

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
"Полоцкий государственный университет"

Кафедра прикладной геодезии и фотограмметрии

ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

Методические указания
к лабораторной работе

для студентов-заочников специальности
«Геодезия (1—56 02 01)»

Составитель:
Жиляев В.В.

Новополоцк 2012

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания составлены применительно к типовой программе курса основы инженерных изысканий). Содержат общие методические указания, задания на лабораторную работу и пояснения по их выполнению. При разработке методических указаний учитывались возросшие требования к качеству подготовки специалистов, вытекающие из реальной действительности и научно-технического прогресса.

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Основы инженерных изысканий» освещает цель, виды и содержание инженерных изысканий, классификацию инженерных объектов, сооружений. Рассматривает инженерно-геодезическую основу изысканий их классификацию и методы создания. Излагает требования к расположению и закреплению на местности пунктов инженерно-геодезических построений. Содержит информацию о системах координат в инженерно-геодезических работах, о составе и видах инженерных изысканий для строительства различных инженерных объектов, стадиях проектирования и точности изысканий, также о составе документации, методах и технологиях изысканий. Рассматриваются особенности инженерно-геодезических построений, пути уменьшения искажений в них, особенности выполнения крупномасштабных инженерно-геодезических съемок.

Задачей лабораторной работы является освоение методов построения инженерно-геодезических сетей, рассмотрение изысканий по видам изучаемых условий с последующим их учетом при проектировании и строительстве тех или иных сооружений.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Лабораторная работа состоит из четырех задач. К ее выполнению следует приступать после усвоения тех разделов геодезии, на материале которых оно основано. Работа должна быть выполнена полностью, перед изложением решения задачи следует написать условие задачи, причем их решения должны быть изложены в той же последовательности, как и задание. Решения задач должны быть представлены вместе со всеми промежуточными преобразованиями и сопровождаться краткими и четкими пояснениями. Работа, в которой даны только одни ответы задач, не зачитывается.

При решении задач необходимо строго следить за размерностями. Чертежи выполнять аккуратно, в удобном масштабе, с сохранением действительной ориентировки.

Писать лабораторную работу нужно разборчивым четким подчерком или набирать на ПЭВМ. Неверные записи можно аккуратно зачеркнуть. Нельзя допускать произвольное сокращение слов или обозначений. Все страницы должны быть пронумерованы. Необходимо на последней странице представить перечень использованной литературы. Работа должна быть подписана автором.

На обложке тетради следует указать фамилию, инициалы, шифр, специальность, наименование дисциплины, номер варианта.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

1. Вычисление координат ственных знаков полигонометрии

Пункты планового обоснования инженерно - геодезических сетей закрепляются обычно знаками, имеющими особенности в конструкциях, местах расположения и способах использования. Так, насыщенность городских проездов подземными сетями, необходимость периодического ремонта и реконструкции улиц затрудняют закладку грунтовых знаков пунктов полигонометрии. Часто их закрепляют ственными знаками различных конструкций. При этом возникает задача привязки

полигонометрических ходов к этим знакам, так как непосредственное центрирование теодолита на знаке исключается - центры знаков расположены, как правило, на расстоянии 3-4 см от стены или цоколя здания.

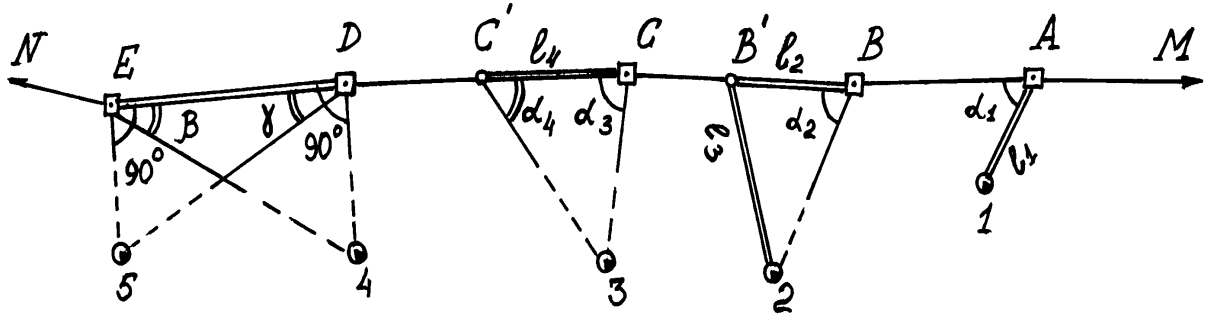


Рис.1. Схема привязки ственных знаков

Исходными данными для выполнения лабораторной работы служат координаты точек полигонометрического хода (см. табл. 1). Кроме того, на схеме указаны результаты угловых и линейных измерений, выполненных на точках хода для вычисления координат ственных знаков.

Для индивидуального выполнения лабораторной работы каждым студентом размеры отрезков изменяются в соответствии с формулой

$$l_i^k = l_{исх.} + 10_{мм} \cdot k, \quad (3)$$

где k - номер варианта.

Таблица 1

Каталог координат пунктов полигонометрического хода и элементы привязки ственных знаков

Название точек	Координаты, м		Элементы привязки	
	X	Y	угловые	линейные
A	16385,789	10285,594	$\alpha_1 = 44^{\circ}33'18''$	$l_1 = 2.725 \text{ м}$
B	16311,658	10131,602	$\alpha_2 = 56^{\circ}17'18''$	$l_2 = 9.268 \text{ м}$
C	16249,654	10027,765	$\alpha_3 = 85^{\circ}14'42''$	$l_3 = 8.864 \text{ м}$
Д	16167,690	9894,255	$\alpha_4 = 41^{\circ}38'30''$	$l_4 = 13.434 \text{ м}$
E	16081,394	9792,002		

Аналогично значение углов β и γ при точках Д и Е определяются для каждого варианта по формулам.

$$\left. \begin{aligned} \beta^k &= 0^{\circ}17'36'' + 10'' \cdot k \\ \gamma^k &= 0^{\circ}25'41'' - 10'' \cdot k \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Последовательность выполнения работы. Используя данные табл.7 и формулы 3 и 4 получаем линейные элементы привязки ственных знаков к пунктам полигонометрии по своему варианту. А затем, применяя известные формулы для ре-

шения прямой геодезической задачи, следует вычислить координаты ственных знаков. При этом значения отрезков $B2, C3, D4, E5$ можно получить после решения соответствующих треугольников: $BB'2, CC'3, DE4, DE5$. Дирекционные углы сторон полигонометрического хода находят по формулам обратной геодезической задачи.

Например, для ственного знака 3

$$\left. \begin{aligned} X_3 &= X_C + \Delta X_{C3}; Y_3 = Y_C + \Delta Y_{C3}; \\ \Delta X_{C3} &= l_{C3} \cos \alpha_{C3}; \Delta Y_{C3} = l_{C3} \sin \alpha_{C3}; \\ \alpha_{C3} &= \alpha_{CD} - \alpha_3; l_{C3} = l_4 \frac{\sin \alpha_4}{\sin(180^\circ - \alpha_3 - \alpha_4)}; \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Далее, применяя формулы для решения обратной геодезической задачи, должны быть получены длины линий и дирекционные углы между центрами ственных знаков. Их необходимо занести в каталог ственных знаков полигонометрии с указанием координат, длин линий (с точностью до миллиметров) и их дирекционных углов (с точностью до секунд).

2. Применение угловой засечки в инженерно-геодезических работах

При проведении изысканий широкое применение находит угловая засечка. Она используется при определении планового положения точек геологических выработок, гидрометрических створов, буровых скважин; для привязки полигонометрических и теодолитных ходов; выноса в натуру осей зданий; для определения неприступных расстояний, кренов и наклонов высотных сооружений, диаметров дымовых труб и резервуаров;

В случае привязки полигонометрических или теодолитных ходов к пунктам триангуляции, расположенным на зданиях, или в случаях, когда координаты пункта отнесены к выдающемуся местному предмету (шпиль здания, колокольня церкви и т.п.), не допускающему непосредственной установки теодолита над центром, возникает необходимость снесения координат на точку расположенную на земле.

На рисунке 2 представлена схема передачи координат вершины знака пункта триангуляции A на точку P .

Исходными данными для выполнения работы служат координаты пунктов триангуляции A, B, C , а также результаты измерения базисов b_1 и b_2 , углов $1, 2, 3, 4$ и δ .

Для решения этой задачи необходимо определить расстояние AP и дирекционный угол этой линии α_{AP} . Определение расстояния производится из двух треугольников API и $APII$, в которых измеряются базисы PI и PII , и углы при них $1, 2$ и $3, 4$. Для определения дирекционного угла при точке P измеряется угол δ между направлениями на пункты A и B .

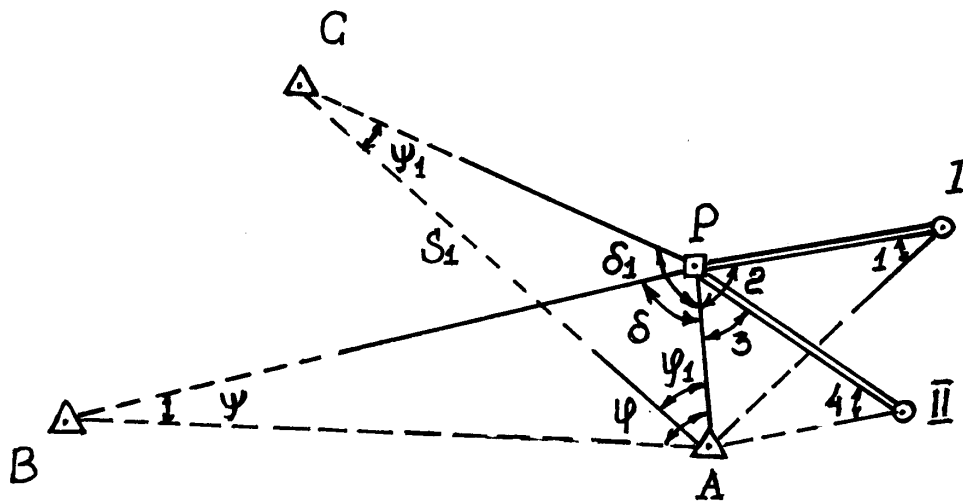


Рис.2. Схема передачи координат

В целях контроля правильности определения положения (координат) снежного центра P при нем должен быть измерен угол на второй пункт триангуляции C . В случае отсутствия видимости с земли на второй пункт необходимо измерить угол на пункт триангуляции B при другом конце одного из базисов (при точке I или II).

Последовательность выполнения работы. Из треугольников API и $APII$ вычисляются два значения сторон $AP = d$ по формулам

$$d_1 = b_1 \frac{\sin 1}{\sin(1+2)};$$

$$d_2 = b_2 \frac{\sin 4}{\sin(3+4)};$$
(6)

и берется в дальнейших вычислениях среднее арифметическое значение.

Затем определяются вспомогательные углы ψ и φ

$$\sin \psi = \frac{d_{cp.} \sin \delta}{S_{AB}};$$

$$\varphi = 180^\circ - (\psi + \delta)$$
(7)

Вычислив значение дирекционного угла $\alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \varphi$ и используя известные формулы для решения прямой геодезической задачи, находят приращение координат и координаты определяемого пункта P .

Для проверки вычислений из решения обратной геодезической задачи определяется дирекционный угол α_{PB} .

Разность дирекционных углов α_{PB} и α_{PA} должна дать измеренный угол δ , на основании которого производились вычисления координат точки P . Расхождение измеренного и вычисленного значений угла δ не должно превышать $5''$.

В целях контроля правильности определения положения точки P (полевых измерений) определяется дирекционный угол α_{PC} . Разность дирекционных углов α_{PC} и α_{PA} должна дать измеренный угол δ_1 в пределах двойной точности измерения углов.

Для выполнения работы по вариантам каждый студент индивидуально определяет значения углов δ и δ_1 из соотношений

$$\delta = 72^{\circ}17'42'' + k'; \quad \delta_1 = 138^{\circ}57'42'' + 1,055 \cdot k; \quad (8)$$

где k - номер варианта.

При значении изменения величины δ_1 по каждому варианту округляется до целых значений секунд. Например, для варианта 25 значения углов будут: $\delta = 72^{\circ}42'42''$; $\delta_1 = 139^{\circ}24'04''$.

Все вычисления предлагается производить в табл. 2–5.

Таблица 2

Вычисление расстояний

№№ углов	Названия углов	Углы, ° ' "	Стороны, м
1	I	38 26 00	$b_1=532,24$
2	P	70 08 54	$d_1=$
3	P	87 28 00	$b_2=396,75$
4	II	42 26 36	$d_2=$

Таблица 3

Вычисление вспомогательных углов

$d_{ср.}$		ψ	
δ		$\psi + \delta$	
S_{AB}	10550,96	φ	

Таблица 4

Вычисление координат

α_{AB} α_{AP}	262°07'51''
X_P X_A	+7049,75
Y_A Y_P	+17577,28

Контроль измерений и вычислений

Y_B	+7125,68	Y_C	+14 428,51
Y_P		Y_P	
X_B	+5605,18	X_C	+ 12 317,49
X_P		X_P	
α_{PB}		α_{PC}	
α_{PA}		α_{PA}	
$\delta_{выч.}$		выч. δ_1	
$\delta_{исх.}$		исх. δ_1	

3. Оценка точности проекта триангуляции

При развитии инженерно–геодезических сетей методом триангуляции наиболее типичными построениями являются цепи треугольников, центральные системы, вставки в треугольники и др. Для вычисления ожидаемой точности отдельных элементов построения применяются различные методы оценки проектов, зависящие, главным образом, от геометрических характеристик построения.

Если геодезическое обоснование проектируется в качестве свободных сетей, то для уравнивания результатов измерений чаще всего применяется коррелятный метод, а оценку точности проектов производят путем составления уравнений для определения веса функций измеренных величин.

При создании геодезического обоснования вставкой одного или нескольких пунктов в существующую сеть для уравнивания обычно применяют параметрический метод, а оценку точности проектов такой сети производят способом весовых коэффициентов.

Существуют строгие и приближенные методы оценки проектов. Результаты приближенной оценки близки результатам строгой оценки.

В лабораторной работе предлагается произвести оценку проекта вставки в сеть треугольников триангуляции 2 класса одного пункта триангуляции 3 класса и двух пунктов триангуляции 4 класса способом последовательных приближений.

На рис.13 представлена схема сети, в которой. A, C, D, E – пункты триангуляции 2 класса, B - пункт триангуляции 3 класса и $1, 2$ – пункты триангуляции 4 класса. Здесь же даны измеренные длины сторон в километрах, а исходные значения дирекционных углов направлений представлены в табл. 6.

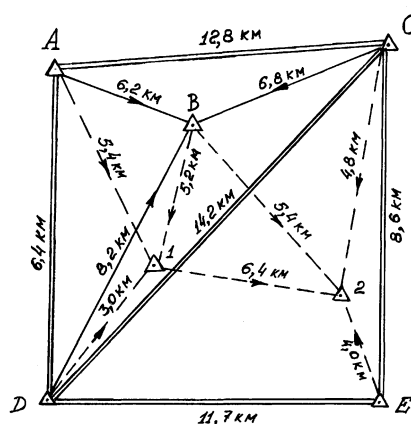


Рис. 3 Схема сети триангуляции

Таблица 6

Дирекционные углы направлений сети триангуляции

Наименование направления	Дирекционный угол направления	Наименование направления	Дирекционный угол направления
$A - B$	84°	$D - 1$	42°
$A - 1$	137°	$B - 1$	208°
$C - B$	250°	$B - 2$	115°
$C - 2$	198°	$E - 2$	345°
$D - B$	33°	$I - 2$	85°

Каждый студент в соответствии с номером выданного ему варианта задания изменяет значение дирекционных углов на величину $6^0 \cdot k$, где k - номер варианта. Так, например, для варианта 5 значения дирекционных углов будут: $\alpha_{A-B}=114^\circ$; $\alpha_{B-1}=238^\circ$ и т.д.

Последовательность выполнения работы. Предварительно необходимо оценить положение пункта B триангуляции 3 класса, определенного вставкой в треугольник триангуляции 2 класса, по формуле (9) проф. К.Л. Проворова, приняв средняя квадратическую погрешность измерения угла $m_\beta = 1.5''$ соответствующую триангуляции 3 класса.

$$M = \frac{m_\beta}{\rho} \sqrt{\frac{a^2b^2 + a^2c^2 + b^2c^2 + a^2S_\alpha^2 + b^2S_\beta^2 + c^2S_\gamma^2}{8(a^2 \sin^2 \alpha + b^2 \sin^2 \beta + c^2 \sin^2 \gamma + ab \sin \alpha \sin \beta + bc \sin \beta \sin \gamma + ac \sin \alpha \sin \gamma)}} \quad (9)$$

Величину ожидаемой погрешности положения пункта M_B следует получить в миллиметрах. Так как, $M = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$ и $m_x = m_y$, можно найти

$$m_x = m_y = \frac{M}{\sqrt{2}}. \quad (10)$$

Далее следует оценить положение пунктов 1 и 2 триангуляции 4 класса относительно пунктов триангуляции старших классов способом последовательных приближений.

Сначала вычисляются весовые характеристики по всем направлениям (табл.7).

Таблица 7

Весовые характеристики направлений

Наименование направления	Дирекционный угол, °	Длина стороны S , дм	a	b
$A-1$	149	54000	-2,0	-3,3
$B-1$ $2-1$ $D-1$ $1-2$ $B-2$ $C-2$ $E-2$	Вычисляем и вписываем в таблицу значения весовых характеристик по всем направлениям, согласно своего варианта			

Суммарные ожидаемые средние квадратические погрешности положения пункта 1 , с учетом всех направлений на этом пункте, подсчитываются в табл. 8.

Таблица 8

Первое приближение

Наименование направления	X			Y		
	a	a^2	m_{xi}^2	b	b^2	m_{yi}^2
Определяемый пункт 1						
$A-1$	-2,0	4,00	1,0000	-3,3	10,89	0,3673
$B-1$ $2-1$ $D-1$						
	$\sum a^2$			$\sum b^2$		

В первом приближении ставится условие, что все пункты оцениваемой сети не имеют погрешностей в координатах. Ожидаемые погрешности определения пунктов по отдельным направлениям вычисляются по формулам (11) и (12), причем средняя квадратическая погрешность измерения угла $m_{\beta} = 2.0''$ соответствует триангуляции 4 класса.

$$a = -\frac{\rho \cdot \sin \alpha}{S}; \quad b = \frac{\rho \cdot \sin \alpha}{S}. \quad (11)$$

$$m_{xi}^2 = \frac{m_{\beta}^2}{a_i^2}; \quad m_{yi}^2 = \frac{m_{\beta}^2}{b_i^2}, \quad (12)$$

Суммарные ожидаемые ошибки с учетом всех направлений вычисляются по формулам (13), их размерность – дециметры.

$$M_x^2 = \frac{m_\beta^2}{2\sum a^2}; \quad M_y^2 = \frac{m_\beta^2}{2\sum b^2}. \quad (13)$$

Аналогичные вычисления выполняются для определяемого пункта 2, причем в обработку берутся направления: 1–2, B–2, C–2, E–2.

Во втором и последующих приближениях учитываются ожидаемые погрешности определения координат пунктов из предыдущего приближения, а также погрешности m_x, m_y в положении пункта B, полученные по формуле (9). Эти вычисления можно свести в табл.9.

Таблица 9

Ожидаемые погрешности положения с учетом погрешностей
исходных данных

Направление	X				Y			
	m_{xi}^2	m_{yix}^2	$(m_{xi}^2)_{2np}$	A^2	m_{yi}^2	m_{yix}^2	$(m_{yi}^2)_{2np}$	B^2
A–1	1,0000	–	1,0000	4,0000	0,3673	–	0,3673	10,8903
B–1	0,6400	0,1089	0,7489	5,3412	0,4444	0,1089	0,5533	7,2294
2–1 D–1	Пример записи в таблице показывает, сколько знаков нужно удерживать в вычислениях							

Процесс вычисления продолжается до тех пор, пока результаты последнего приближения не совпадают с результатами оценки в предыдущем приближении.

Затем вычисляют ожидаемые ошибки M_1 и M_2 в положении пунктов 1 и 2 по формулам:

$$M_1 = \sqrt{m_{x1}^2 + m_{y1}^2}; \quad (14)$$

$$M_2 = \sqrt{m_{x2}^2 + m_{y2}^2};$$

В заключении следует определить ожидаемую погрешность m_{S1-2} слабой стороны сети триангуляции по формуле

$$m_{S1-2} = \sqrt{M_1^2 + M_2^2} \quad (15)$$

и относительную погрешность $\frac{m_S}{S}$, которая сравнивается с допустимой

$$\left(\frac{m_S}{S} \leq \frac{1}{70000} \text{ – для триангуляции 4 класса}\right).$$

Все вычисления рекомендуется выполнять по схеме, представленной в [4,16].

4. Вычисление координат пунктов строительной сетки в частной и геодезической системах координат

Проектирование строительной сетки обычно осуществляется на генеральном плане. Координаты пунктов строительной сетки задают в частной системе координат, но, осуществляя привязку строительной сетки к пунктам государственной геодезической сети, возникает необходимость перерасчета координат из частной в геодезическую систему координат.

Исходными данными для выполнения лабораторной работы являются топографическая карта масштаба 1:10000, координаты исходных пунктов (табл.10) и схемы строительной сетки (рис.4).

Таблица 10

Каталог координат исходных пунктов

Название пункта	Координаты, м	
	X	Y
г. Малиновская	6064774,8	4311904,3
точка О	6064442,0	4312458,0
Снов	6064380,2	4313572,1

Схема строительной сетки предлагается преподавателем. Согласно номеру варианта вычисляется значение угла разворота условной оси А относительно северного направления координатной сетки: $\theta = 315^\circ 00' + 20'k$, где k – номер варианта.

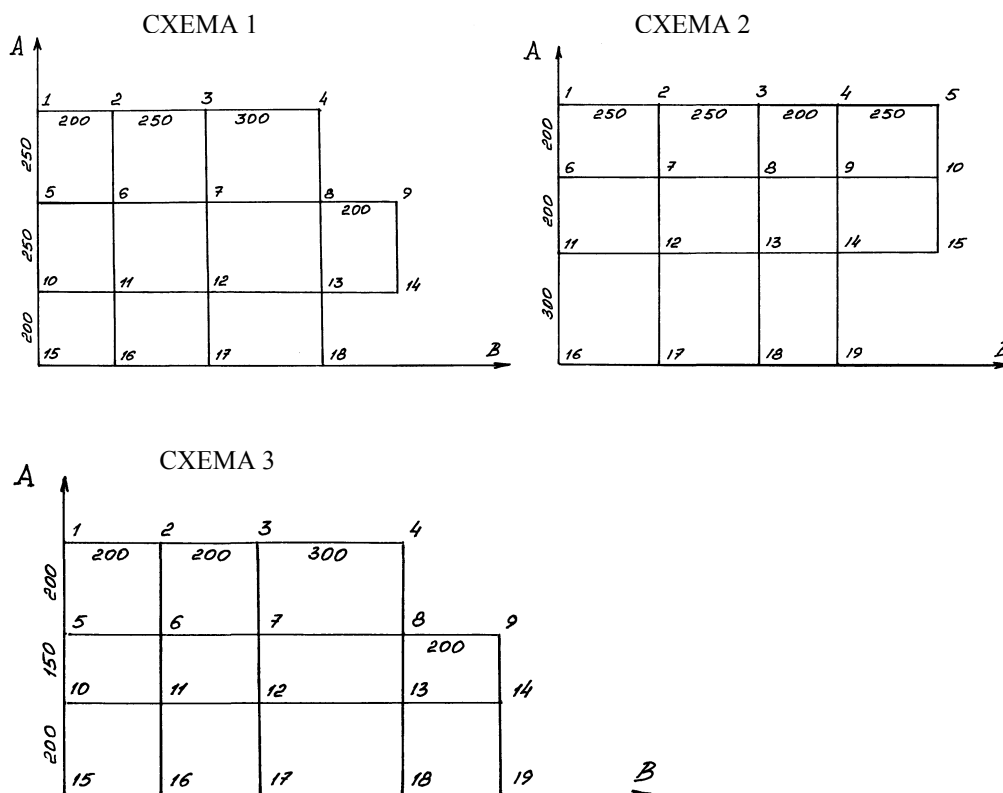


Рис. 4. Схемы строительной сетки

Последовательность выполнения работы. Сначала на топографической карте необходимо запроектировать полигонометрический ход 1 либо 2 разряда между исходными пунктами, чтобы он обязательно проходил через точку О – начало частной системы координат строительной сетки. Координаты запроектированных пунктов определить по карте с точностью до целого метра, из решения об-

ратной геодезической задачи вычислить дирекционные углы и горизонтальные проложения сторон хода и нанести их в каталог обычной формы.

Затем по известным длинам сторон (указаны на схемах) необходимо определить координаты пунктов строительной сетки в частной системе координат.

Далее производим перевычисление координат из частной в геодезическую систему координат по формулам

$$\begin{aligned} X &= X_0 + A \cos \theta - B \sin \theta \\ Y &= Y_0 + A \sin \theta + B \cos \theta \end{aligned} \quad (12)$$

где X_0, Y_0 – геодезические координаты точки О.

Координаты пунктов строительной сетки занести в каталог (табл.11).

Таблица 11

Каталог координат пунктов строительной сетки

№ пункта	Частные координаты, м		Геодезические координаты, м	
	A	B	X	Y
1	700	0	6065010,7	4312049,9
...

Список литературы

1. Видуев Н.Г., Полищук Ю.В. Инженерные изыскания: Учеб.пособие для вузов. Киев, Вища школа, 1979.
2. Глумов В.П., Горев В.В., Мельников С.Р., Царев В.М. Области применения спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС и GPS в народном хозяйстве. — Бюллетень «ГЛОНАСС Инфо», — М.: КНИЦ ВКС, 1994 г., № 1 (1), стр. 27–30.
3. Геодезия. Топографические съемки: справочное пособ. под ред. В.П.Савиных и В.Р.Ященко. М., Недра,1991.
4. Журнал "Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации". – М., 1998 г., №1(18)
5. Климов О.Д. Практикум по прикладной геодезии. Изыскания, проектирование и возведение инженерных сооружений. М., Недра,1991.
6. Левчук Г.П., Новак В.Е., Конусов В.Г. Прикладная геодезия. Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ. – М., Недра,1981.
7. Левчук Г.П., Новак В.Е., Лебедев Н.Н. Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений. М., Недра, 1983.
8. Михелев Д.Ш. Инженерная геодезия. М., Высшая школа, 2001.
9. Справочник по геодезическим разбивочным работам / Г.В.Багратуни, В.Ф.Лукьянов, Я.А.Сокольский, А.Н.Сухов. М., Недра, 1982.
10. Нестеренок М.С., Нестеренок В.Ф., Позняк А.С. Геодезия. Минск "Университетское",1993.
11. СНБ 1.02.01–96 Инженерные изыскания для строительства. Минск,1996.
12. СНиП 11–02–96 Инженерные изыскания для строительства. М.,1996.