0,020	15	5
12	114,210	1250	-0,004	70	10
13	161,700	1200	+0,002	12	7
14	172,420	1360	-0,014	14	8
15	180,620	1230	+0,009	50	13

Задача 163

По исходным данным рис.68 и табл.86 для перенесения на местность проектной плоскости определить отметки вершин квадрата H_B, H_C, H_D , а также отсчеты по рейкам в точках B и D , при которых пятка рейки совпадает с вычисленными отметками H_B и H_D для их закрепления на местности.

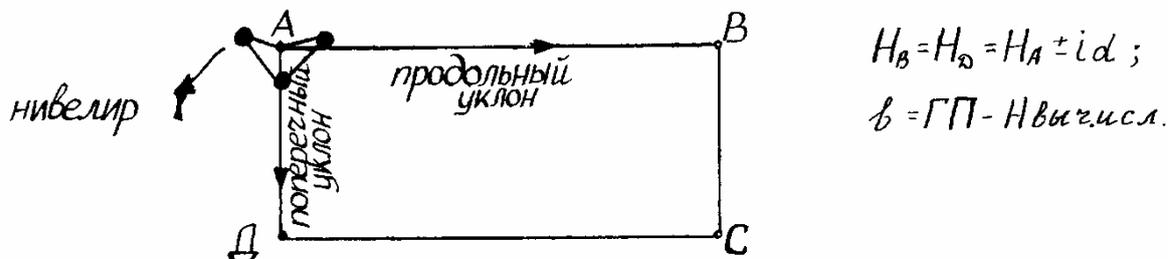


Рис.68. Общая схема и формула перенесения на местность проектной плоскости

Таблица 86

Данные для перенесения на местность проектной плоскости

Номер варианта	Отметка точки AH_A	Поперечный уклон i_{AD}	Продольный уклон i_{AB}	Длина стороны квадрата, м	Отсчет по рейке в точке A , мм
1	98,210	+0,02	+0,013	50,0	1789
2	117,100	-0,018	-0,025	40,0	1925
3	148,500	+0,025	-0,01	80,0	2777
4	106,830	-0,015	+0,02	100,0	2345
5	98,960	+0,003	+0,013	60,0	1225
6	118,600	+0,004	-0,021	50,0	2186
7	145,830	-0,015	-0,008	50,0	1862
8	121,620	-0,006	+0,014	150,0	2368
9	109,321	+0,005	-0,015	120,0	1586
10	138,460	-0,022	+0,01	40	2564
11	95,200	+0,001	+0,010	45,0	1750
12	110,150	-0,015	-0,020	35,0	1900
13	141,800	-0,010	-0,007	30,0	1860
14	135,400	-0,020	+0,002	70,0	2562
15	100,300	-0,008	+0,003	90,0	2400

9.2. Определение и закрепление отметок в котлованах и на монтажных горизонтах

Задача 164

По данным рис.69 и табл.87 определить фактическую отметку точки B верха фундаментной подушки.

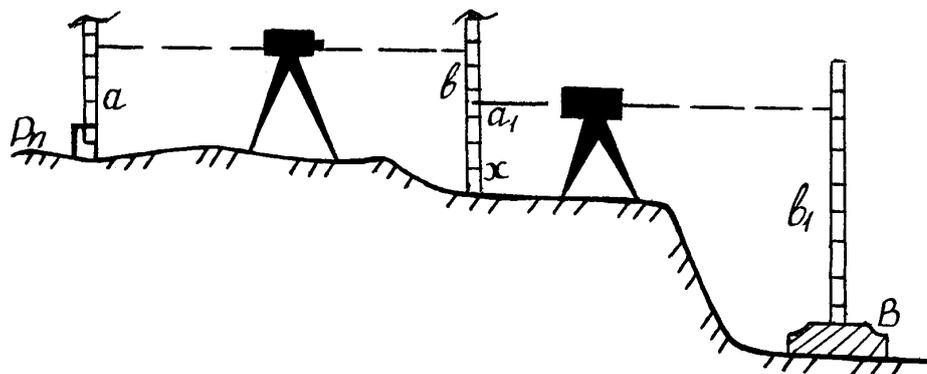


Рис.69. Схема нивелирования точек

Таблица 87

Данные для определения фактической отметки верха фундаментной подушки в точке B

Номер задачи	Отметки репера $H_{рп}$, м	Отсчеты по рейке, мм			
		a	b	a_1	b_1
1	92,020	0310	0740	0682	2810
2	91,700	0860	0965	0895	3756
3	67,230	0525	0617	0614	3250
4	77,777	0370	0493	0475	3051
5	69,090	0402	0803	0701	3333
6	67,850	0501	0709	0650	3297
7	92,700	0903	1020	0930	3302
8	54,300	0860	0965	0890	3656
9	84,770	0415	0512	0504	2950
10	63,230	0325	0431	0456	3370
11	70,500	0380	0490	0470	3050
12	90,700	0900	1025	0950	3305
13	55,300	0870	0970	0895	3650
14	63,200	0320	0430	0450	3380
15	67,500	0500	0700	0655	3300

Задача 165

По данным рис.70 и табл.88 определить отметку дна глубокого котлована.

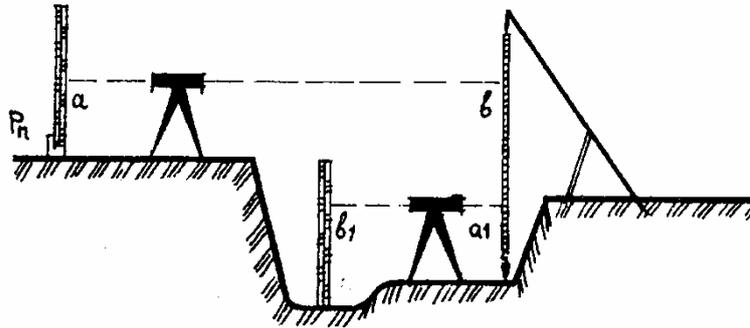


Рис.70. Схема определения отметки
дна котлована

Таблица 88

Данные для определения отметки
дна глубокого котлована

Номер варианта	Отметка репера $H_{рп,м}$	Отсчеты по рейке и рулетке, мм			
		a	b	a_1	b_1
1	92,750	0658	1502	6450	1910
2	33,810	1716	1610	6980	1220
3	75,870	0740	1708	7100	1415
4	32,840	0952	2115	8840	1506
5	41,830	1650	2305	7350	1320
6	82,310	1228	1890	5859	1453
7	27,920	1112	2430	6800	1840
8	67,812	1345	0950	8302	0995
9	98,510	1310	1108	8653	1480
10	76,080	1415	0895	7103	1561
11	90,700	0650	1500	6500	1900
12	35,800	1700	1600	6985	1215
13	45,300	1555	2300	7300	1350
14	95,500	1320	1107	8650	1490
15	75,050	1410	0890	7100	1560

Задача 166

По данным рис.71 и табл.89 для закрепления проектной точки *B* на опалубке для монолитного фундамента определить отсчет по рейке v_1 .

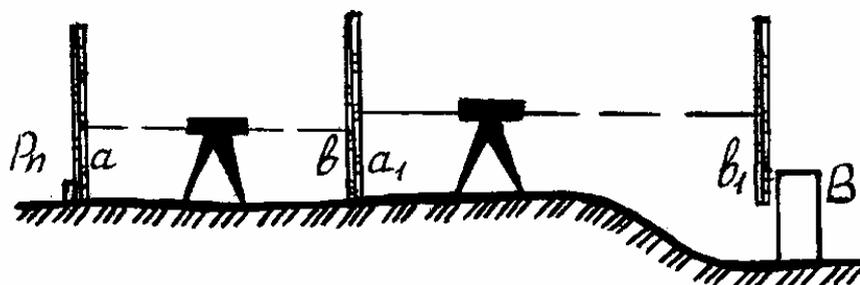


Рис.71. Схема закрепления проектной отметки на опалубке

Таблица 89

Данные для закрепления проектной точки

Номер варианта	Отметки репера $H_{рп}$, мм	Отсчеты по рейке, мм			Отметка т.В по проекту $H_{В,м}$
		a	v	v_1	
1	32,230	1100	0410	0940	31,810
2	35,720	1231	0532	1121	34,120
3	35,810	1242	0601	1211	35,720
4	42,740	1370	0612	1253	35,810
5	43,250	1385	0617	1304	42,740
6	44,110	1401	0777	1401	43,250
7	54,110	2401	1777	2401	52,270
8	53,120	1330	0763	1420	50,040
9	42,740	0370	0612	0253	34,810
10	56,112	0810	0985	1286	55,080
11	57,120	1200	0878	1100	56,110
12	55,150	0910	0915	0910	54,130
13	46,730	0901	0765	0805	44,710
14	33,330	1840	1220	1110	33,120
15	43,630	1230	0990	0880	41,610

Задача 167

По данным рис.72 и табл.90 определить отметку монтажного горизонта 3-го этажа.

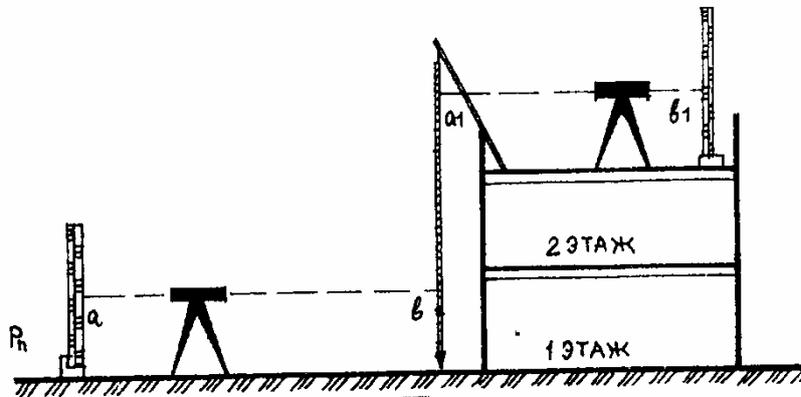


Рис.72. Схема определения отметки монтажного горизонта

Таблица 90

Данные для определения
отметки монтажного горизонта

Номер варианта	Отметка репера $H_{рп}$, м	Отсчеты по рейке и рулетке, мм			
		a	b	a_1	b_1
1	75,920	1925	5540	0830	0856
2	81,330	1180	5421	0956	1107
3	87,750	0830	4761	0321	1471
4	84,220	1225	5477	0897	1904
5	83,310	2186	5684	1125	1365
6	73,710	1586	5720	1896	1204
7	92,700	0930	6341	2020	1181
8	43,710	1586	6720	2896	1204
9	77,440	0930	6342	2021	0180
10	63,230	0325	5420	0957	1108
11	70,900	1900	5550	0820	0850
12	70,700	1580	5710	1790	1200
13	63,200	0320	5410	0950	1100
14	80,200	1220	5470	0890	1900
15	92,300	0910	6345	2025	1180

Задача 168

По данным табл.91 для рытья траншеи между тремя колодцами самотечной канализации определить проектные отметки дна колодцев № 2 и 3. Привести схему закрепления в натуре проектных отметок с определением передних отсчетов на рейке b и b_1 (отсчеты по задней рейке a и a_1 принять самостоятельно).

Таблица 91

Данные для определения и закрепления
в натуре проектных отметок дна колодцев

Номер варианта	Проектная отметка дна колодца № 1	Уклон и расстояние между колодцами			
		№ 1-2, м		№ 2-3, м	
1	108,60	-0,015	60	-0,02	50
2	105,40	+0,013	50	0,02	40
3	120,50	+0,02	60	0,02	30
4	111,40	-0,004	60	0,015	50
5	107,40	-0,004	50	0,003	60
6	125,10	+0,025	30	0,004	50
7	128,60	+0,015	40	0,012	30
8	121,30	-0,006	50	0,018	40
9	106,80	+0,003	40	0,01	25
10	118,90	+0,014	30	0,022	40
11	100,60	-0,010	50	-0,01	45
12	120,30	+0,03	60	0,01	35
13	118,50	+0,009	30	0,02	20
14	107,30	-0,05	55	0,004	65
15	125,20	+0,020	35	0,003	50

Задача 169

По данным рис.73 и табл.92 определить проектные отметки 3-х уровней котлована (№ 1-3) и отсчеты по рейке b , b_1 , b_2 для закрепления в натуре этих отметок.

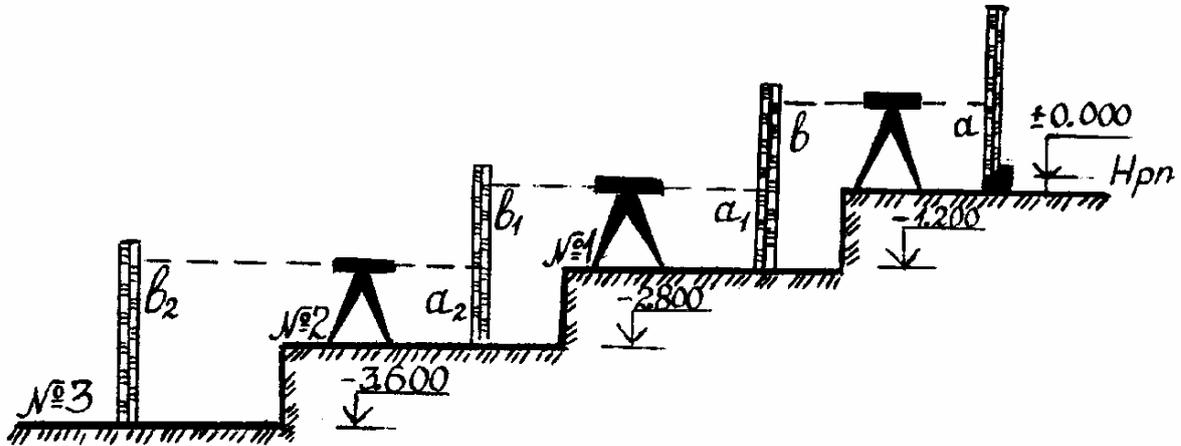


Рис.73. Схема нивелирования уровней котлована

Таблица 92

Данные для определения и закрепления
проектных отметок уровней котлована

Номер варианта	Отметка репера $H_{рп}$, м	Отсчеты по рейке, мм		
		a	a_1	a_2
1	31,820	1100	1410	1640
2	34,120	1210	1520	1001
3	35,720	1231	1532	1121
4	35,810	1242	1601	1211
5	42,740	1370	1612	1253
6	43,250	1385	1617	1304
7	44,110	1401	1777	1401
8	26,220	0830	1210	1565
9	60,120	1110	1440	1460
10	56,800	2150	1540	1620
11	55,800	2100	1500	1600
12	60,100	1100	1450	1470
13	35,800	1240	1600	1200
14	42,700	1350	1610	1250
15	44,100	1400	1770	1402

Задача 170

По данным табл.93 привести схему перенесения от государственной геодезической высотной сети (репера) нулевой отметки уровня чистого пола здания с определением отсчета a по рейке для закрепления ее на рабочем репере стройплощадки.

Таблица 93

Данные для закрепления отметки
чистого пола на рабочем репере

Номер варианта	Отметка государственно- го репера $H_{гр,м}$	Проектная отметка чистого пола здания $H_{п,м}$	Отсчет по рейке a на государствен- ном репере,мм
1	118,40	119,30	0890
2	109,80	110,60	1340
3	96,60	95,80	2050
4	102,20	100,40	0150
5	110,30	108,90	0460
6	86,00	87,10	1602
7	122,30	122,90	1405
8	106,40	108,10	2208
9	113,70	112,80	0960
10	136,60	135,70	1543
11	85,00	87,00	1600
12	100,10	120,40	0130
13	95,50	96,70	2040
14	112,50	113,60	0940
15	117,30	115,20	0860

Задача 171

По данным рис.74 и табл.94 определить проектные отметки 2-го и 3-го уровней строительно-монтажных горизонтов и отсчеты по рейке b и b_1 для закрепления отметок.

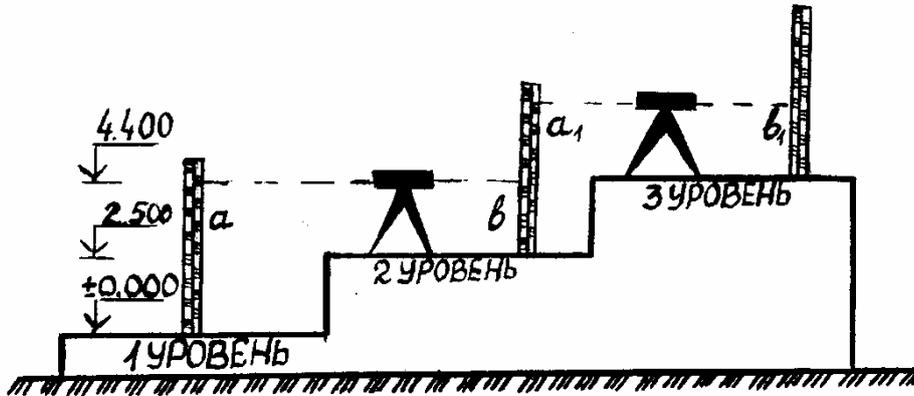


Рис.74. Схема нивелирования монтажных горизонтов

Таблица 94

Данные для определения и закрепления
проектных отметок строительно-монтажных горизонтов

Номер варианта	Проектная отметка 1-го уровня, м	Отсчеты по рейке, мм	
		a	a_1
1	130,60	3850	3280
2	115,80	3892	3366
3	105,60	3916	3295
4	111,80	3848	3373
5	116,40	3790	3249
6	126,80	3816	3305
7	110,30	3765	3410
8	115,50	3940	3377
9	121,30	3756	3291
10	109,70	3805	3408
11	110,80	3840	3370
12	120,60	3810	3307
13	111,50	3750	3360
14	115,30	3890	3360
15	100,10	3600	3405

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инженерная геодезия [Текст]: учебник для студ. высш. учеб. заведений; под ред. Д.Ш. Михелева. – 7-е изд., стер. – М.: Издат. центр «Академия», 2007. – 480 с.
2. Кулешов, Д.А. Инженерная геодезия [Текст]: учебник для вузов / Д.А. Кулешов, Г.Е. Стрельников, Г.Е. Рязанцев. – М.: Картгеоцентр – Геоиздат. 1996. – 304 с.
3. Маслов, А.В. Геодезия [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.В. Маслов, А.В. Гордеев, Ю.Г. Батраков. – М.: КолосС, 2008. – 598 с.
4. Поклад, Г.Г. Геодезия [Текст]: учеб. пособие для вузов / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Академический Проспект; Парадигма, 2011. – 538 с.
5. Перфилов, В.Ф. Геодезия [Текст]: учеб. для вузов / В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогорева, Н.В. Усова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2008. – 350 с.
6. Хаметов, Т.И. Задачи и упражнения по инженерной геодезии [Текст]: учеб. пособие / Т.И. Хаметов, Э.К. Громада, Л.Н. Золотцева. – М.: Изд-во АСВ, 1999 – 142с.
7. Хаметов, Т.И. Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений [Текст]: учеб. пособие / Т.И. Хаметов. – 2-е изд., переб. и доп. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 286 с.

ОТВЕТЫ

№ 1 5. СВ 70°34'. 6. ЮЗ 4°28'. 7. СЗ 89°59'. 8. ЮВ 69°25'. 9. ЮВ 89°58'. 10. СЗ 54°44'. 11. СВ 60°20'. 12. ЮВ 31°25'. 13. ЮЗ 31°42'. 14. СЗ 54°45'. 15. ЮЗ 80°47'.

№ 2. 2. 193°24'. 3. 330°25'. 4. 17°10'. 5. 80°50'. 6. 169°13'. 7. 270°58'. 8. 177°02'. 9. 180°01'. 10. 0°01'. 11. 90°01'. 12. 240°48'. 13. СЗ 66°20'. 14. СВ 10°18'. 15. ЮВ 80°15'.

№ 3. 1. 240°25'. 2. 240°10'. 3. 353°55'. 4. 96°09'. 5. 285°40'. 6. 147°22'. 7. 23°15'. 8. 329°46'. 9. 294°07'. 10. 267°47'.

№ 4. 1. 92°00'. 2. 166°30'. 3. 212°30'. 4. 295°00'. 5. 358°39'. 6. 1°11'. 7. 266°40'. 8. 180°10'. 9. 354°52'. 10. 201°51'. 11. 355°50'. 12. 1°19'. 13. 185°40'. 14. – 40°05'. 15. 357°38'. 16. 180°50'.

№ 5. 2. 3°04'. 3. 0°30'. 4. 3°27'. 5. 2°18'. 6. 1°30'. 7. 3°28'. 8. 1°55'. 9. 4°20'. 10. 1°30'. 11. 2°18'. 12. 2°30'. 13. 1°28'. 14. 1°35'. 15. 1°16'.

№ 6. 5. 7°56'. 6. 0°03'. 7. 74°17'. 8. 358°14'20". 9. 0°37'25". 10. 277°35'. 11. 124°58'. 12. 348°32'20". 13. 30°30'. 14. 0°12'30". 15. 8°14'00".

№ 7. 2. СВ 75°32', СВ 32°38'. 3. ЮЗ 19°05', ЮЗ 3°47'. 4. ЮВ 55°21', СВ 33°51'. 5. ЮВ 19°26', СВ 54°44'. 6. СВ 85°14', СВ 14°59'. 7. СЗ 21' 24, ЮЗ 26°29'. 8. ЮЗ 81' 31, ЮЗ 72°41'. 9. ЮВ 23°35', ЮВ 23°35'. 10. ЮВ 31°27', СВ 27°27'. 11. ЮВ 36°44', ЮВ 38°33'. 12. СЗ 0°41', СЗ 70°28'. 13. СВ 27°14', СЗ 30°58'. 14. ЮВ 3°15', СВ 56°55'. 15. СЗ 84°52', ЮВ 54°34'.

№ 9. 1. 37 м. 2. 280 м. 3. 182 м. 4. 33 м. 5. 625 м. 6. 18000 м. 7. 6,3 м. 8. 230 м. 9. 22,5 м. 10. 505 м. 11. 45 м. 12. 275 м. 13. 800 м. 14. 325 м. 15. 800 м.

№ 10. 1. 199 мм. 2. 77 мм. 3. 242,3 мм. 4. 6 мм. 5. 24,3 мм. 6. Не изображается. 7. 54 мм. 8. 18305 мм. 9. 14,9 мм. 10. 27,8 мм. 11. 169,5 мм. 12. 70 мм. 13. 236,5 мм. 14. 243 мм. 15. 24,3 мм.

№ 13. 1. $\varphi^c = 56^\circ$, $\varphi^{10} = 55^\circ 40'$, $\lambda_3 = 106^\circ 30'$, $\lambda_6 = 107^\circ$. 2. $\varphi^c = 19^\circ 40'$, $\varphi^{10} = 19^\circ 20'$, $\lambda_3 = 14^\circ 30'$, $\lambda_6 = 15^\circ 00'$. 3. $\varphi^c = 39^\circ 40'$, $\varphi^{10} = 39^\circ 20'$, $\lambda_3 = 23^\circ 30'$, $\lambda_6 = 24^\circ 00'$. 4. $\varphi^c = 46^\circ 40'$, $\varphi^{10} = 46^\circ 20'$, $\lambda_3 = 51^\circ 30'$, $\lambda_6 = 52^\circ 00'$. 5. $\varphi^c = 70^\circ 20'$, $\varphi^{10} = 70^\circ 00'$, $\lambda_3 = 25^\circ 30'$, $\lambda_6 = 26^\circ$. 6. $\varphi^c = 58^\circ 00'$, $\varphi^{10} = 57^\circ 40'$, $\lambda_3 = 57^\circ 30'$, $\lambda_6 = 58^\circ 00'$. 7. $\varphi^c = 61^\circ 40'$, $\varphi^{10} = 61^\circ 20'$, $\lambda_3 = 116^\circ 30'$, $\lambda_6 = 117^\circ 00'$. 8. $\varphi^c = 75^\circ 00'$, $\varphi^{10} = 74^\circ 40'$, $\lambda_3 = 70^\circ 00'$, $\lambda_6 = 70^\circ 30'$. 9. $\varphi^c = 10^\circ 40'$, $\varphi^{10} = 10^\circ 20'$, $\lambda_3 = 343^\circ 30'$, $\lambda_6 = 344^\circ 00'$. 10. $\varphi^c = 14^\circ 40'$, $\varphi^{10} = 14^\circ 20'$, $\lambda_3 = 47^\circ 30'$, $\lambda_6 = 48^\circ 00'$. 11. $\varphi^c = 49^\circ 00'$, $\varphi^{10} = 48^\circ 40'$, $\lambda_3 = 83^\circ 30'$, $\lambda_6 = 84^\circ 00'$. 12. $\varphi^c = 54^\circ 40'$, $\varphi^{10} = 54^\circ 20'$, $\lambda_3 = 85^\circ 00'$, $\lambda_6 = 85^\circ 30'$. 13. $\varphi^c = 28^\circ 40'$, $\varphi^{10} = 28^\circ 20'$, $\lambda_3 = 31^\circ 30'$, $\lambda_6 = 32^\circ 00'$.

14. $\varphi^c = 27^\circ 20'$, $\varphi^{10} = 27^\circ$, $\lambda_3 = 35^\circ 30'$, $\lambda_6 = 36^\circ$. 15. $\varphi^c = 7^\circ 20'$, $\varphi^{10} = 7^\circ 00'$, $\lambda_3 = 54^\circ 00'$, $\lambda_6 = 54^\circ 30'$.

№ 14. 1. L-39-108. 2. M-35-46. 3. O-36-06. 4. O-44-125. 5. K-37-61. 6. R-50-122. 7. T-36-129. 8. N-52-110. 9. O-42-126. 10. O-45-133. 11. M-35-129. 12. R-36-29. 13. J-40-42. 14. L-37-125. 15. P-41-125.

№ 15. 1. $\varphi = 54^\circ 42' 02''$, $\lambda = 18^\circ 04' 09''$. 2. $\varphi = 54^\circ 02' 08''$, $\lambda = 18^\circ 05' 45''$. 3. $\varphi = 54^\circ 01' 47''$, $\lambda = 18^\circ 04' 36''$. 4. $\varphi = 54^\circ 01' 18''$, $\lambda = 18^\circ 05' 22''$. 5. $\varphi = 54^\circ 40' 56''$, $\lambda = 18^\circ 04' 56''$. 6. $\varphi = 54^\circ 40' 45''$, $\lambda = 18^\circ 05' 35''$. 7. $\varphi = 54^\circ 40' 28''$, $\lambda = 18^\circ 04' 33''$. 8. $\varphi = 54^\circ 01' 15''$, $\lambda = 18^\circ 04' 34''$. 9. $\varphi = 54^\circ 40' 10''$, $\lambda = 18^\circ 05' 01''$. 10. $\varphi = 54^\circ 40' 15''$, $\lambda = 18^\circ 05' 16''$. 11. $\varphi = 54^\circ 41' 16''$, $\lambda = 18^\circ 04' 16''$. 12. $\varphi = 54^\circ 41' 43''$, $\lambda = 18^\circ 05' 50''$. 13. $\varphi = 54^\circ 41' 25''$, $\lambda = 18^\circ 04' 54''$. 14. $\varphi = 54^\circ 41' 18''$, $\lambda = 18^\circ 04' 41''$. 15. $\varphi = 54^\circ 41' 48''$, $\lambda = 18^\circ 04' 04''$.

№ 16. 1. $x = 6067960$ м, $y = 4311080$ м. 2. $x = 6068180$ м, $y = 4311810$ м. 3. $x = 6067465$ м, $y = 4311540$ м. 4. $x = 6066530$ м, $y = 4312340$ м. 5. $x = 6065870$ м, $y = 4311810$ м. 6. $x = 6065510$ м, $y = 4312520$ м. 7. $x = 6065070$ м, $y = 4311375$ м. 8. $x = 6064650$ м, $y = 4311375$ м. 9. $x = 6064450$ м, $y = 4311850$ м. 10. $x = 6064615$ м, $y = 4312130$ м. 11. $x = 6066510$ м, $y = 4311155$ м. 12. $x = 6067295$ м, $y = 4312860$ м. 13. $x = 6066780$ м, $y = 4311835$ м. 14. $x = 6066610$ м, $y = 4311590$ м. 15. $x = 6067550$ м, $y = 4310990$ м.

№ 19. 1. $v_{a-b} = -0^\circ 57'$; $i_{ab} = -0,017$; $v_{A-B} = -0^\circ 52,6'$; $i_{A-B} = -0,015$. 2. $v_{a-c} = 2^\circ 16,8'$; $i_{ac} = +0,04$; $v_{A-C} = -3^\circ 2,4'$; $i_{A-C} = 0,0266$. 3. $v_{b-z} = -4^\circ 45'$; $i_{b-z} = -0,0833$; $v_{B-\Gamma} = -3^\circ 21'$; $i_{B-\Gamma} = -0,0536$. 4. $v_{e-3} = -4^\circ 45'$; $i_{e-3} = -0,0833$; $v_{E-3} = -3^\circ 21'$; $i_{E-3} = -0,0536$. 5. $v_{\kappa-n} = 0$; $i_{\kappa-n} = 0$; $v_{K-\Pi} = 0^\circ 42,8'$; $i_{K-\Pi} = -0,00125$. 6. $v_{p-c} = -1^\circ 54'$; $i_{p-c} = -0,0333$; $v_{P-C} = -1^\circ 8,4'$; $i_{P-C} = -0,0200$. 7. $v_{m-m} = 7^\circ 48'$; $i_{m-m} = 0,1333$; $v_{M-T} = -3^\circ 48'$; $i_{M-T} = -0,0667$. 8. $v_{o-\kappa} = -2^\circ 16,8'$; $i_{o-\kappa} = -0,040$; $v_{O-K} = -27^\circ 51'$; $i_{O-K} = -0,3833$. 9. $v_{\lambda-p} = -2^\circ 51'$; $i_{\lambda-p} = -0,050$; $v_{\lambda-P} = -3^\circ 10'$; $i_{\lambda-P} = -0,0556$. 10. $v_{\phi-x} = -1^\circ 54'$; $i_{\phi-x} = -0,0333$; $v_{\Phi-X} = 1^\circ 54'$; $i_{\Phi-X} = 0,03833$. 11. $v_{c-\delta} = 5^\circ 42'$; $i_{c-\delta} = 0,1000$; $v_{C-\mathcal{D}} = -3^\circ 43,0'$; $i_{C-\mathcal{D}} = -0,060$. 12. $v_{m-y} = -0^\circ 34,2'$; $i_{m-y} = -0,0100$; $v_{T-Y} = -0^\circ 42,8'$; $i_{T-Y} = -0,0125$. 13. $v_{\pi-e} = -7^\circ 36'$; $i_{\pi-e} = -0,1333$; $v_{\pi-E} = -4^\circ 1,4'$; $i_{\pi-E} = -0,0706$. 14. $v_{\partial-c} = -2^\circ 16,8'$; $i_{\partial-c} = -0,04$; $v_{\mathcal{D}-C} = +1^\circ 25,5'$; $i_{\mathcal{D}-C} = -0,025$. 15. $v_{m-l} = -4^\circ 23,1'$; $i_{m-l} = -0,0769$; $v_{T-\mathcal{L}} = -3^\circ 33,6'$; $i_{T-\mathcal{L}} = -0,0625$.

№ 23. 2. $S_1 = 552064$ м², $S_2 = 448830$ м². 3. $S_1 = 731470$ м², $S_2 = 268490$ м². 6. $S_1 = 849005$ м², $S_2 = 151809$ м². 10. $S_1 = 339060$ м², $S_2 = 662020$ м². 11. $S_1 = 646068$ м², $S_2 = 353432$ м². 14. $S_1 = 581119$ м², $S_2 = 420101$ м².

№ 26. 1. $24^\circ 11,35'$; $0,51'$; $0,2'$. 2. $102^\circ 16,375'$; $0,4'$; $0,2'$. 3. $27^\circ 26,15'$; $0,4'$; $0,2'$. 4. $56^\circ 30,8'$; $1,4'$; $0,6'$. 5. $31^\circ 09,42'$; $0,44'$; $0,197'$. 6. $12^\circ 18,78'$; $0,605'$; $0,27'$.

№ 27. 1.103,06 м; 5,27 см; 2,64 см. 2.80,52 м; 3,36 см; 1,68 см. 3.66,19 м; 17,19 см; 8,6 см. 4.130,496 м; 0,159 мм; 0,071 мм. 5.56,7 м; 19,32 см; 8664 см. 6.42,95 м; 6,2 см; 2,77 см.

№ 28.9,5".

№ 29. 9 раз.

№ 30. 12 раз.

№ 31. 1 м; 0,57 м.

№ 32. 1.0,012 м. 2.0,009 м. 3.0,007 м.

№ 33. 0,95'; 36°25,4'.

№ 34. 1.19 раз; 2.75 раз.

№ 35. 1.0,039 м; 0,006 м; 2 раза. 2.0,031 см; 0,16 см; 10 раз. 3.0,031 м; 0,15 м; 10 раз. 4.0,03 м; 0,015 м; 9 раз. 5.0,015 м; 0,007 м; 2 раза. 6.0,03 м; 0,015 м; 9 раз.

№ 36. 1.5,8". 2.3,12". 3.4,45". 4.7,66". 5.5,7". 6.5,96".

№ 37. 9,8".

№ 38. 1,8 раз; 2,5 раз; 3,33 раза.

№ 39. 0,028 м; 0,016 м.

№ 40. 3,75".

№ 41. 0,57 га; 0,328 га; 0,003; 0,005.

№ 44.19,72 см.

№ 45. 15".

№ 46. 0,335 м.

№ 47. 9,5'.

№ 48. 0,107 м, 0,0005.

№ 49. 4,2 мм.

№ 51. 48,09 см.

№ 52. 15,3".

№ 53. 6,79 см.

№ 54. 0,08 мм.

№ 56. 8,5".

№ 57. 2,5'.

№ 58. 5,66 см.

№ 60. 30°01'32,7"; 7,8".

№ 61. 9".

№ 62. 26,76 м; 5,7 см.

№ 66.3,5".

№ 68. 39,65 м; 3,1".

№69. 1. 117°38', 117°39',117°38,5'. 2. 159°51', 159°50', 159°50,5'. 4. 100°12', 100°11', 100°11,5'. 6. 118°33', 118°34', 118°33,5'. 9. 177°44', 177°44', 177°44'. 11. 111°12',111°13',111°12,3'. 12. 50°22', 50°21', 50°21,5'. 15. 75°34',75°35', 75°34,5'.

№71. 1. -1. 2. -4. 3. -2,5. 4. -0,5. 5. -0,25. 6. -1,5. 7. +2. 8. -3. 9. -0,2. 10. -2. 11. -2. 12. 2. 13. 1. 14. +4. 15. -1.

№ 72. 1. 714. 2. $18^{\circ}22,5'$. 3. $314^{\circ}07,5'$. 4. $17^{\circ}12'$. 5. $-6^{\circ}20'$. 6. $3^{\circ}15,5'$. 7. $-12^{\circ}27,5'$. 8. $8^{\circ}24'$. 9. $10^{\circ}49'$. 10. $-5^{\circ}02'$. 11. $-11^{\circ}10,5'$. 12. $+6^{\circ}24,5'$. 13. $-2^{\circ}41,5'$. 14. $4^{\circ}12'$. 15. $-8^{\circ}23,5'$.

№ 74. 2.252,95 м. 3.166,968 м. 4.234,326 м. 5.185,282 м. 6. 161,729 м. 7.201,755 м. 8. 175,670 м. 9.208,427 м. 10. 166,331 м. 11. 198,87 м. 12. 182,57 м. 13. 214,49 м. 14. 232,78 м. 15. 229,27 м.

№ 76. 2.236,977 м. 3.711,558 м. 4.335,015 м. 5.207,533 м. 6.77,862 м. 7. 120,817 м. 8. 91,668 м. 9. 470,795 м. 10. 64,526 м. 11. 272,640 м. 12. 153,460 м. 13. 305,451 м. 14. 209,841 м. 15. 430,238 м.

№ 77. 2.128,5 м. 3.55,1 м. 4.24,0 м. 5.40,9 м. 6.52,1 м. 7. 88,9 м. 8.121,8 м. 9.96,9 м. 10.72,0 м. 11. 62,26 м. 12. 131,03 м. 13. 34,76 м. 14. 64,86 м. 15. 105,14 м.

№ 79. 2.541,03 м. 4.70,00 м. 5.70,08 м. 6. 20,90 м. 7. 49,35 м. 11. 112,02 м. 12. 39,56 м. 13. 97,07 м. 14. 123,96 м. 15. 146,71 м.

№80. 11. доп. 12. доп. 13. доп. 14. не доп. 15. доп.

№ 83. $(x;y)$ 1.1392,54 м; 802,71 м. 2.565,32 м; 548,78 м. 3.429,08 м; 187,86 м. 4.986,36 м; 1100,20 м. 5.606,26 м; 663,32 м. 6.717,73 м; 201,82 м. 7.-261,81 м; 987,67 м. 8.435,25 м; 1375,88 м. 9.290,98 м; 1041,37 м. 10.735,03 м; 243,83 м. 11.1369,08 м; 283,70 м. 12.875,40 м; 860,90 м. 13.420,63 м; 842,28 м. 14.1576,18 м; 1270,51 м. 15.1388,03 м; 1187,50 м. 16.290,60 м; 264,55 м.

№ 88. $(x;y;\alpha)$ 1.835,82 м; 495,10 м; $329^{\circ}06'$ 2.2681,83 м; 3914,85 м; $7^{\circ}2'00''$ 3.525,86 м; 538,91 м; $344^{\circ}05'4$ 357,00 м; 755,61 м; $72^{\circ}41'$. 5.1260,56 м; 417,58 м; $346^{\circ}39'.6$. -38,39; 343,94 м; $104^{\circ}17'$. 7.705,61 м; 1066,38 м; $270^{\circ}19'$. 8.577,75 м; 96,33 м; $149^{\circ}34'30''$. 9.503,22 м; 349,37 м; $297^{\circ}37'$. 10.1200,12 м; 1304,10 м; $116^{\circ}18'20''$. 11.355,86 м; -156,55 м; $13^{\circ}04'$. 12. 899,95 м; 422,76 м. 13. 902,36 м; 424,43 м. 14. 380,64 м; 619,75 м. 15. 518,57 м; 308,27 м.

№ 89. $(x;y)$ 1.1010,67 м; 1057,92 м. 2.367,49 м. 283,31 м. 3.752,33 м; 149,62 м. 4.0; 149,62 м. 5.1248,47 м; 816,47 м. 6.645,11 м; 272,25 м. 7.581,58 м; -134,06 м. 8.788,87 м; 1003,23 м. 9.768,13 м; 136,03 м. 10.698,37 м; 557,30 м. 11.36,05 м; 269,21 м. 12.482,27 м; 1126,29 м. 13.197,15 м; 170,25 м. 14.828,29 м; 597,12 м. 15.197,66 м; 373,53 м.

№ 91. 2.-5,56 м. 3.-0,39 м. 4.-0,15 м. 6.-2,585 м. 7.-4,38 м. 8.0,63 м. 9.+2,92 м. 10.-5,55 м. 11. 3,88 м. 12. -5,33 м. 13. +2,79 м. 14. +1,45 м. 15. -6,79 м.

№92. 11. 103,91 м. 12. 97,34 м. 13. 102,54 м. 14. 98,81 м. 15. 107,69 м.

№ 93.

2. B42,316 м; 3. B29,343 м; 4. B72,957 м;
 C42,886 м. C28,235 м. C74,216 м.
 5. B62,119 м; 6. B69,686 м; 7. B42,472 м;
 C64,048 м. C69,041 м. C44,073 м.
 8. B39,438 м; 9. B83,951 м; 10. B46,224 м;
 C39,978 м. C83,066 м. C47,112 м.

№ 94. 1. $f_h = -12$ мм < $f_{h_{доп}} = \pm 70$ мм. 2. $f_h = +88$ мм > $f_{h_{доп}} = \pm 85$ мм.
 3. $f_h = +139$ мм < $f_{h_{доп}} = \pm 200$ мм. 4. $f_h = -28$ мм < $f_{h_{доп}} = \pm 70$ мм.
 5. $f_h = +144$ мм < $f_{h_{доп}} = \pm 100$ мм. 6. $f_h = -100$ мм < $f_{h_{доп}} = \pm 111$ мм.
 7. $f_h = +60$ мм < $f_{h_{доп}} = \pm 85$ мм. 8. $f_h = +28$ мм < $f_{h_{доп}} = \pm 70$ мм.
 9. $f_h = -86$ мм < $f_{h_{доп}} = \pm 85$ мм. 10. $f_h = +80$ мм < $f_{h_{доп}} = \pm 100$ мм.
 11. $f_h = +30$ мм > $f_{h_{доп}} = \pm 17$ мм. 12. $f_h = -28$ мм < $f_{h_{доп}} = \pm 20$ мм.
 13. $f_h = -9$ мм < $f_{h_{доп}} = \pm 22$ мм. 14. $f_h = +18$ мм < $f_{h_{доп}} = \pm 41$ мм.
 15. $f_h = -21$ мм < $f_{h_{доп}} = \pm 30$ мм.

№ 96. 7. $x = +8$ мм; $a_{ucnp} = 0772$. 8. $x = -7$ мм; $a_{ucnp} = 0748$. 9. $x = +7$ мм;
 $a_{ucnp} = 2199$. 10. $x = -8$ мм; $a_{ucnp} = 1896$.

№ 97. 7. -9 мм; 0811. 8. $+10$ мм; 1970. 9. $+10$ мм; 2430. 10. $+5$ мм.
 0710.

№ 98. 10 мм.

№ 99. 30''.

№ 100. 2.0; 0,099; 0,9%; 9‰. 3.0; $-0,012$; 1,2%; -12 ‰. 4.0; 0,006; $-0,0$ %;
 -6 ‰. 5.0; 0,014; 1,4%; 14‰. 6.0; $-0,011$; $-1,1$ %; 11‰. 7.0; 0,006; 0,6%; 6‰.
 8.0; 0,006; 0,6%; 6‰. 9.0; $-0,003$; $-0,3$ %; 3‰. 10.0; $-0,012$; $-1,2$ %; -12 ‰. 11.
 $-0,005$; $-0,5$ %; -5 %. 12. $-0,007$; $-0,7$ %; -7 %. 13. $+0,005$; 0,5%; 5%.
 14. $+0,003$; 0,3%; 3%. 15. $-0,0075$; $-0,75$ %; $-7,5$ %.

№ 101. 2.143,76 м; 144,12 м; 144,48 м. 3. 176,30 м; 175,70 м; 175,10 м.
 4.57,48 м; 57,36 м; 57,24 м. 5.45,16 м; 45,02 м; 44,88 м. 6.94,16 м; 93,72 м;
 93,28 м. 7.78,73 м; 79,03 м; 79,33 м. 8.110,24 м; 110,36 м; 110,48 м. 9.84,50 м;
 84,20 м; 83,90 м. 10.63,28 м; 63,16 м; 63,04 м. 11. 72035 м; 72,10 м; 71,85 м.
 12. 51,04 м; 50,76 м; 50,48 м. 13. 63,50 м; 63,60 м; 63,70 м. 14. 140,35 м;
 140,50 м; 140,65 м. 15. 89,95 м; 89,80 м; 89,65 м.

№ 102. (B/1, B/V, A/V) 2.138,70 м; 137,90 м; 137,60 м. 3.173,80 м;
 171,40 м; 172,20 м. 4.112,65 м; 109,45 м; 108,25 м. 5.169,10 м; 177,10 м;
 182,10 м. 6.59,30 м; 58,10 м; 57,70 м. 7.95,84 м; 97,44 м; 99,04 м. 8.65,28 м;
 66,16 м; 65,18 м. 9.77,60 м; 80,00 м; 79,20 м. 10.83,70 м; 79,70 м; 80,70 м.
 (A/2, A/3, A/4, A/5) 11. 119,85 м; 119,70 м; 119,55 м; 119,40 м. 12. 161,14 м;
 161,74 м; 162,34 м; 162,94 м. 13. 88,80 м; 85,60 м; 82,40 м. 14. 69,20 м;
 66,00 м; 65,20 м. 15. 73,10 м; 76,30 м; 78,70 м.

№ 103. (A/1, B3, A3) 600 мм, 800 мм, 200 мм.

№ 105. 2.9,9м³. 3.0,7 м³. 4.40 м³. 5.28,1 м³. 28,4 м³. 6. 11 м³ 7. 27 м³. 8. 238 м³. 9. 342 м³. 10. 28 м³. 11. 321 м³. 12. 23 м³. 13. 134 м³. 14. 220 м³. 15. 37 м³.

№ 106. 2. 8,1 м³; 3.449,4 м³; 4.1047,6 м³; 5.128,8 м³; 16,7 м³. 369,2 м³. 114,4 м³. 59,4 м³. 6. 104 м³; 492 м³. 7. 90 м³; 162 м³; 8. 110 м³; 359 м³. 9. 29 м³; 17 м³. 10. 136 м³; 46 м³. 11. 142 м³; 54 м³. 12. 72 м³; 412 м³. 13. 560 м³; 203 м³. 14. 451 м³; 297 м³. 15. 59 м³; 186 м³.

№107. 1. Да. 2. Да. 3. Нет. 4. Нет. 5. Нет. 6. Нет. 7. Да. 10. Да. 13. Да. 14. Нет. 15. Да.

№ 108. 1. $H^I = 89,920$ м; $H_{np} = 90,280$ м. 2. $H^S = 59,850$ м; $H^II = 61,335$ м. 3. $H^II = 119,636$ м; $H_{np} = 119,256$ м. 4. $H^m = 85,810$ м; $H_{np} = 86,245$ м. 5. $H^S = 96,140$ м; $H_{II} = 95,795$ м; $H_{np} = 95,940$ м. 6. $H^S = 100,735$ м; $H_{np} = 101,760$ м. 7. $H^S = 85,277$ м; $H_{np} = 85,937$ м. 8. $H^S = 74,88$ м; $H_{np} = 75,634$ м. 9. $H^S = 85,415$ м; $H_{np} = 84,945$ м. 10. $H^S = 89,26$ м; $H^II = 90,120$ м. 11. $H^S = 93,566$ м; $H_{np} = 92,876$ м. 12. $H^S = 95,500$ м; $H_{np} = 95,065$ м. 13. $H^S = 64,085$ м; $H_{np} = 63,605$ м. 14. $H^I = 66,935$ м; $H_{np} = 68,060$ м. 15. $H^m = 68,900$ м; $H_{np} = 70,525$ м.

№ 110. 1. 1,00 м. 2. 1,96 м. 3. 2,40 м. 4. 1,10 м. 5. 1,29 м. 6. 1,50 м. 7. 2,35 м. 8. 1,40 м. 9. 2,88 м. 10. 1,45 м. 11. 2,96 м. 12. 1,00 м. 13. 1,65 м. 14. 1,35 м. 15. 2,02 м.

№ 111. 1. 64,92 м. 2. 53,90 м. 3. 45,91 м. 4. 32,52 м. 5. 34,15 м. 6. 85,69 м. 7. 94,07 м. 8. 69,52 м. 9. 48,81 м. 10. 57,20 м. 11. 62,70 м. 12. 83,04 м. 13. 74,48 м. 14. 42,44 м. 15. 64,63 м.

№ 112. 1. 44,75 м. 2. 42,30 м. 3. 56,65 м. 4. 83,51 м. 5. 91,20 м. 6. 89,80 м. 7. 82,00 м. 8. 67,60 м. 9. 35,83 м. 10. 76,76 м. 11. 92,70 м. 12. 73,42 м. 13. 64,75 м. 14. 49,58 м. 15. 46,12 м.

№ 113. 1. ЮЗ:20°20', ЮВ:80°10'. 3. СВ:65°00', СЗ:55°30'. 5. ЮВ:18°30', ЮВ:59°10'. 8. ЮВ:49°35', ЮВ:35°30'. 10. ЮЗ:30°56', ЮВ:37°34'. 12. СВ:40°25', ЮВ:24°25'. 14. ЮЗ:63°55', ЮВ:34°50'. 15. СЗ:5°15', СЗ:89°55'

№ 114. 1. 133°00' пр, 91°40' пр 2. 84° пр, 96°30' пр. 4. 132°25' лев., 90°05' лев. 5. 103°15' пр, 141°00' лев. 7. 96° лев, 85°50' пр 9. 81°10' пр, 138°30' лев. 11. 68°18' пр, 66°16' пр 13. 88°46' лев., 68°38' пр. 14. 93°03' лев., 39°36' лев. 15. 106°45' пр, 49°05' пр.

№ 115. 1. НК = ПК 3 + 20,00; КК = ПК 4 + 77,00; СК = ПК 3 + 98,50. 2. НК = ПК 5 + 55,42; КК = ПК 6 + 63,56; СК = ПК 6 + 09,49. 3. НК = ПК 6 + 98,44; КК = ПК 9 + 07,77; СК = ПК 8 + 03,10. 4. НК = ПК 9 + 53,46; КК = ПК 10 + 68,59; СК = ПК 10 + 11,02. 5. НК = ПК 11 + 13,10; КК = ПК 12 + 93,13; СК = ПК 12 + 03,12. 6. НК = ПК 2 + 81,55; КК = ПК 3 + 75,75; СК = ПК 3 + 28,65.

7. НК = ПК 12+75,22; КК = ПК 14+00,82; СК = ПК 13+38,02.
8. НК = ПК 6 + 84,71; КК = ПК 7 + 89,38; СК = ПК 7 + 37,04.
9. НК = ПК 8+42,92; КК = ПК 9+93,64; СК = ПК 9+18,28.
10. НК = ПК 7 + 60,42; КК=ПК 9 + 06,95; СК = ПК 8+33,68.
11. НК = ПК 13+37,62; КК = ПК 15+05,09; СК = ПК 14+21,36.
12. НК = ПК 4+81,50; КК = ПК 5+49,88; СК = ПК 5+15,69.
13. НК = ПК 2+54,58; КК = ПК 3+76,69; СК = ПК 3+15,64.
14. НК = ПК 9 + 11,03; КК=ПК 10 + 50,59; СК = ПК 9 + 80,81.
15. НК = ПК 11+77,26; КК = ПК 12+81,93; СК = ПК 12+29,60.

№ 116. 1.816,15 м. 2.214,82 м. 3.158,65 м. 4.210,60 м. 5.167,76 м.
6. 197,02 м. 7. 224,84 м. 8. 164,13 м. 9. 371,00 м. 10. 552,49 м. 11. 513,47 м.
12. 181,85 м. 13.613,35 м. 14. 635,98 м. 15. 425,04 м.

№ 117. 1. 1491,82 м. 2. 1584,56 м. 3. 1499,96 м. 4. 1444,14 м.
5. 1446,75 м. 6.1440,99 м. 7. 1423,90 м. 8. 1493,56 м. 9. 1462,28 м.
10. 1534,84 м. 11. 1427,86 м. 12. 1603,34 м. 13. 1570,11 м. 14. 1509,26 м.
15. 1586,30 м.

№ 118. 1. $x = 56,46$ м; $y = 17,47$ м. 2. ПК6 $x = 45,11$ м; $y = 5,15$ м.
4. $x = 59,65$ м; $y = 19,74$ м. 5. ПК7 $x = 62,88$ м; $y = 10,14$ м. 6. $x = 67,50$ м;
 $y = 37,06$ м. 8. $x = 38,43$ м; $y = 7,68$ м. 10. $x = 63,85$ м; $y = 23,03$ м.
12. $x = 35,76$ м; $y = 6,61$ м. 14. $x = 25,54$ м; $y = 3,33$ м. 15. $x = 26,32$ м;
 $y = 3,52$ м.

№ 120 1. СВ $45^{\circ}54'$; 80,03 м. 2. СВ $50^{\circ}00'$; 98,19 м. 3. СВ $26^{\circ}29,1'$;
67,09 м. 4. СЗ $36^{\circ}02,2'$; 62,31 м. 5. ЮВ $45^{\circ}00'$; 36,07 м. 6. СВ $2^{\circ}10,7'$; 52,08 м.
7. СВ $49^{\circ}45,6'$; 95,98 м. 8. СЗ $55^{\circ}36,3'$; 118,11 м. 9. СВ $82^{\circ}00'$; 72,00 м.
10. СВ $18^{\circ}49,2'$; 81,07 м.

№ 121 1. $101^{\circ}11,5'$; 85,20 м. 2. $109^{\circ}6,5'$; 74,10 м. 3. $94^{\circ}30,5'$; 100,86 м.
4. 90° ; 52,47 м. 5. $73^{\circ}45'$; 109,6 м. 6. $104^{\circ}24'15''$; 109,44 м. 7. $159^{\circ}37'20''$ 77,87 м.
8. $110^{\circ}34'$; 90,62 м. 9. $103^{\circ}25'$; 86,40 м. 10. 68,45 м.

№ 124. 145,36 м.

№ 125. -0,13 м.

№ 126. 0,408 м.

№ 127. 200,158.

№ 128. -0,64 м.

№ 129. 0,5 м.

№ 130. 30,02 м.

№ 131. 509,76 м.

№ 132. 0,24 м.

№ 133. 0,25 м.

№ 134. 413,831 м.

№ 135. 6 мм.

№ 137. 1,41 см; 1:10000; 20".

№ 138. 0,03 м; 0,033 м.

№ 139. 9 мм.

№ 140. 4Т30.

№ 141. $15^{\circ}46'$; 21 мм; 7×10^{-5} .

№ 142. 30"; 0,0015.

№ 143. 14,5 мм.

№ 144. Т30 .

№ 145. 150 м.

№ 146. 45,5"; Т30.

№ 147. 41 мм.

№ 150. 0,015 м

№ 151. 15".

№ 152. 0,019 м.

№ 153. 17,86".

№ 154. 0,068 м.

№ 155. 15 мм.

№ 156. 7 мм.

№ 157. 90°

№ 158. 0,007 м.

№ 159. 4 раза.

№ 160. 11,17".

№ 161. 1. 0393 мм. 2. 1520 мм. 3. 0126 мм. 4. 0032 мм. 5. 3474 мм.
6. 0033 мм. 7. 2699 мм. 8. 0076 мм. 9. 3170 мм. 10. 2043 мм. 11. 0705 мм.
12. 0803 мм. 13. 0301мм. 14. 1566 мм. 15. 3420 мм

№ 162. 1. 109,589 м. 2. 51,087 м. 3. 168,165 м. 4.141,426 м. 5. 96,452 м.
6. 88,865 м. 7. 114,35 м. 8.183,011 м. 9. 137,158 м. 10. 120,659 м.
11. 97,230 м. 12. 113,93 м. 13. 161,724 м. 14. 172,610 м. 15. 181,07 м.

№ 163. 1. $H_B = 98,86$ м; $H_D = 99,21$ м; $H_C = 99,86$ м.2. $H_B = 116,10$ м;
 $H_D = 116,38$ м; $H_B = 116,10$ м. 3. $H_B = 147,7$ м; $H_D = 15065$ м; $H_C = 149,7$ м.
4. $H_B = 108,83$ м; $H_D = 150,33$ м; $H_C = 107,33$ м. 5. $H_B = 99,74$ м; $H_D = 99,14$ м;
 $H_C = 99,92$ м. 6. $H_B = 117,55$ м; $H_D = 118,8$ м; $H_C = 117,75$ м. 7. $H_B = 145,43$ м;
 $H_D = 145,08$ м; $H_C = 144,68$ м. 8. $H_B = 123,72$ м; $H_D = 120,72$ м;
 $H_C = 122,82$ м. 9. $H_B = 107,521$ м; $H_D = 109,921$ м; $H_C = 108,121$ м.
10. $H_B = 138,86$ м; $H_D = 137,58$ м; $H_C = 137,98$ м. 11. $H_{\theta} = 95,65$ м;
 $H_D = 1845,2$ м; $H_C = 1749,99$ м. 12. $H_{\theta} = 109,45$ м; $H_D = 2010,15$ м; $H_C = 1900,01$ м.
13. $H_{\theta} = 141,79$ м; $H_D = 2001,8$ м; $H_C = 1860,01$ м. 14. $H_{\theta} = 135,38$ м; $H_D = 2697,4$ м;
 $H_C = 2562,02$ м. 15. $H_{\theta} = 100,292$ м; $H_D = 2500,3$ м; $H_C = 2400,00$ м.

№ 164. 1. 89,46 м. 2. 88,74 м. 3. 64,50 м. 4. 75,08 м. 5. 66,06 м. 6. 64,99 м.
7. 90,21 м. 8. 51,43 м. 9. 82,23 м. 10. 60,21 м. 11. 67,850 м. 12. 88,220 м.
13. 52,440 м. 14. 60,120 м. 15. 64,650 м.

№ 165. 1. 96,45 м. 2. 39,676 м. 3. 80,587 м. 4. 39,011 м. 5. 46,205 м.
6. 86,054 м. 7. 31,562 м. 8. 75,514 м. 9. 105,885 м. 10. 82,142 м. 11. 84,450 м.
12. 30,900 м. 13. 40,505 м. 14. 87,787 м. 15. 68,690 м.

№ 166. 1. 2050 мм. 2. 2420 мм. 3. 1942 мм. 4. 8941 мм. 5. 2582 мм.
6. 2885 мм. 7. 4865 мм. 8. 5067 мм. 9. 7941 мм. 10. 2143 мм. 11. 2432 мм.
12. 1925 мм. 13. 2961 мм. 14. 1940 мм. 15. 3140 мм.

№ 167. 1. 72,279 м. 2. 766 938 м. 3. 82,669 м. 4. 78,961 м. 5. 79,572 м.
6. 70,268 м. 7. 88,128 м. 9. 73, 869 м. 10. 57,984 м. 11. 77,680 м. 12. 4370,7 м.
13. 3743,2 м. 14. 3980,2 м. 15. 4142,3 м.

№ 168. 1. 107,7 м; 106,7 м. 2. 106,05 м; 105,25 м. 3. 121,7 м; 122,3 м.
4. 111,16 м; 110,41 м. 5. 107,2 м; 107,02 м. 6. 125,85 м; 125,65 м. 7. 129,2 м;
129,56 м. 8. 121 м; 120,28 м. 9. 106,92 м; 106,67 м. 10. 119,32 м; 118,44 м.
11. 100,10 м; 49,55 м. 12. 122,1 м. 13. 118,77 м. 14. 107,02 м. 15. 125,90 м;
35,15 м.

№ 169. 1. 30,62 м; 29,02 м; 28,22 м. 2. 32,92 м; 31,32 м; 30,52 м. 3.
34,52 м; 32,92 м; 32,12 м. 4. 34,61 м; 33,01 м; 32,21 м. 5. 41,54 м; 39,44 м;
39,14 м. 6. 42,05 м; 40,45 м; 39,65 м. 7. 42,91 м; 41,31 м; 40,51 м. 8. 25,02 м;
23,42 м; 22,62 м. 9. 58,92 м; 57,32 м; 56,52 м. 10. 55,60 м; 54,00 м; 53,2 м.

№170. 1. 0999 мм. 2. 0540 мм. 3. 2850 мм. 4. 1950 мм. 5. 1860 мм.
6. 0502 мм. 7. 0805 мм. 8. 0508 мм. 9. 1860 мм. 10. 2443 мм. 11. 1060 мм.
12. 2675 мм. 13. 2000 мм. 14. 1490 мм. 15. 2843 мм.

№ 171. 1. 133,1 м; 135,0 м. 2. 118,3 м; 120,2 м. 3. 108,1 м; 110,0 м.
4. 114,3 м; 116,2 м. 5. 11869 м; 120,8 м. 6. 129,3 м; 131,2 м. 7. 112,8 м;
114,7 м. 8. 118,9 м; 119,9 м. 9. 123,8 м; 125,7 м. 10. 112,2 м; 114,1 м.