

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,  
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ВДНЗ: ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра геоінформатики та геодезії

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до курсового проекту**

**з навчальної дисципліни «Інженерна геодезія»**

для студентів четвертого курсу

спеціальності: 6.070908 «Геоінформаційні системи і технології»

Розглянуто на засіданні  
Кафедри геоінформатики та геодезії  
Протокол № 3 від 11.10.2011 р.  
Затверджено на засіданні  
Учбово-видавничої ради ДонНТУ  
Протокол № 3 від 11.10.2011 р.

**Донецьк - 2011**

УДК 528

Методичні вказівки до курсового проекту по інженерній геодезії для студентів четвертого курсу спеціальності: 6.070908 «Геоінформаційні системи і технології» / Скл. Гермонова К.О., Митрофанова О.І.- Донецьк: ДонНТУ, 2011.-51 с.

Наведено теоретичні основи розробки проекту виробництва топографо-геодезичних робіт для возведення комплексу споруд промислових об'єктів на стадії проектування, підготовчому періоді, нульовому циклі будівництва, при возведенні наземної частини будинків і споруд, при вивірці технологічного обладнання, при спостереженні за деформаціями будівель та споруд під час будівництва.

Методичні вказівки необхідні для її організації самостійної роботи при розробці курсового проекту студентами четвертого курсу спеціальності «Геоінформаційні системи і технології».

Укладачі:

к.т.н., доц. Гермонова К.О.  
к.т.н., доц. Митрофанова О.І.

Рецензент:

д.т.н., проф. Шоломицький А.А.

## ЗМІСТ

<b>1. ЗАГАЛЬНІ УМОВИ.....</b>	<b>4</b>
<b>2. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ПРОЕКТУВАННЯ.....</b>	<b>8</b>
2.1 Обґрунтування вибору земельної ділянки для промислового підприємства.....	8
2.2 Складання схеми генплану об'єкту промисловості.....	9
<b>3. ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ПЛАНОВО-ВИСОТНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ.....</b>	<b>11</b>
3.1 Проектування топографо-геодезичних робіт для великомасштабної зйомки.....	11
3.2 Геодезичні роботи на підготовчий період будівництва.....	11
3.2.1 Проектування будівельної координатної сітки.....	12
3.2.2 Розрахунок точності координатної будівельної сітки.....	13
3.2.2.1 Розрахунок точності для полігометрії першого порядку.....	15
3.2.2.2 Розрахунок точності заповнюючи сітей другого порядку.....	21
3.2.3 Проектування висотної геодезичної основи.....	33
3.2.4 Винос на місцевість будівельної сітки.....	36
3.3 Розмітка головних та проміжних осей промислової споруди.....	37
<b>4. ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ ТА ЇХ ТОЧНІСТЬ У ПЕРІОД НУЛЬОВОГО ЦИКЛУ БУДІВНИЦТВА.....</b>	<b>41</b>
4.1 Розмічувальні роботи для котловану.....	41
4.2 Розмічування траншей для підземних комунікацій.....	42
4.2 Розмічувальні роботи при будові фундаментів.....	43
<b>5. ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ ТА ЇХ ТОЧНІСТЬ У ПЕРІОД ВОЗВЕДЕННЯ НАЗЕМНОЇ ЧАСТИНИ БУДІВЛІ.....</b>	<b>44</b>
<b>6. ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ ТА ЇХ ТОЧНІСТЬ У ПЕРІОД МОНТАЖУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....</b>	<b>47</b>
<b>7. СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ОСАДКАМИ ТА ДЕФОРМАЦІЯМИ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД. ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ БУДІВЕЛЬ (СПОРУД).....</b>	<b>47</b>
<b>8. ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ПРОЕКТУ.....</b>	<b>49</b>
<b>ЛІТЕРАТУРА.....</b>	<b>50</b>

## 1. ЗАГАЛЬНІ УМОВИ

Геодезія займає особливу роль в будівництві. Геодезичний супровід будівельних робіт включає в себе:

- створення геодезичної розмічувальної (розбивочної) мережі (основи) для будівництва;
- винесення в натуру основних або головних розмічувальних (розбивочних) осей будівель та споруд;
- розмічувальні (розбивочні) геодезичні роботи;
- геодезичний контроль точності геометричних параметрів будинків і споруд у процесі будівництва;
- виконавчі геодезичні зйомки планового, а також висотного положення елементів конструкцій і частин будівель та споруд, комунікацій;
- спостереження за деформаціями будівель і споруд;
- геодезичні роботи при монтажі конструкцій, перевірці вертикальних колон, споруд та їх елементів;
- геодезичні роботи по визначенню в натурі прихованих підземних споруд при різних роботах та ін.

Після виконання будівельних робіт, проводиться геодезичний контроль (як правило це — виконавча зйомка), який виявляє фактичний стан елементів конструкцій і частин будівель і споруд щодо проектного положення. За матеріалами цього контролю складається виконавча документація (схеми і креслення).

«Проект виробництва топографо-геодезичних робіт (ПВТГР) для возведення комплексу споруд промислового об'єкту» розробляється студентами 4-го курсу в 8-му семестрі по матеріалах розділу «Геодезичні роботи в промисловому будівництві»

В проекті необхідно розробити комплекс інженерно-геодезичних рішень для інженерних споруд, які потребують геодезичного забезпечення при їх проектуванні, будівництві і експлуатації.

При курсовому проектуванні необхідно засвоїти основні методи проектування з попередніми розрахунками точності геодезичних мереж на будівельному майданчику, засвоїти матеріали курсу «Інженерна геодезія».

Об'єм і зміст курсового проекту для студентів регламентовано учбовим планом і робочою програмою по курсу «Інженерна геодезія».

Вихідні дані для проектування:

1) електронна топографічна карта масштабу 1:10 000 з файлом прив'язки;

2) вихідна інформація щодо існуючих пунктів планової геодезичної основи (4 пункти триангуляції і полігонометрії IV класу);

3) вихідна інформація щодо існуючих пунктів висотної геодезичної основи (3 репери IV класу);

4) тип промислового підприємства та його площа (див. табл. 1.1);

5) характеристика одної з будівель промислового підприємства (див. табл. 1.2) розмір, кількість головних осей, вид фундаменту, вид споруди, матеріали стен, кількість поверхів та ін.);

6) вид підземних комунікацій.

Додаткову інформацію студент збирає самостійно, використовуючи літературні та інші джерела відносно виду промисловості.

Результатом проектування є генеральний план об'єкту промисловості у масштабі 1:2000 або 1:5000 та пояснювальна записка з описом усіх етапів проектування та усіма розрахунками.

Таблиця 1.1 – Варіанти завдань

№ варіанту	Вид виробництва	Підземні комунікації	Площа, км <sup>2</sup>
1	2	3	4
1	Нафтопереробний завод	Водовід	1.12
2	Сталевальцівний завод	Каналізація напірна	1.05
3	Завод чавунного лиття	Теплопостачання	0.95
4	Глиноземний завод	Кабелі високого напруження	1.00
5	Алюмінієвий завод	Кабелі вуличного освітлення	1.10

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
6	Калійний комбінат	Каналізація самопливна	0.90
7	Металургійний завод	Водовід	0.95
8	Машинобудівельний завод	Кабелі високого напруження	1.10
9	Завод по виробництву сільськогосподарської техніки	Теплопостачання	1.05
10	Шинний завод	Каналізація самопливна	0.90
11	Цементний завод	Кабелі вуличного освітлення	1.10
12	Хімічний завод	Водовід	1.25
13	Завод по виробництву кольорових металів	Каналізація напірна	1.05
14	Завод лиття сталі	Кабелі високого напруження	1.00

Зміст пояснювальної записки наведено нижче:

1)заповнений бланк завдання на курсовий проект з переліком вихідних даних на проектування та самі вихідні дані;

2)обґрунтування вибору майданчику для будівництва;

3) проектування згущення мереж планово-висотної геодезичної мережі, та розробка планово-висотної геодезичної мережі на будівельному майданчику у вигляді будівельної сітки зі сторонами у 200 м;

4) проектування мереж першого і другого порядку для будівельної сітки;

5)попередні розрахунки точності<sup>1</sup> для запроєктованої топографо-геодезичної мережі (для сітей згущення топографо-геодезичної мережі, та для будівельної сітки);

6) розрахунки для виносу на місцевість будівельної сітки;

7) проектування генерального плану промислового підприємства, розміщення доріг та підземних комунікацій;

---

<sup>1</sup> Розрахунки виконати з використанням формул, які наведені у методичних вказівках та використовуючи програму «МГС-сети»

Таблиця 1.2 – Характеристика будівель по варіантах

№ варіанту	Характеристика будівель				Примітки
	Призначення будівлі	фундамент	Матеріал стін	Глибина котловану	
1	Будівля вище двох поверхів з міжповерховими перекриттями	монолітний	цеглі	Більш 2 метрів	Також передбачити геодезичні розмічувальні роботи та геодезичні роботи при експлуатації підкранових балок <sup>2</sup> , вивірці в плані, по висоті та по вертикалі технологічного обладнання. Довжина цеху не менш 100 метрів.
2		стрічковий	Бетонні блоки	Більш 2 метрів	
3	Двохповерхова будівля	пальовий	Каркасно-панельні	Менш 2 метрів	
4	Чотириповерхова будівля	збірний залізобетонний	Великопанельні	Більш 2 метрів	
5	Одноповерхова будівля висотою > 5 метрів	стаканного типу під з/б колони	Навесні панелі	Менш 2 метрів	
6	П'ятиповерхова будівля	монолітний	Бетонні блоки	Більш 2 метрів	
7		стрічковий	цеглі	Більш 2 метрів	
8	Чотириповерхова будівля	пальовий	Навесні панелі	Менш 2 метрів	
9	Трьохповерхова будівля	збірний залізобетонний	Бетонні блоки	Більш 2 метрів	
10	Одноповерхова будівля висотою > 5 метрів	стаканного типу під з/б колони	Каркасно-панельні	Менш 2 метрів	
11	Чотириповерхова будівля	монолітний	Монолітні залізобетон	Більш 2 метрів	
12	Двохповерхова будівля	стрічковий	панелі	Більш 2 метрів	
13	Трьохповерхова будівля	пальовий	цеглі	Менш 2 метрів	
14	П'ятиповерхова будівля	Збірний залізобетон	Бетонні блоки	Більш 2 метрів	

<sup>2</sup> Для промислових цехів

8) опис топографо-геодезичних робіт на усіх етапах будівництва виданої в завданні споруди;

9) проектування робіт для спостереження за деформаціями споруди під час будівництва та в процесі його експлуатації, ведення геодезичного моніторингу споруди.[12]

## **2. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ПРОЕКТУВАННЯ**

### **2.1 Обґрунтування вибору земельної ділянки для промислового підприємства.**

При виборі майданчику для будівництва комплексу промисловості необхідно, по-перше, щоб не виникало труднощів при викупі або вилученню земельних ділянок, по-друге, щоб він задовольняв умовам нормальної експлуатації підприємств та розміщався у сприятливих інженерно-геологічних та гідрологічних умовах, і по-третє, щоб при освоєнні потребував мінімальних витрат.

Рельєф на обраній земельній ділянці для майданчика під будівництва повинен бути, по-можливості, спокійним, з ухилами в одну сторону або від середини до країв, щоб забезпечувати швидкий стік поверхневих вод. При цьому, слід мати направлення скату вздовж короткої сторони майданчику. Тобто, направлення горизонталей на плані повинно співпадати з направленням довгої сторони майданчику або споруд. Максимальний ухил від  $6^\circ$  до  $10^\circ$ . Якщо при проектуванні необхідно виконати перебудування рельєфу, то слід дотримуватися правила – об'єми зрізки та насипу землі повинні співпадати (баланс земляних робіт).

При виборі майданчику для будівництва слід пам'ятати про вартість землі, тому необхідно обирати малоцінні землі, які непридатні для сільсько-го господарства. При цьому, обраний майданчик не повинен розміщатися на заболочених та закарстованих територіях, в зонах, які піддаються осіданню, явищам оповзання. З урахуванням цих умов студент на топографічній карті обирає ділянку, на котру наносить межі будівельного майданчика (розмір обирається відносно варіанту із табл.1.1)



## 2.2 Складання схеми генплану об'єкту промисловості

Схема генплану об'єкту промисловості розробляється в AutoCAD, або в будь-якій іншій програмі. При складанні схеми генплану слід враховувати, що роздруковувати її треба в масштабі 1:2000 або 1:5000 в залежності від розміру підприємства.

Необхідно спочатку запроєктувати будівельну сітку (див. рис.2.1), потім визначити взаємне розміщення 5-7 будівель та споруд, враховуючи рельєф та будівельну сітку (паралельно будівельній сітці). До будівель, які проєктуються, слід віднести виробничі цехи, адміністративно-побутовий корпус, столову, складські приміщення для сировини та готової продукції, емкості для збереження необхідної для виробництва сировини, гаражі, споруди баштового типу і т.д. Розміри споруд повинні бути кратні шагу прокольних та поперечних осей (6, 12, 18, 24, 48 м). В спорудах довжиною більш 100 метрів передбачають деформаційні шви через 30-50 метрів з урахуванням технологічних процесів.

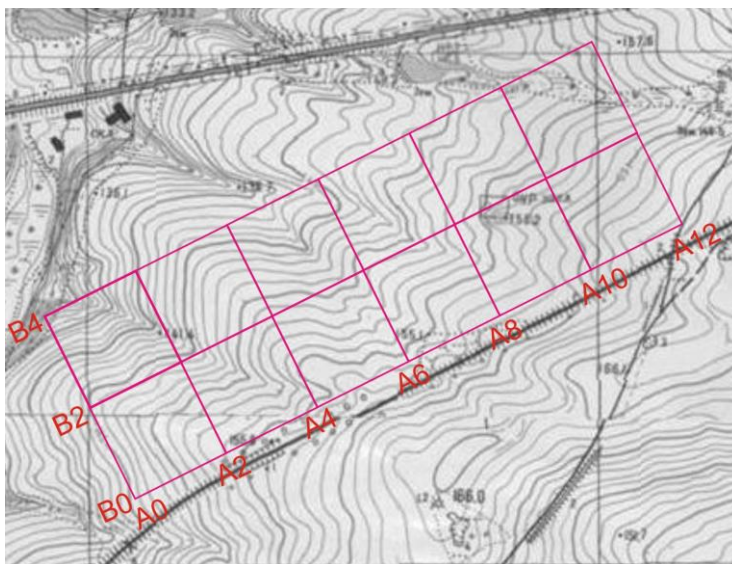


Рисунок 2.1 – Приклад будівельної сітки

Таким чином, на генеральному плані повинні бути показані:

- межа майданчику запроектованого виробничого об'єкту;
- 5-7 будівель і споруд;
- горизонталі з відмітками;
- положення підземних комунікацій;
- експлікація усіх запроектованих будівель та споруд.

Приклад генерального плану наведено на рис.2.2.

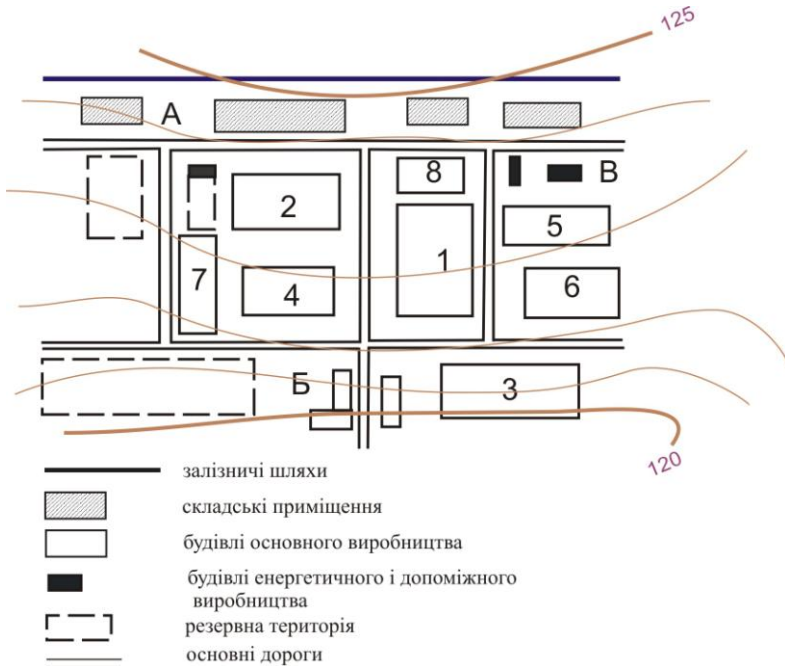


Рисунок 2.2 – Приклад генерального плану машинобудівельного заводу: 1 – ливарний цех; 2 – ковальсько-пресувальний цех; 3 - механічний цех; 4 - цех металоконструкцій; 5 - інструментальний цех; 6 - термічний цех; 7 - складальний цех; 8 - модельний цех; А – складські приміщення; Б – загальнозаводські приміщення; В – енергетичне господарство

### **3. ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ПЛАНОВО-ВИСотної ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ**

#### **3.1 Проектування топографо-геодезичних робіт для великомасштабної зйомки**

При інженерно-геодезичних вишукуваннях геодезичні мережі будуть в залежності від площі ділянки відповідно умов Інструкціям [10,11].

Проектування сітей згущення виконується на топографічній карті масштабу 1:10000 або 1:25000

Наприклад, растрова карта з прив'язкою заданого масштабу імпортується в середовище AutoCAD, яв якому проектується топографо-геодезична мережа. Далі виконується попередній розрахунок точності за проєктованих сітей з використанням формул [12] та в програмі «МГС-сети», по результатах якого обирається геодезичне обладнання для виконання робіт з великомасштабної зйомки.

В пояснювальній записці необхідно навести опис технології виконання польових і камеральних робіт.

Для закріплення пунктів топографо-геодезичної мережі на місцевості необхідно обрати тип центрів та в пояснювальній записці навести їх опис.

#### **3.2 Геодезичні роботи на підготовчий період будівництва**

До складу геодезичних робіт, що виконуються на будівельному майданчику, входять [12]:

а) створення геодезичної розмічувальної мережі будівництва, що включає в себе побудову розмічувальної мережі будівельного майданчика для винесення в природу основних або головних розмічувальних осей будівель і споруд, магістральних та лінійних споруд, поза межами будівельного майданчика, і побудови зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі;

б) побудова зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі з прив'язкою до геодезичної розмічувальної мережі будівництва для детального ро-

змічування осей, включаючи детальні розмічу вальні роботи для монтажу будівельних конструкцій та фундаментів технологічного устаткування, виконавче знімання та визначення деформацій (моніторинг);

в) розмічування лінійних споруд або їх частин, тимчасових будівель (споруд) та території будівельного майданчика, крім магістральних;

г) створення внутрішньої геодезичної розмічувальної мережі будівель (споруд) на вихідному та монтажних горизонтах з прив'язкою до зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі для будівництва наземної частини, для виконання детальних розмічувальних робіт, виконавчого знімання;

е) геодезичний контроль точності геометричних параметрів будівель (споруд), їх елементів та фундаментів технологічного устаткування і виконавче знімання із складанням виконавчої геодезичної документації;

ж) геодезичні вимірювання деформацій (моніторинг) основ, фундаментів, конструкцій будівель (споруд) їх частин, фундаментів технологічного устаткування об'єкта нового будівництва та будинків, інженерних мереж, підземних споруд та об'єктів інфраструктури, що його оточують, якщо це передбачено проектною документацією, встановлено авторським наглядом, технічним наглядом замовника чи органами державного нагляду.

### 3.2.1 Проектування будівельної координатної сітки

Після створення в районі будівництва планово-висотного геодезичного обґрунтування, задовольняючого умовам відповідних Інструкцій, розпочинається проектування будівельної сітки, яка широко використовується в будівництві в якості розмічувальної основи.

Будівельна сітка – це система квадратів або прямокутників, вершини котрих – опорні геодезичні пункти. Вибір форми будівельної координатної сітки залежить від її призначення, типу будівництва, характеру рельєфу на будівельному майданчику.[8]

Рекомендується координатну будівельну сітку запроектувати таким чином, щоб пункти по периметру розташовувались за межами будівництва на відстані менш 200-300 метрів. В цьому випадку, каркасна сіть може бути основою для відновлення будівельної координатної сітки. Пунктам будіве-

льної координатної сітки присвоюють назву: по осі абсцис А, по осі ординат В. Кожна буква супроводжується індексом, наприклад назва вершини координатної сітки А6В4 показує, що її координати в системі координат будівельної сітки складають:  $x=600\text{м}$ ,  $y=400\text{ м}$ .

В пояснювальній запасці викладаються основні умови, які пред'являються до сітки на різних стадіях проектування, та наводиться характеристика будівельної координатної сітки (довжина сторін, розміри сітки, прийнята нумерація пунктів, та ін.) Крім того, необхідно описати засіб розмічування будівельної сітки на місцевості з обчисленням похибок в положенні пунктів на стадії попередньої розмітки, а також пропозиції по закріпленню пунктів. Графічна складова пояснювальної записки повинна включати креслення в масштабі 1:2000 або 1:5000 схеми будівельної координатної сітки з прийнятою нумерацією її вершин на вкопюванні і з топографічного плану (див. приклад на рис. 2.1).

### 3.2.2 Розрахунок точності координатної будівельної сітки

Геодезичні будівельні сітки зазвичай мають двох або трьох стадійну побудову. В курсовому проекті рекомендовано двох стадійну побудову: каркас будується у вигляді замкнутого полігону або системи полігонів полігонометрії 1-го порядку.

При розрахунках точності будівельної сітки слід виходити з **двох умов**, по-перше, будівельна сітка повинна забезпечувати розмічувальні роботи по виносу осей споруд або будівель, та, по-друге, будівельна сітка повинна служити основою для виконавчої зйомки.

Досвід розмічувальних робіт при будівництві великих промислових комплексів показує, що в більшості випадків відносні похибки у взаємному положенні сусідніх пунктів будівельної сітки не повинні перевищувати 1:10000, тобто 20 мм при довжині сторони будівельної сітки 200 м. Цій умові повинні задовольняти суміжні пункти у найбільш слабому місці заповнюючи сітей 2-го порядку.

При використанні будівельної сітки в якості планової основи для виконавчої зйомки побудованих споруд важно дотриматись необхідної точності загального положення її пунктів. Граничні похибки положення пунктів

будівельної сітки відносно вихідних не повинні перевищувати 0.2 мм в масштабі зйомки. Якщо планується зйомка для побудови топографічного плану масштабу 1:500, то гранична помилка складе 10 см при середній квадратичній помилці – 5 см.

Пункти будівельної сітки також використовуються, як репери висотної основи. Для забезпечення розмітки споруди по висоті середня квадратична помилка взаємного положення сусідніх пунктів не повинна перевищувати 2-3 мм.

При двохстадійній побудові будівельної сітки при похибці взаємного планового положення двох суміжних пунктів  $m_B = 20$  мм та коефіцієнті забезпечення точності  $k = 2$  для першої умови можна записати:

$$m_{B3} = \sqrt{m_{II}^2 + 0.25 \cdot m_{II}^2} = m_{II} \sqrt{1.25}, \quad (3.1)$$

де  $m_{II}$  - середня квадратична помилка положення пунктів мережі другого порядку.

Таким чином, помилки взаємного положення пунктів заповнювальної мережі  $m_{II}$  не повинен перевищувати 18 мм, а в каркасній полігонометрії  $m_I$  - 9мм.

Середні квадратичні помилки взаємного положення сусідніх пунктів можуть бути виражені формулами:

$$m_I = \sqrt{m_{S_1}^2 + \left(\frac{m_{\alpha_1}}{\rho} \cdot S\right)^2} \leq 9 \text{ мм}; \quad (3.2)$$

$$m_{II} = \sqrt{m_{S_2}^2 + \left(\frac{m_{\alpha_2}}{\rho} \cdot S\right)^2} \leq 18 \text{ мм},$$

де  $m_{S_1}$ ,  $m_{S_2}$  - середні квадратичні похибки визначення довжини сторони сітки відповідно в сітках 1-го та 2-го порядків;

$m_{\alpha_1}$ ,  $m_{\alpha_2}$  - середні квадратичні похибки визначення дирекційного кута сторони;

$S$  - довжина сторони будівельної сітки.

Враховуючи принцип рівного впливу маємо:

$$m_S = \frac{m}{\sqrt{2}}; \quad m_\alpha = \frac{m \cdot \rho''}{S \cdot \sqrt{2}}. \quad (3.3)$$

Підставимо у формулу (3.3) граничні значення середніх квадратичних похибок та приймаючи  $S = 200$  м, отримаємо:

$$m_{S_1} = 6.4 \text{ мм}; \quad m_{S_2} = 12.8 \text{ мм};$$

$$m_{\alpha_1} = 6.6'' \quad m_{\alpha_2} = 13.2''.$$

Беручи до уваги деякий запас, за остаточне приймаємо:

$$m_{S_1} = 5 \text{ мм}; \quad m_{S_2} = 10 \text{ мм};$$

$$m_{\alpha_1} = 5'' \quad m_{\alpha_2} = 10''.$$

Для виконання другої умови при двохстадійній побудові будівельної сітки та коефіцієнті забезпечення точності  $k = 1.5$  отримаємо:

$$m_I^2 + m_{II}^2 = 5^2 \text{ см};$$

$$m_I = \frac{m_{II}}{1.5}; \quad \left( \frac{m_{II}}{1.5} \right)^2 + m_{II}^2 = 5^2 \text{ см};$$

$$m_{II} = \frac{5}{\sqrt{1.44}} = 4.1 \text{ см}; \quad m_I = 2.7 \text{ см}.$$

### 3.2.2.1 Розрахунок точності для полігонометрії першого порядку

Для розрахунків точності вимірювань у полігонометрії 1-го порядку використовується формула з Інструкції [11]:

а) для витягнутого ходу

$$M^2 = m_S^2 \cdot n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot \frac{n+3}{12} \cdot L^2; \quad (3.5)$$

б) для вигнутого ходу

$$M^2 = m_S^2 \cdot n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot \sum_{i=1}^{n+1} D_{Ц-i}^2; \quad (3.6)$$

де  $n$  - кількість сторін ходу;

$D_{Ц-i}$  - відстань від центру тяжіння ходу до  $i$ -того пункту ходу.

Критерієм вигнутості ходу є відношення:

$$\frac{\sum_{i=1}^n S_i}{L}, \quad (3.7)$$

де  $S_i$  - довжина  $i$ -тої сторони ходу;

$L$  - відстань між початковим та кінцевим пунктами.

Якщо відношення (3.7) менше 1.3 хід вважається витягнутим.

Центр тяжіння можна визначити графічним (див. рис.3.1) або аналітичним способом:

$$x_{ц.т.} = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} x_i}{n+1}; \quad y_{ц.т.} = \frac{\sum_{i=1}^{n+1} y_i}{n+1}, \quad (3.8)$$

де  $x_i, y_i$  - координати  $i$ -того пункту ходу полігонометрії.

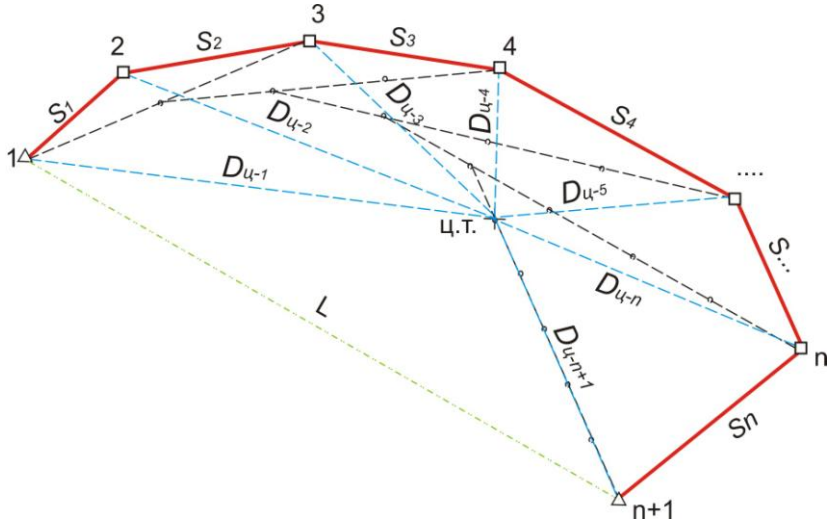


Рисунок 3.1 – Графічний спосіб визначення центру тяжіння

Для замкнутого полігону, близького до кола, можна використати формулу, яку запропонував проф. Чеботарьов А.С.:



$$M^2 = m_S^2 \cdot n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot \sum_{i=1}^n S_i^2 \cdot \frac{n}{40}. \quad (3.9)$$

По формулах (3.5), (43.6), (3.9) розраховується похибка пункту в кінці ходу, а умова  $m_I = 2.7$  см повинна виконуватися у найбільш слабкому місці, тобто у середині ходу. Тому, похибка  $M$  не повинна перевищувати  $2m_I = 5.4$  см.

Розрахунок точності виконується в декілька спроб. Враховуючи, що довжини сторін каркасної полігонометрії невеликі,  $S = 200$  м, значний вплив на точність вимірювання кутів робить помилка центрування. Тому не слід приймати середні квадратичні помилки вимірювання кутів менш ніж  $2-3''$ . Якщо не можливо забезпечити задану точність при таких значеннях  $m_\beta$ , можна загальний хід по периметру сітки розділ іти на 2-4 полігона.

Розглянемо на прикладі будівельної сітки 1600X800 метрів зі стороною 200 метрів, яку наведено на рис.3.2 розрахунок точності вимірювання для полігонометрії 1-го порядку.

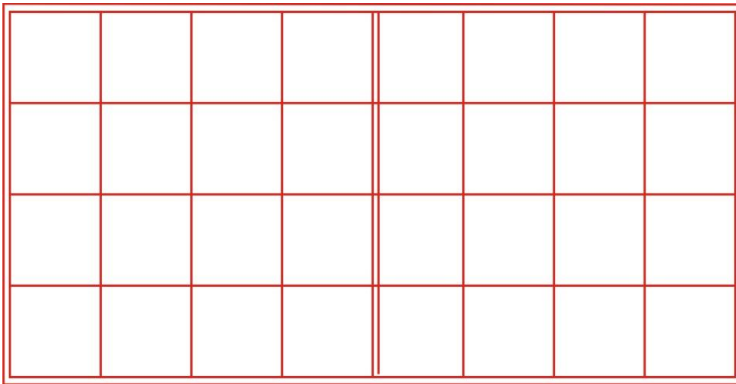


Рисунок 3.2 – Схема будівельної сітки

Виходячи з забезпечення необхідної точності взаємного положення пунктів заповнючої мережі, були отримані помилки  $m_{\alpha_1} = 5''$ ,  $m_{S_1} = 5$  мм. Прийmemo ці значення, як вихідні та перевіримо за формулою (3.9) виконання другої умови побудови будівельної сітки:

$$M = \sqrt{0.005^2 \cdot 24 + \frac{5^2}{206265^2} \cdot 4800^2 \cdot \frac{24}{40}} = 0.093 \text{ м.}$$

Ця помилка перевищує 5.4 см, і для її зменшення необхідно розділити каркасний хід на два каркасних ходи. Тоді для одного полігону

$$\sum_{i=1}^n S_i = 3.2 \text{ км}, \quad n = 16:$$

$$M = \sqrt{0.005^2 \cdot 16 + \frac{5^2}{206265^2} \cdot 3200^2 \cdot \frac{16}{40}} = 0.053 \text{ м.}$$

Якщо сталося б так, що отримана помилка все одно перевищувала задану, то аналізуючи складові помилки  $M$ , можна було б зробити висновок, що вплив кутових вимірювань на порядок більший, ніж лінійний. Тому розрахунки можна було б повторити ще раз для  $m_{\beta} = 3''$ . Тобто обчислення виконуються до того моменту, поки  $M$  не стане меншою, ніж  $2m_l = 5.4 \text{ см}$

Для прикладу, наведеного на рис.3.2 можна зробити такі висновки:

- каркасну сіть першого порядку слід запроєктувати з двох полігонів;
- середню квадратичну помилку вимірювання довжин прийняти рівною  $m_{S_1} = 5 \text{ мм}$ ;
- середню квадратичну помилку вимірювання кутів прийняти рівною  $m_{\alpha_1} = 5''$ .

Для оцінки точності визначення координат пунктів полігонометричного ходу можуть бути використані емпіричні формули, які наведені в посібнику [1]. В залежності від форми каркасного полігонометричного ходу (див. рис.3.3) середні квадратичні похибки положення пунктів по координатних осях  $m_x$  та  $m_y$  відносно вихідного пункту (позначено квадратом) обчислюється за формулами:

$$m_{x_i}^2 = m_S^2 \cdot i_x + m_\beta^2 \frac{S^2}{\rho^2} \cdot (1.318 \cdot i_y - 0.66 + 0.33 \cdot \sqrt[3]{i_y})^2; \quad (3.10)$$

$$m_{y_i}^2 = m_S^2 \cdot i_y + m_\beta^2 \frac{S^2}{\rho^2} \cdot (1.318 \cdot i_x - 0.66 + 0.33 \cdot \sqrt[3]{i_x})^2,$$

де  $i_x$  та  $i_y$  - номер пункту по осях  $x$  та  $y$  (для вихідного пункту  $i_x = 0, i_y = 0$ ), для котрого виконуються розрахунки;

$S$  - довжина сторони сітки.

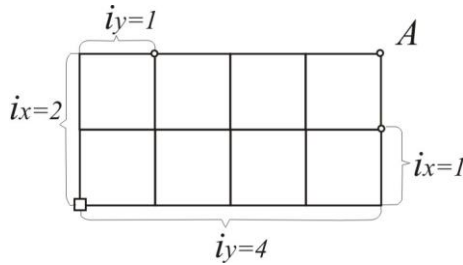


Рисунок 3.3- Приклад для розрахунку середніх квадратичних помилок пунктів будівельної сітки

Так, якщо  $m_S = 5$  мм,  $m_\beta = 5''$ , для точки А маємо:

$$m_{x_i}^2 = 5^2 \cdot 2 + 5^2 \frac{200000^2}{206265^2} \cdot (1.318 \cdot 4 - 0.66 + 0.33 \cdot \sqrt[3]{4})^2 = 8 \text{ мм};$$

$$m_{y_i}^2 = 5^2 \cdot 4 + 5^2 \frac{200000^2}{206265^2} \cdot (1.318 \cdot 2 - 0.66 + 0.33 \cdot \sqrt[3]{2})^2 = 10 \text{ мм}.$$

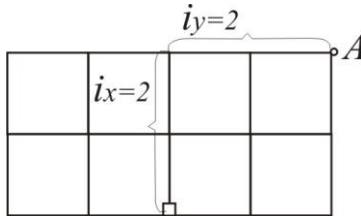


Рисунок 3.4- Приклад для розрахунку середніх квадратичних помилок пунктів будівельної сітки

Для прикладу, який наведено на рис.3.4 обчислення середніх квадратичних похибок пунктів полігонометрії можна виконати за формулами:

$$m_{x_i}^2 = 0.84 \cdot m_S^2 \cdot i_x + m_\beta^2 \frac{S^2}{\rho^2} \cdot i_y^2; \quad (3.11)$$

$$m_{y_i}^2 = 0.84 \cdot m_S^2 \cdot i_y + m_\beta^2 \frac{S^2}{\rho^2} \cdot i_x^2.$$

Так, для точки А на рис.3.4 маємо ( $m_S = 5$  мм ,  $m_\beta = 5''$ ):

$$m_{x_i}^2 = 0.84 \cdot 5^2 \cdot 2 + 5^2 \frac{200000^2}{206265^2} \cdot 2^2 = 9 \text{ мм},$$

$$m_{y_i}^2 = 0.84 \cdot 5^2 \cdot 2 + 5^2 \frac{200000^2}{206265^2} \cdot 2^2 = 9 \text{ мм}.$$

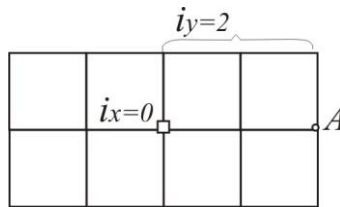


Рисунок 3.5- Приклад для розрахунку середніх квадратичних помилок пунктів будівельної сітки

Для прикладу, який наведено на рис.3.5 обчислення середніх квадратичних похибок пунктів полігонометрії можна виконати за формулами:

$$m_{x_i}^2 = 0.65 \cdot m_S^2 \cdot i_x + 0.566 \cdot m_\beta^2 \frac{S^2}{\rho^2} \cdot i_y^2; \quad (3.12)$$

$$m_{y_i}^2 = 0.65 \cdot m_S^2 \cdot i_y + 0.566 \cdot m_\beta^2 \frac{S^2}{\rho^2} \cdot i_x^2.$$

Так, для точки А на рис.3.5 маємо ( $m_S = 5$  мм ,  $m_\beta = 5''$ ):

$$m_{x_i}^2 = 0.65 \cdot 5^2 \cdot 0 + 0.566 \cdot 5^2 \frac{200000^2}{206265^2} \cdot 2^2 = 7 \text{ мм},$$

$$m_{y_i}^2 = 0.65 \cdot 5^2 \cdot 2 + 0.566 \cdot 5^2 \frac{200000^2}{206265^2} \cdot 0^2 = 6 \text{ мм.}$$

Наведені формули (3.10)-(3.12) дозволяють виконувати обчислення з точністю 5-10%. Найбільш слабкий пункт в наведених схемах (рис.3.3-3.5) знаходиться в середині кожного полігону. Похибка в положенні цього пункту повинна задовольняти умові:

$$m = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} \leq m_I \cdot \quad (3.13)$$

Так, наприклад,

– для схеми з рис.3.3 маємо:

$$m = \sqrt{8^2 + 10^2} = 13 \text{ мм} \leq 27 \text{ мм};$$

– для схеми з рис.3.4 маємо:

$$m = \sqrt{9^2 + 9^2} = 13 \text{ мм} \leq 27 \text{ мм};$$

– для схеми з рис.3.5 маємо:

$$m = \sqrt{7^2 + 6^2} = 9 \text{ мм} \leq 27 \text{ мм.}$$

### 3.2.2.2 Розрахунок точності заповнюючи сітей другого порядку

Для визначення координат усіх внутрішніх вершин будівельної сітки використовуються такі методи:

- метод чотирьохкутників без діагоналей;
- світлодалекомірна полігонометрія (електронний тахеометр);
- мікротриангуляція;
- мікротрилатерація;
- метод кутових засічок;
- метод лінійних засічок.

В цьому проєкті студенти повинні виконати розрахунок точності за двома методами, які їм повинен запропонувати викладач, та порівняти їх за такими показниками:

- за показниками точності;
- за об'ємами вимірювань;
- за ефективністю.

Розрахунки точності необхідно виконати за формулами, які наведені нижче, та в програмі «МГС-сети»

### Метод чотирикутників без діагоналей

Мережа з чотирикутників без діагоналей, заповнюючи каркас, створюють сполушну сіть (рис.3.6)

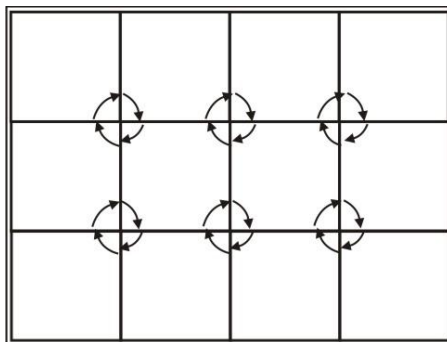


Рисунок 3.6 – Мережа у вигляді чотирикутників без діагоналей

Програма кутових вимірювань в мережі чотирикутників проста та завжди стандартна. Для оцінки точності вимірювань зручно користуватись табл.3.1, в якій наведено нормовані зворотні ваги  $Q$  найбільш слабких елементів мережі, яка складається з квадратів. В першій графі вказана система побудови мережі чотирикутників, наприклад, 3X4 позначає, що по осі абсцис розміщено 3 чотирикутника, а по осі ординат – чотири.

Нормовані зворотні ваги обчислені для найбільш слабких елементів мережі, незалежно від конкретної довжини сторін. В таблиці прийняті такі позначення:

$Q$  - корінь з нормованої зворотної ваги положення пункту в самому слабкому місці;

$Q_{S_x}$ ,  $Q_{S_y}$  - корінь з нормованої зворотної ваги для довжин сторін, розташованих паралельно осям  $X$  і  $Y$ ;

$Q_{\alpha_x} \cdot Q_{\alpha_y}$  - корінь з нормованої зворотної ваги для дирекційних кутів цих сторін.

Таблиця 3.1 – Нормовані зворотні ваги

Система побудови	Q	Q <sub>S<sub>x</sub></sub>	Q <sub>α<sub>x</sub></sub>	Q <sub>S<sub>y</sub></sub>	Q <sub>α<sub>y</sub></sub>
3 X 3	0.59	0.60	0.41	0.59	0.41
3 X 4	0.67	0.76	0.41	0.59	0.44
3 X 5	0.71	0.84	0.41	0.59	0.46
4 X 3	0.76	0.59	0.44	0.72	0.41
4 X 4	0.67	0.76	0.45	0.76	0.45
4 X 5	0.81	0.84	0.45	0.77	0.47
5 X 3	0.71	0.59	0.46	0.84	0.41
5 X 4	0.81	0.77	0.47	0.84	0.45
5 X 5	0.86	0.86	0.47	0.86	0.47

Перехід до мережі з конкретними довжинами сторін здійснюється за формулами:

для похибок довжин сторін та положення пунктів

$$m_F = \frac{S}{\rho''} m \cdot Q = K_1 \cdot m \cdot Q; \quad (3.14)$$

для похибок дирекційних кутів

$$m_{\alpha} = m \cdot Q. \quad (3.15)$$

Розглянемо розрахунки необхідної точності вимірювання кутів для мережі, яку наведено на рис.3.6 для забезпечення таких умов:

$$m_{\alpha_{\alpha}} = 10''; m_{S_{\alpha}} = 10 \text{ мм}; m_{\Pi} = 41 \text{ мм};$$

$$K_1 = S/\rho = 200000/206265 = 0.97.$$

Для забезпечення необхідної точності довжин сторін кути слід вимірювати з точністю:

$$m_{\beta(S_x)} = \frac{m_S}{K_1 \cdot Q_{S_x}} = \frac{10}{0.97 \cdot 0.76} = \pm 14'';$$

$$m_{\beta(Sy)} = \frac{m_S}{K_1 \cdot Q_{Sy}} = \frac{10}{0.97 \cdot 0.59} = \pm 18''.$$

Для забезпечення необхідної точності визначення дирекційного ку-  
та:

$$m_{\alpha(\alpha_x)} = \frac{m_{\alpha}}{Q_{\alpha_x}} = \frac{10}{0.41} = \pm 25'';$$

$$m_{\alpha(\alpha_y)} = \frac{m_{\alpha}}{Q_{\alpha_y}} = \frac{10}{0.44} = \pm 23''.$$

Для забезпечення необхідної точності визначення положення пунк-  
тів:

$$m = \frac{m_{II} \cdot \rho}{S \cdot Q} = \frac{41 \cdot 206265}{200000 \cdot 0.67} = \pm 63''.$$

Обирається самий жорсткий допуск 14''.

### Світлодалекомірна полігонометрія другого порядку

Полігонометрію другого порядку будують у вигляді витягнутих хо-  
дів, що спираються на пункти полігонометрії 1-го порядку, та прокладаємих,  
як правило, по короткій стороні (див. рис.3.7). недоліком є те, що немає вза-  
ємного зв'язку між сусідніми ходами.

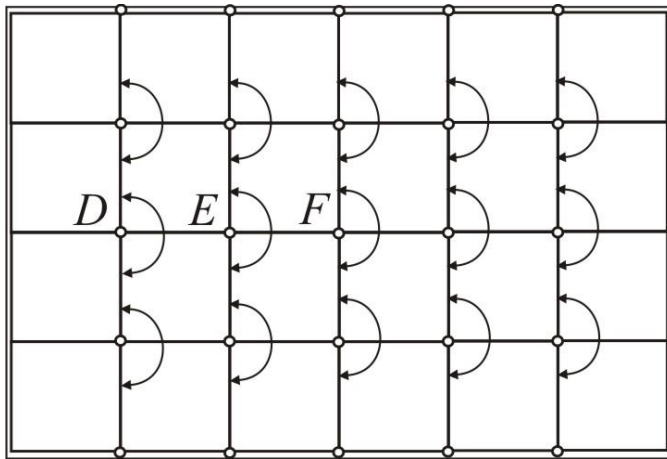


Рисунок 3.7 – Схема світлодалекомірної полігонометрії



Найбільш слабкою стороною в такій мережі є сторона, пункти якої належать різним ходам полігонометрії та знаходяться в середині ходів, наприклад, сторони DE, EF (див. рис.3.7).

Похибка у визначенні положення пункту у середині витягнутого полігонометричного ходу, врівноваженого між пунктами каркасної полігонометрії, дорівнює половині похибки M, яка обчислюється за формулою (3.5). Згідно другої умови, ця величина не повинна перевищувати 41 мм.

Середня квадратична похибка взаємного положення пунктів у слабкому місці дорівнює:

$$m = \sqrt{2} \cdot m_c = \frac{M}{\sqrt{2}}, \quad (3.16)$$

де  $m_c$  - середня квадратична похибка в самому слабкому місці ходу полігонометрії.

Отримана величина повинна не перевищувати 18 мм. В процесі розрахунків середніх квадратичних помилок для пунктів полігонометрії визначаються середніми квадратичними помилками вимірювання кутів та довжин, при цьому, неможна, щоб  $m_\beta$ , та  $m_S$  були грубішими обчислених величин  $m_{S\alpha}$  та  $m_{\alpha\alpha}$

### Мікротриангуляція

Мікротриангуляцію будують у вигляді ціпочок між каркасом 1-го порядку. З економічних міркувань вони будуються через ряд (див. рис.3.8). Недоліком такої мережі є те, що немає прямого зв'язку між суміжними ціпочками.

Для обрання необхідної точності вимірювання кутів необхідно при обчисленнях використовувати дані нормованих зворотних ваг з таблиці 3.2.

В таблиці прийняті такі позначення:

Q - корінь з нормованої зворотної ваги положення пункту в самому слабкому місці;

$Q_{S_x}$ ,  $Q_{S_y}$  - корінь з нормованої зворотної ваги для довжин сторін, розташованих паралельно осям X і Y;

$Q_{\alpha_x}, Q_{\alpha_y}$  - корінь з нормованої зворотної ваги для дирекційних кутів цих сторін;

$Q_S, Q_\alpha$  - корні з нормованих зворотних ваг відповідно довжини та дирекційного кута між пунктами сусідніх ціпочок в їх середині.

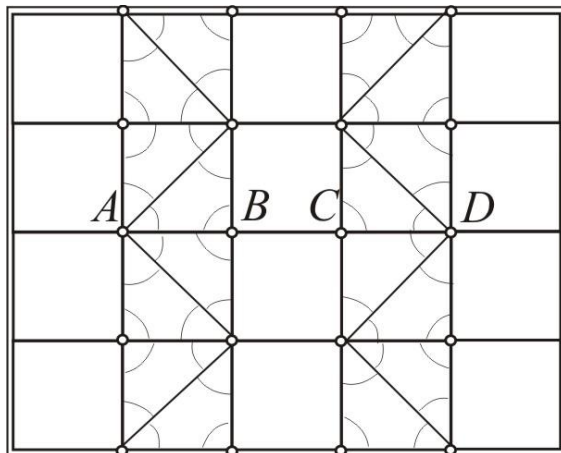


Рисунок 3.8 – Схема мікротриангуляції

Таблиця 3.2 – Нормовані зворотні ваги для обчислення похибок мікротриангуляції

Число трикутників в ряду	$Q$	$Q_{S_x}$	$Q_{\alpha_x}$	$Q_{S_y}$	$Q_{\alpha_y}$	$Q_S$	$Q_\alpha$
6	1.1	0.94	0.66	0.72	0.61	0.9	1.3
8	1.5	1.00	0.78	0.80	0.65	1.3	1.7
10	1.8	1.10	0.82	0.84	0.72	1.6	2.0

Розрахунки точності виконуються за формулами (3.14) та (3.15).

Для прикладу, зробимо розрахунок для мережі, зображеної на

рис.3.8. Вихідні дані для розрахунку такі:  $m_{\alpha_{\alpha}} = 10''$ ;  
 $m_{S_{\alpha}} = 10$  мм;  $m_{\Pi} = 41$  мм;  $S = 200$  м;  $K_1 = S/\rho = 0.97$ .

Для забезпечення необхідної точності визначення довжин сторін маємо:

$$m(S_x) = \frac{m_S}{K_1 \cdot Q_{S_x}} = \frac{10}{0.97 \cdot 1.0} = \pm 10'';$$

$$m(S_y) = \frac{m_S}{K_1 \cdot Q_{S_y}} = \frac{10}{0.97 \cdot 0.80} = \pm 13'';$$

$$m(S) = \frac{m_S}{K_1 \cdot Q_S} = \frac{10}{0.97 \cdot 1.3} = \pm 8''.$$

Відповідно для забезпечення необхідної точності визначення дирекцій них кутів маємо:

$$m(\alpha_x) = \frac{m_{\alpha}}{Q_{\alpha_x}} = \frac{10}{0.78} = \pm 13'';$$

$$m(\alpha_y) = \frac{m_{\alpha}}{Q_{\alpha_x}} = \frac{10}{0.65} = \pm 15'';$$

$$m(\alpha) = \frac{m_{\alpha}}{Q_{\alpha}} = \frac{10}{1.7} = \pm 6''.$$

За остаточне приймається самий жорсткий допуск  $m_{\beta_{\alpha}} = 5''$ , тоді похибка в положенні самого слабкого пункту складе:

$$m_{\Pi} = K_1 \cdot m_{\beta_{\alpha}} \cdot Q = 0.97 \cdot 6 \cdot 1.5 = \pm 9 \text{ мм.}$$

Це значення задовольняє встановленому допуску  $m_{\Pi} = 41$  мм.

Необхідно пам'ятати, що найбільш слабким місцем є сторони в середині ряду (AB та CD), і особливо сторона між пунктами сусідських ціпочок в їх середині (сторона BC, рис3.8)

### Мікротрилатерація

Використання сучасних тахеометрів дозволяє будувати мережі мікротрилатерації замість мікротриангуляції. Така заміна ефективна, коли час лінійних вимірювань менш часу на кутові вимірювання, або коли для вимірювання кутів несприятливі атмосферні умови.

Мікротрилатерацію будують у вигляді витягнутих ціпочок геодезичних чотирикутників (див. рис.3.9)

Для розрахунків точності вимірювань та оцінки елементів мережі в найбільш слабкому місці використовуються нормовані зворотні ваги, значення яких наведені у табл.3.3

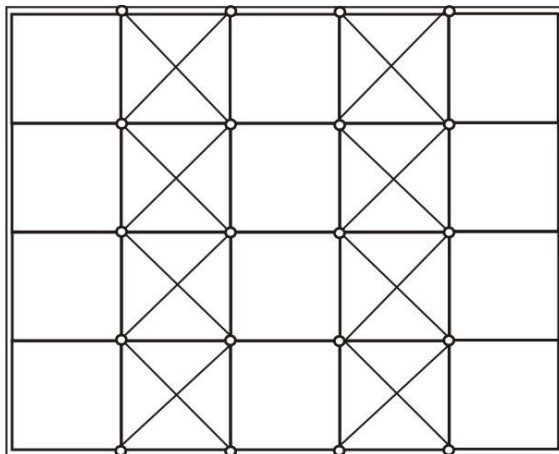


Рисунок 3.9 - Схема мікротрилатерації

Таблиця 3.3 – Нормовані зворотні ваги для обчислення похибок мікротрилатерація

Число геодезичних чотирикутників N	Q	Q <sub>S<sub>x</sub></sub>	Q <sub>α<sub>x</sub></sub>	Q <sub>S<sub>y</sub></sub>	Q <sub>α<sub>y</sub></sub>	Q <sub>S</sub>	Q <sub>α</sub>
2	1.00	0.58	0.82	0.82	0.82	1.15	0.82
3	1.17	0.75	1.07	0.85	0.87	1.37	0.92
4	1.50	0.79	1.17	0.87	0.93	1.84	1.09
5	1.74	0.83	1.22	0.87	0.98	2.17	1.18

Для лінійних мереж використовують формули:

$$m_F = m_S \cdot Q - \text{для оцінки точності довжин сторін та координат;}$$

$$m_{\alpha} = \frac{\rho''}{S} m_S \cdot Q = K_2 \cdot m_S \cdot Q \text{ - для оцінки точності дирекцій них кутів.}$$

Для мережі, зображеної на рис.3.9 число чотириохкутників мікротрилатерації  $N = 4$ . Виконаємо розрахунки необхідної точності вимірювань довжин сторін  $m_S$ :

$$m_{SSx} = \frac{m_S}{Q_{S_x}} = \frac{10}{0.79} = 12.7 \text{ мм;}$$

$$m_{SSy} = \frac{m_S}{Q_{S_y}} = \frac{10}{0.87} = 11.5 \text{ мм;}$$

$$m_{SS} = \frac{m_S}{Q_S} = \frac{10}{1.84} = 5.4 \text{ мм.}$$

Аналогічним образом обчислюється необхідна точність вимірювання довжин сторін для забезпечення похибки дирекційного кута  $m_{\alpha} = 10''$ :

$$m_{S_{\alpha_x}} = \frac{m_{\alpha}}{K_2 \cdot Q_{\alpha_x}} = \frac{10''}{1.03 \cdot 1.17} = 8.3 \text{ мм;}$$

$$m_{S_{\alpha_y}} = \frac{m_{\alpha}}{K_2 \cdot Q_{\alpha_y}} = \frac{10''}{1.03 \cdot 0.93} = 12.4 \text{ мм.}$$

Приймаючи за остаточне найбільш жорсткий допуск  $m_S = 5 \text{ мм}$ , одержимо похибку положення пункту в самому слабкому місці

$$m_{\Pi} = m_S \cdot Q = 5 \cdot 1.5 = \pm 7.5 \text{ мм.}$$

### Метод кутових засічок

Цей метод використовується на відкритих площадках у вигляді ціпочок двох фігурних засічок (див. рис.3.10).

Ціпочка двох фігурних засічок вставляється між пунктами каркасної мережі. На пунктах ходової лінії (AB та CD) вимірюються усі кути. Бокові пункти засікаються з пунктів ходової лінії. Це дозволяє взаємно пов'язати по три ряди пунктів, та скоротити кількість станцій, на яких виконуються вимірювання. Перехід від каркасної мережі до ціпочки засічок здійснюється зазвичай побудовою у місцях примикання суцільних трикутників (див. рис.3.10).

Значення нормованих зворотних ваг наведені у табл.3.4.

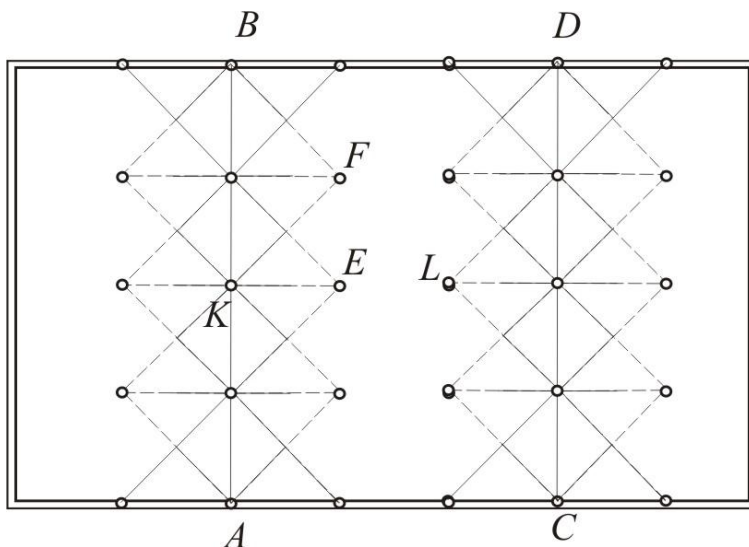


Рисунок 3.10 – Схема мережі кутових засічок

Обчислення виконуються за формулами (3.14) та (3.15).

Таблиця 3.4 – Нормовані зворотні ваги для обчислення похибок мереж із кутових засічок

Число пунктів геодезичних кутових засічок, г	Q	$Q_{S_x}$	$Q_{\alpha_x}$	$Q_{S_y}$	$Q_{\alpha_y}$	$Q_S$	$Q_\alpha$
2	1.89	1.13	2.33	1.51	0.68	2.32	1.32
3	2.24	1.26	2.45	1.57	0.71	2.58	1.85
4	2.58	1.36	2.61	1.67	0.76	2.81	2.32
5	3.12	1.49	2.66	1.71	0.78	3.11	3.16

Для обчислень необхідно знати, що  $S_x$  - сторона між двома сусідніми боковими пунктами (наприклад, E і F),  $S_y$  - сторона між допоміжним пунктом та пунктом ходової лінії (наприклад, K і E); величина Q відповідає

боковому пункту (наприклад, пунктам F, E, L та інші), величини  $Q_S$  та  $Q_\alpha$  відповідають стороні між боковими пунктами сусідніх ціпочок (сторона EL); кількість пунктів засічок дорівнює кількості пунктів ходової лінії, крім пунктів каркасу.

Виконаємо розрахунок точності для прикладу мережі, яка показана на рис.3.10 ( $r=3$ ). Вихідні дані для розрахунків:

$$m_{\alpha_\alpha} = 10''; \quad m_{S_\alpha} = 10 \text{ мм}; \quad m_{\Pi} = 41 \text{ мм}; \quad S = 200 \text{ м};$$

$$K_1 = S/\rho = 0.97.$$

Розрахунки необхідної точності визначення довжин сторін:

$$m(S_x) = \frac{m_S}{K_1 \cdot Q_{S_x}} = \frac{10}{0.97 \cdot 1.26} = 8.2'';$$

$$m(S_y) = \frac{m_S}{K_1 \cdot Q_{S_y}} = \frac{10}{0.97 \cdot 1.57} = 6.6'';$$

$$m(S) = \frac{m_S}{K_1 \cdot Q_S} = \frac{10}{0.97 \cdot 2.58} = 4.0''.$$

Відповідно, виконуються розрахунки необхідної точності визначення дирекційних кутів:

$$m(\alpha_x) = \frac{m_\alpha}{Q_{\alpha_x}} = \frac{10''}{2.45} = 4.1'';$$

$$m(\alpha_y) = \frac{m_\alpha}{Q_{\alpha_y}} = \frac{10''}{0.71} = 14.1'';$$

$$m(\alpha) = \frac{m_\alpha}{Q_\alpha} = \frac{10''}{1.85} = 5.4''.$$

Остаточню прийняв самий жорсткий допуск  $m = 4.0''$ , одержимо похибку положення пункту в самому слабкому місці

$$m_{\Pi} = K_1 \cdot m_S \cdot Q = 0.97 \cdot 4 \cdot 2.24 = \pm 8.7 \text{ мм}.$$

### Метод лінійних геодезичних засічок

При виконанні вимірювань світлодалекомір або електронний тахеометр по черзі встановлюють на пунктах ходової лінії АВ. Послідовно вимі-

ряються довжини ходової лінії та відстані до двох рядів бокових пунктів (див. рис.3.11, направлення вимірювань вказані стрілками).

За результатами вимірювань обчислюються координати трьох взаємно зв'язаних рядів будівельної сітки. Цей метод дозволяє зменшити приблизно у три рази кількість установок світлодалекоміра або електронного тахеометра відносно з мікротрилатерацією.

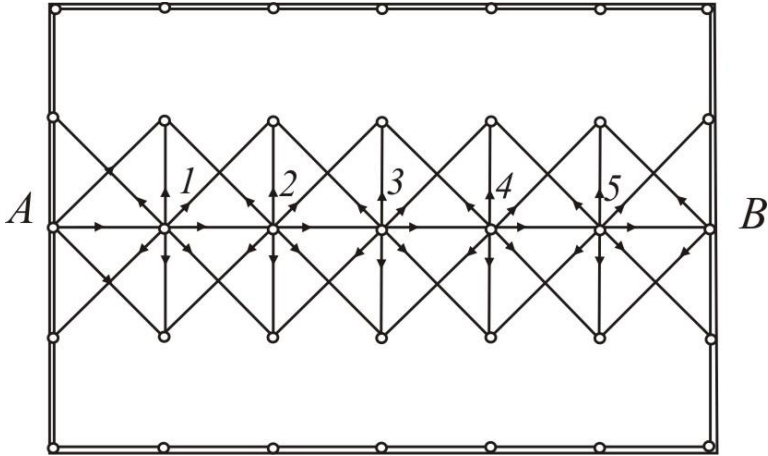


Рисунок 3.11 – Схема мережі лінійних геодезичних засічок

Для оцінки точності використовуються дані з таблиці 3.5.

Розрахунок точності розглянемо на прикладі, який наведено на рис.3.11. Вихідні дані для розрахунків:  $r = 5$ ;  $m_{\alpha_{\alpha}} = 10''$ ;  $m_{S_{\alpha}} = 10$  мм;  $m_{\Pi} = 41$  мм;  $S = 200$  м;  $K_1 = S/\rho = 0.97$ .

Розрахунки необхідної точності визначення довжин сторін:

$$mS(S_x) = \frac{mS}{Q_{S_x}} = \frac{10}{1.99} = 5.0 \text{ мм};$$

$$mS(S_y) = \frac{mS}{Q_{S_y}} = \frac{10}{0.89} = 11.2 \text{ мм};$$

$$mS(S) = \frac{mS}{Q_S} = \frac{10}{2.11} = 4.7 \text{ мм};$$

$$mS(\alpha_x) = \frac{m_{\alpha}}{K_2 \cdot Q_{\alpha_x}} = \frac{10''}{1.03 \cdot 1.19} = 8.2 \text{ мм};$$



$$mS(\alpha_y) = \frac{m_\alpha}{K_2 \cdot Q_{\alpha_y}} = \frac{10''}{1.03 \cdot 1.45} = 6.7 \text{ мм};$$

$$mS(\alpha) = \frac{m_\alpha}{K_2 \cdot Q_\alpha} = \frac{10''}{1.03 \cdot 2.08} = 4.7 \text{ мм}.$$

Таблиця 3.5 – Нормовані зворотні ваги для обчислення похибок мереж із кутових засічок

Число пунктів геодезичних лінійних засічок, г	Q	Q <sub>Sx</sub>	Q <sub>αx</sub>	Q <sub>Sy</sub>	Q <sub>αy</sub>	Q <sub>S</sub>	Q <sub>α</sub>
1	1.26	1.00	0.76	0.76	1.12	1.08	1.41
2	1.41	1.59	1.05	0.80	1.21	1.23	1.56
3	1.66	1.67	1.10	0.81	1.30	1.37	1.73
4	1.96	1.83	1.14	0.86	1.38	2.00	1.92
5	2.04	1.99	1.19	0.89	1.45	2.11	2.08

Щоб забезпечити усі допуски, остаточно приймаємо самий жорсткий допуск  $m_S = 4.7$  мм, одержимо похибку положення пункту в самому слабкому місці

$$m_{II} = m_S \cdot Q = 4.7 \cdot 2.04 = \pm 9.6 \text{ мм}.$$

### 3.2.3 Проектування висотної геодезичної основи

Будівельна сітка промислового майданчику служить **планово-висотною основою** для виносу на місцевості проекту споруд та для виконання виконавчих зйомок. При встановленні точок по висоті в процесі монтажних робіт горизонт інструмента (для контролю) визначається не менш, ніж від двох реперів, при цьому різниця не може перевищувати  $\pm 3-4$  мм. Тому, точність взаємного визначення висот сусідніх реперів у середньому не повинна перевищувати  $\pm 2-3$  мм

Структурна побудова опорної висотної мережі залежить від розмірів будівельного майданчика, топографічних умов місцевості, форми, розмірів та призначення споруд, які планується побудувати.

На будівельному майданчику інколи використовується трьохстадійна побудова висотної мережі, але частіше - двохстадійна, тобто будується каркасна (III клас нівелювання) та робочі (IV клас нівелювання) висотні мережі. При встановленні класу нівелювання необхідно керуватися вказаними вище похибками.

Похибка взаємного положення двох пунктів мережі, які належать одному ходу, обчислюється за формулою:

$$m = \mu\sqrt{L}, \quad (3.17)$$

де  $\mu$  - середня квадратична помилка відповідного класу нівелювання на 1 км ходу [10];

$L$  - довжина ходу між пунктами, в кілометрах.

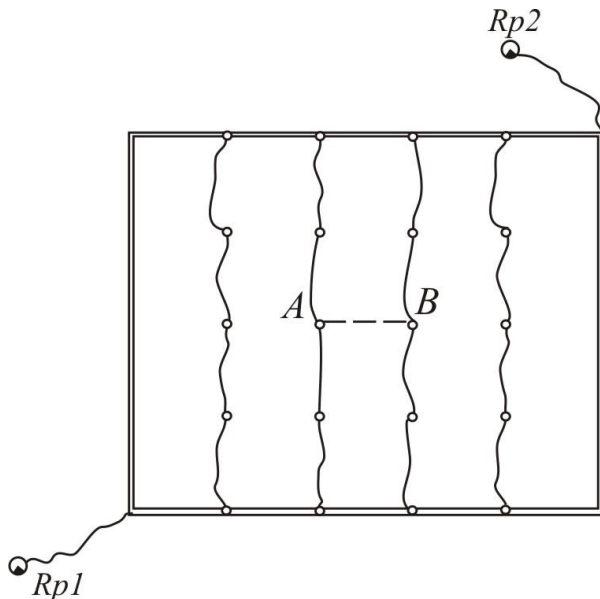


Рисунок 3.12 – Схема нівелювання пунктів будівельної сітки

Відповідно даним [12] у випадках, коли нівелірна мережа III класу є самостійною, що має місце при двох стадійній побудові мережі, нівелірні

ходи прокладаються у прямому та зворотному напрямках. В цьому випадку  $\mu_{III} = 1.7$  мм. [3]. Для нівелювання IV класу  $\mu_{IV} = 6.7$  мм.

При оцінці взаємного положення двох сумісних пунктів А та В (див.рис.3.12), які належать двом різним ходам, помилка обчислюється за формулою:

$$m_{A-B} = \sqrt{\frac{m_K^2}{2} + 2 \cdot \mu_P^2 \cdot L_P}, \quad (3.18)$$

де  $m_K$  - середня квадратична помилка суміжних реперів в каркаській мережі;

$\mu_P$  - середня квадратична похибка робочого нівелювання на 1 км. ходу;

$L_P$  довжина ходу робочого нівелювання (між каркасним нівелюванням), в кілометрах.

Для забезпечення ув'язки висотної мережі із сусідніми об'єктами здійснюють прив'язку будівельної сітки до реперів державної нівелірної мережі. Точність нівелювання прив'язочних ходів приймається не вище класу нівелювання реперів державної нівелірної мережі, яка використовується для прив'язки. Прив'язочні нівелірні хода прокладають не менш ніж від двох реперів державної мережі. Однак, щоб не вносити в жорстку основу для розбивки похибок вихідних даних, її відмітки обчислюють тільки від одного реперу, другий є контрольним.

В пояснювальній записці проекту по проекту висотної прив'язки наводяться такі матеріали:

1) проект висотної мережі для будівельної сітки в масштабі 1:10000 з прив'язкою до реперів державної нівелірної мережі;

2) результати розрахунків точності висотного положення реперів каркасної та робочих мереж;

3) короткий опис методики нівелювання, геодезичного обладнання для нівелювання заданої точності;

4) короткі методичні рекомендації щодо врівноваження нівелірної мережі.

### 3.2.4 Винос на місцевість будівельної сітки

Розмітку будівельної сітки починають з виносу одного або двох **вихідних напрямків**, які помічаються на генеральному плані підприємства. В якості вихідних обираються, як правило, сторони, які оточують будівельну сітку.

Для виносу на місцевість будівельної сітки, як правило, обирають пункти геодезичної основи з відомими координатами, та розташованими поблизу сітки (див.рис.3.13). Координати будівельної сітки визначають з топографічної карти з подальшим уточненням, тобто для приклада на рис.3.13:

1)графічно визначаються координати точок A0B0, A0B10;

2)обчислюється дирекційний кут сторони A0B0-A0B10 за формулою

$$\alpha_{A0B0-A0B10} = \arctg \frac{Y_{A0B10} - Y_{A0B0}}{X_{A0B10} - X_{A0B0}};$$

3)уточнюються координати точки A0B10

$$X_{A0B10} = X_{A0B0} + 1000 \cdot \cos(\alpha_{A0B0-A0B10});$$

$$Y_{A0B10} = Y_{A0B0} + 1000 \cdot \sin(\alpha_{A0B0-A0B10});$$

4) обчислюється дирекційний кут напрямку A0B10-A8B10

$$\alpha_{A0B10-A8B10} = \alpha_{A0B0-A0B10} + 90^\circ \pm 180^\circ;$$

5) обчислюються координат точки A8B10

$$X_{A8B10} = X_{A0B10} + 800 \cdot \cos(\alpha_{A0B10-A8B10});$$

$$Y_{A8B10} = Y_{A0B10} + 800 \cdot \sin(\alpha_{A0B10-A8B10}).$$

Після уточнення координат вершин, за якими планується розмітка будівельної сітки на місцевості розраховуються елементи розмітки за формулами:

$$\alpha_{I-A8B10} = \arctg \frac{Y_{A8B10} - Y_I}{X_{A8B10} - X_I}; \quad \alpha_{I-II} = \arctg \frac{Y_{II} - Y_I}{X_{II} - X_I};$$

$$\beta_I = \alpha_{I-A8B10} - \alpha_{I-II};$$

$$S_I = \sqrt{(Y_I - Y_{A8B10})^2 + (X_I - X_{A8B10})^2}.$$

Аналогічно розраховують інші елементи для розмітки.

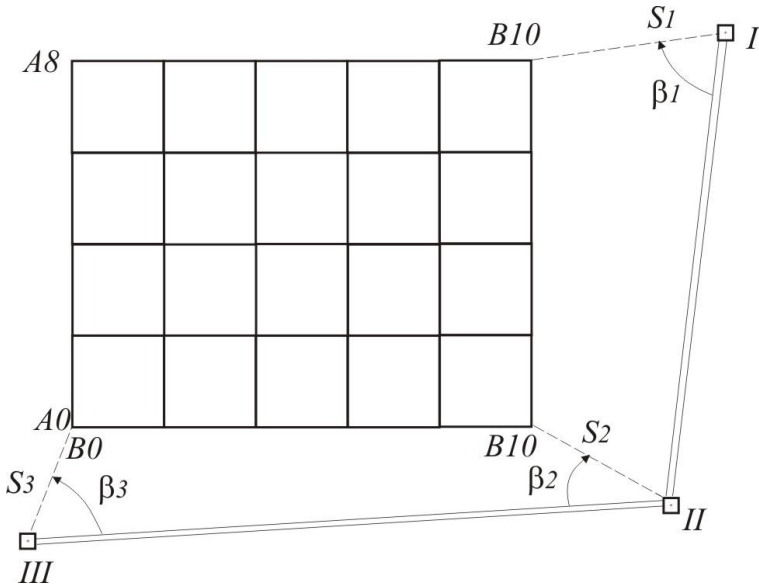


Рисунок 3.13 – Схема виносу будівельної сітки (розмітка на місцевості)

Після закріплення на місцевості трьох вершин сітки за допомогою електронного тахеометра виконують детальну розмітку усіх інших вершин, використовуючи осевий метод або метод редукування. В проекті слід обґрунтувати вибір одного з цих методів детальної розмітки будівельної сітки, навести опис обраного методу, навести граничні середні квадратичні похибки вимірювань.[12] Крім того, слід навести в пояснювальній записці формули для розрахунків елементів редуції, опис геодезичного обладнання та ін. Усі описи повинні супроводжуватися рисунками, схемами, кресленнями.

### 3.3 Розмітка головних та проміжних осей промислової споруди

Перенесення проекту споруди або будівлі любого виду на місцевість складається із визначення на місцевості положення їх проектних (розмічувальних) осей. Процес переносу цих осей в натуру називають геодезичною розбивкою або геодезичною розміткою. Розмічувальні роботи – це гео-

дезичні роботи, які виконуються для визначення планового та висотного положення характерних точок будівлі (споруди) та її конструкцій, що будується, згідно з робочим кресленням проекту.

Розмітку будівлі або споруди здійснюють в два етапи:

- 1) на першому етапі виконуються основні розмічувальні роботи, тобто виносяться на місцевість головні (осі симетрії будівлі або повздовжні осі лінійних споруд) та основні осі (осі, що визначають форму та габаритні розміри будівель та споруд);
- 2) на другому етапі виконуються детальні розмічувальні роботи, тобто розмічаються усі інші вісі відносно основних.

На рис.3.14-3.15 наведено копії креслення з проекту металозбірного цеху та адміністративно-побутової будівлі. На рисунках видно манкіровку головних і допоміжних осей будівель.

Вибір способу розмічування осей обумовлений вибором розмічувальної основи, місцезнаходженням будівлі, розмірами, формою, необхідною точністю, та ін.

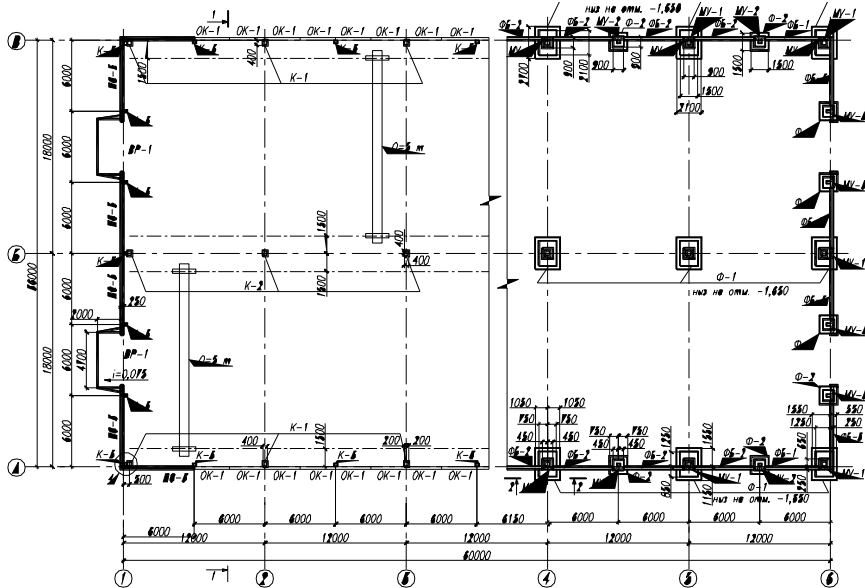


Рисунок 3.14 – Приклад плану металозбірного цеху

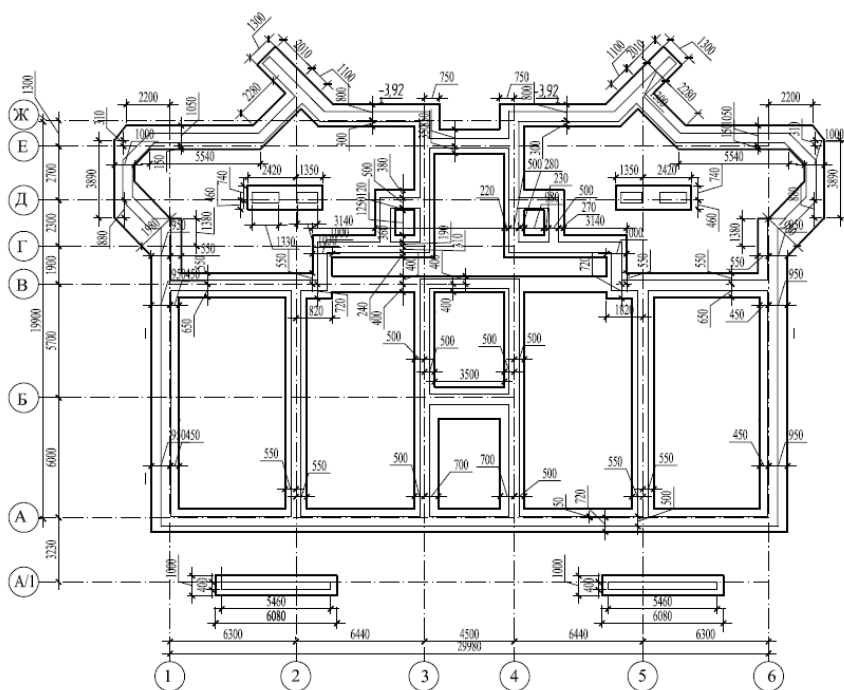


Рисунок 3.15 – Приклад плану адміністративної будівлі на нульовій відмітці

В курсовому проєкті на будівельному майданчику запроєктована будівельна сітка, тому розмічування буде виконуватися від неї. Для розмічування необхідно розробити схему перенесення на місцевість габаритів будівлі.

Для знаходження місцезнаходження габаритних осей виносять в натуру дві крайні точки, які визначають місцезнаходження довгої проколної осі будівлі. Після чого на розмічувальному кресленні вказують всі відстані між осями (див. рис.3.16), прив'язку фундаментів до осей та приступають до улаштування обноси (див. рис.3.17), яку встановлюють по усіх чотирьох кутах будівлі. Осі переносять на обноску за допомогою електронного тахеометра або теодоліта.

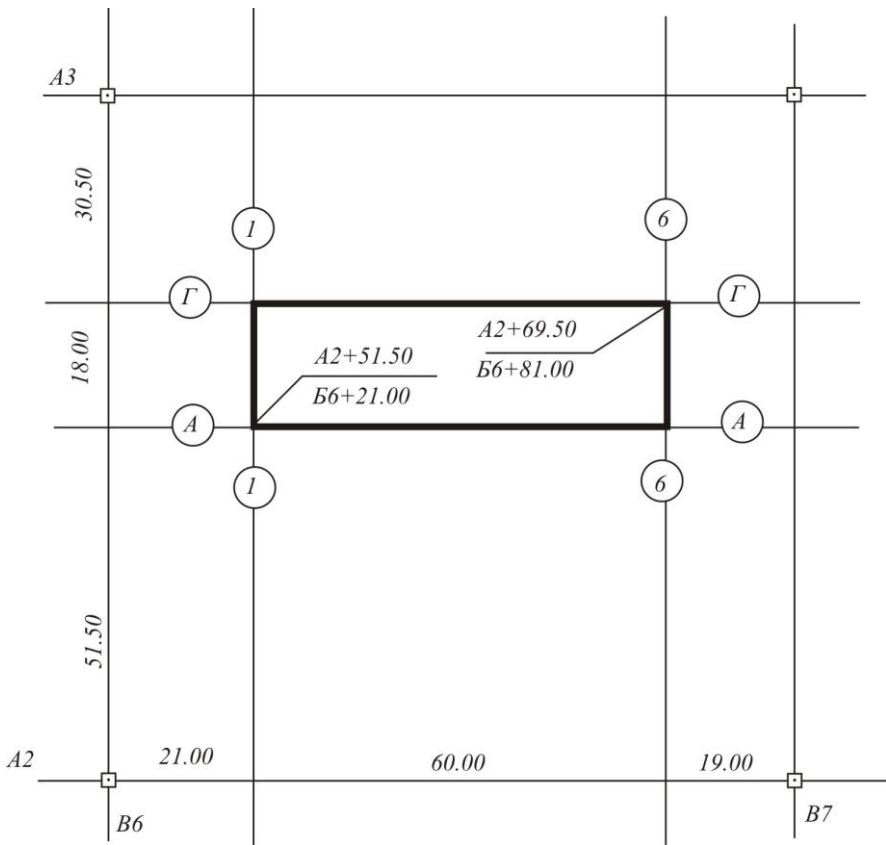


Рисунок 3.16 – Схема перенесення на місцевість габаритів будівлі

В пояснювальній записці необхідно навести стислий опис рекомендованої обноски для виносу осей будівлі на місцевість, описати, яким чином закріплюються головні (габаритні) осі на місцевості, приводяться усі необхідні схеми та креслення. Також необхідно визначити погрішність розмічувальних робіт.

Пункти внутрішньої геодезичної розмічувальної мережі прив'язують до чітко розпізнаних орієнтирів місцевості зі складанням схем прив'язки, для контролю стабільності цієї мережі та полегшення виконання розмічувальних робіт на монтажному горизонті. Для будівель (споруд) до дев'яти по-



верхів створення внутрішньої геодезичної розмічувальної мережі не є обов'язковим.

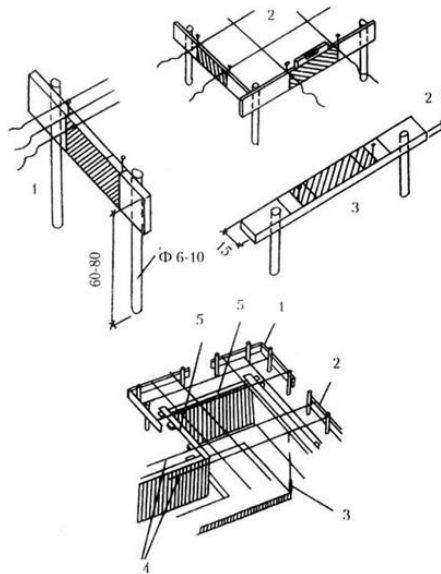


Рисунок 3.17- Конструкція обноски

1 – кутова обноска, 2 - обноска для розмітки середньої стіни, 3 - висок, якій підвішений в точці перетинання проволоч, 4 – проволочка по контуру котловану, 5 - края котловану

## 4. ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ ТА ЇХ ТОЧНІСТЬ У ПЕРІОД НУЛЬОВОГО ЦИКЛУ БУДІВНИЦТВА

### 4.1 Розмічувальні роботи для котловану

При розмітці котловану виконуються такі роботи:

- 1)розмітка основних осей котловану;
- 2)розмітка верхньої бровки котловану;
- 3)контроль за виконанням земляних робіт;
- 4)передача відмітки на дно котловану в залежності від його глибини;

ни;

5)остаточна планово-виконавча зйомка викопаного котловану.

Розмітка котловану полягає в розмітці осей споруди, яку планується побудувати.

Розмітка котловану на місцевості починається із закріплення кілками контурів його бровки та дна відповідно взаємно перпендикулярних крайніх або центральних головних осей споруди по розмічувальній схемі та геометричних параметрів котловану.

Положення обноски на місцевості визначається від розміченого контуру будівлі, дотримуючись умови паралельності ребра дошки відповідній осі споруди. Відстань від краю котловану до обноски повинно бути не менш 3 м, але не більш відстані, при якій можливе сповзання ґрунту при викопуванні котловану (визначається розрахунково).

#### 4.2 Розмічування траншей для підземних комунікацій

Розмічувальні роботи при облаштуванні траншей для трубопроводу складаються з

- 1) виносу в натуру осей траншеї;
- 2) побудови на місцевості лінії із заданим ухилом ї;
- 3) закріплення осі траси за допомогою обноски;
- 4) контроль за викопуванням траншеї за допомогою рухомих візірок;
- 5) виконавчої зйомки трас та колодязів.

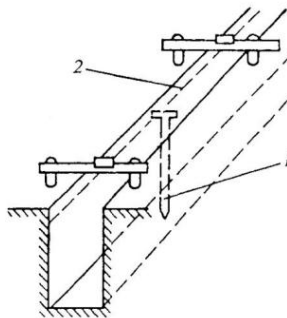


Рисунок 4.1 –Розмічування траншей за допомогою поперечної обноски: 1 рухома візірка; 2 проволока

Розмічування траншеї здійснюють за допомогою поперечних обносів (див.рис.4.1), на яких закріплюють ось траншеї та відмітки дна траншеї, якщо вона має позовжній ухил

Закріплення на місцевості осі траси виконують віхами (довжина 2-2.5 м), які забивають в ґрунти через 10 м на прямих ділянках та 5 м на кривих ділянках, а також в кутах повороту траси в місцях розташування колодязів. В процесі відкопування рівень дна траншеї між суміжними обносками контролюють за допомогою рухомої візірки. Довжина рухомої візірки дорівнює відстані від верхнього ребра нерухомої візірки до проектної відмітки дна траншеї, та приймається кратною 0,5 м (2; 2,5; 3; 3,5 м і т. д.). Рухома візірка переміщується по проволочці, яку натягують між двома колодязями, при цьому лінія візування проходить через верхні грані нерухомої та рухомої візірок. Керуючись положенням нижньої частини рухомої візірки, виконують остаточну зачистку та контроль ухилів дна відритої траншеї.

В проекті необхідно навести такі матеріали:

- комплекс геодезичних робіт при прокладці трас підземних комунікацій;
- граничні відхилення планового положення осей траси;
- точність укладки комунікацій по висоті в залежності від їх виду.

Усі матеріали повинні супроводжуватися необхідними рисунками, схемами та кресленнями.

#### 4.2 Розмічувальні роботи при будові фундаментів

Склад і точність геодезичних робіт при будові фундаментів визначається їх типом. Розрізняють такі фундаменти: пальовий, збірний, монолітний, стрічкові, під залізобетонні колони, під металеві колони.

Відповідно з наведеними в завданні типом фундаменту (табл.1.2) в проекті досліджуються ті види геодезичних робіт, які виконуються на стадіях підготовки його до монтажу, в процесі монтажу і після закінчення будівельних робіт.

Керуючись ДБН та іншими нормативними документами навести в пояснювальній записці стислий опис технічних рішень з пояснювальними схемами, рисунками, кресленнями.

## **5. ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ ТА ЇХ ТОЧНІСТЬ У ПЕРІОД ВОЗВЕДЕННЯ НАЗЕМНОЇ ЧАСТИНИ БУДІВЛІ**

Залежно від ступеня укрупнення розрізняють поелементний монтаж, монтаж укрупненими блоками і монтаж споруд цілком.

Поелементний монтаж - монтаж конструктивними елементами (колони, плити, форми і т.д.). Цей метод має найбільше розповсюдження, тому що вимагає мінімальних витрат на підготовчі роботи і більш зручний для монтажу з транспортних засобів. Але число монтажних підйомів при цьому є максимальним.

Монтаж блоками - з геометрично незмінних блоків, попередньо зібраних з окремих елементів. Такі блоки можуть бути плоскими (блоки оболонок) і просторовими (блоки покриття промислових будинків). При цьому методі істотно знижується число монтажних підйомів, виключається виконання на висоті більшості монтажних операцій, але необхідні для монтажу крани великої вантажопідйомності.

Монтаж споруд повністю полягає в зборці всієї споруди в нижньому положенні, одночасному підйомі й установці в проектне положення. Цим методом в основному монтують опори ліній електропередач, труб, етажерок і т.д.

Метод нарощування полягає в тому, що окремі поверхи чи яруси споруд зводять послідовно знизу вгору, а при будівництві багатоповерхових будинків вищерозташовані конструкції послідовно установлюють на раніше змонтовані й закріплюють нижче конструкції.

Метод підросування полягає в тому, що зведення будинку чи споруди починають з монтажу верхнього ярусу, який збирають на землі і піднімають у проектне або проміжне положення. Потім піднімають другий від верху ярус, третій і т.д. При цьому методі збирають яруси будинку чи споруди в сприятливих умовах стаціонару, але для їхнього підйому потрібно потужне і найчастіше унікальне устаткування, а для забезпечення стійкості

під час підйому потрібні спеціальні пристрої. Метод застосовують при зведенні висотних споруд і багатоповерхових будинків.

Метод повороту. Споруду чи конструкцію збирають у горизонтальному положенні. Нижній елемент споруди з'єднують з фундаментом за допомогою поворотного шарніра. Повертають конструкцію краном чи за допомогою спеціального монтажного оснащення так, щоб після виведення споруди або конструкції у вертикальне положення нижній елемент став на фундамент у проектне положення і міг бути одразу закріплений постійним з'єднанням. Метод застосовують в основному для висотних споруд.

Метод насуву. Зборку конструкцій до монтажного елемента виконують осторонь від постійних опор. У проектне положення зібраний елемент (блок) насувають по спеціальних накаточних шляхах. Метод широко застосовують при монтажі конструкцій промислових будинків.

Залежно від послідовності установки окремих монтажних елементів розрізняють роздільний, комплексний і комбінований метод монтажу.

Роздільний диференційований монтаж. Установлюють, вивіряють і остаточно закріплюють послідовно однойменні конструктивні елементи. Наприклад, при монтажі конструкцій одноповерхового промислового будинку спочатку встановлюють колони, потім балки ферми чи балки покриття і т.д.

Комплексний (зосереджений) монтаж. Установлюють, вивіряють і закріплюють усі конструкції одного осередку будинку.

Комбінований (змішаний) монтаж - це поєднання роздільного і комплексного методу. Наприклад, при монтажі конструкцій одноповерхового промислового будинку спочатку встановлюють колони (як при роздільному методі), а потім всі інші конструкції по осередках (як при комплексному методі). Метод ефективний при наявності на монтажному майданчику декількох типів монтажних механізмів і застосовується з метою поліпшення їхнього використання.

Вивірка - операція, що забезпечує точну відповідність положення монтованих конструкцій проектному. Вивірка може бути візуальною чи інструментальною. В окремих випадках вивірку можна не робити.

Візуальна вивірка виконується при достатній точності опорних поверхонь і стиків конструкцій з використанням сталевих рулеток, лінійок, шаблонів і т.п.

Інструментальну вивірку виконують, коли складно забезпечити точність установки монттованих конструкцій. Інструментальна вивірка передбачає перевірку положення змонттованих конструкцій у плані, по висоті й вертикалі з використанням кондукторів та інших пристроїв, а також інструментів - теодолітів, нівелірів та ін.

Безвивірочна установка застосовується в основному при монтажі металевих конструкцій (в окремих випадках і залізобетонних) з підвищеним класом точності геометричних розмірів у монтажних стиках.

Залежно від конструктивних особливостей будинків та споруд обираються технології геодезичного контролю в процесі монтажу.

Створення внутрішньої геодезичної розмічувальної мережі будівлі (споруди) на вихідному горизонті треба виконувати з прив'язкою до пунктів зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі, а на монтажному горизонті – до пунктів внутрішньої геодезичної розмічувальної мережі вихідного горизонту.

Пункти внутрішньої геодезичної розмічувальної мережі прив'язують до чітко розпізнаних орієнтирів місцевості зі складанням схем прив'язки, для контролю стабільності цієї мережі та полегшення виконання розмічувальних робіт на монтажному горизонті. Для будівель (споруд) до дев'яти поверхів створення внутрішньої геодезичної розмічувальної мережі не є обов'язковим.

Правильність виконання розмічувальних робіт треба перевіряти шляхом контрольних геодезичних вимірювань та побудов (у напрямках, що не співпадають з прийнятими при розмічуванні) з точністю не нижче, ніж при розмічувальних роботах.

Пояснювальна записка цієї частини курсового проекту повинна містити матеріали, пов'язані з монтажем наземної частини споруди по варіанту завдання.

Графічна складова пояснювальної записки складається із матеріалів, наведених далі:

- 1) схеми зовнішньої та внутрішньої розмічувальної основи на вихідному горизонті;
- 2) схема одного із способів передачі відміток і осей на монтажний горизонт;
- 3) схема розмітки осей підкранових путей та один із засобів контролю вимірювань в процесі їх експлуатації (для цехів);
- 4) спосіб контролю за установкою окремих колон або їх ряду по вертикалі (якщо є в завданні);
- 5) контрольні вимірювання за монтажем наземної частини споруд;
- б) виконавчі зйомки по кожному етапу монтажу.

## **6. ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ ТА ЇХ ТОЧНІСТЬ У ПЕРІОД МОНТАЖУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

Розмічувальні роботи для монтажу технологічного обладнання і будівельних конструкцій треба виконувати з точністю, що забезпечує дотримання допусків, які передбачені відповідними нормами, державними стандартами та проектною документацією.

В пояснювальній записці навести матеріали, пов'язані з установкою та вивірнням технологічного обладнання, якщо в завданні проектується промисловий цех. В проекті студент обґрунтовує та пропонує методи геодезичних робіт при монтажі технологічного обладнання в плані, по висоті та вертикалі.

## **7. СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ОСАДКАМИ ТА ДЕФОРМАЦІЯМИ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД. ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ БУДІВЕЛЬ (СПОРУД)**

Геодезичний моніторинг включає в себе систему вимірювань, фіксації результатів та аналітичну обробку отриманих даних. Геодезичному моніторингу, як правило, підлягають основи, фундаменти, конструкції будівель (споруд) або їх частин об'єкта нового будівництва та будинки, інженерні мережі, підземні споруди та об'єкти інфраструктури, що його оточують.

Для висотних будинків, експериментальних та складних будівель (споруд) моніторинг входить до робіт з науково-технічного супроводу, є складовою частиною загального моніторингу об'єкта будівництва.

Геодезичний моніторинг виконується геодезичними методами, приладами та автоматизованими комплексами у відповідності до вимог програми та технічного завдання.

Комплекс робіт з геодезичного моніторингу виконується для основи, фундаменту, над земної частини та інженерних мереж. При геодезичному моніторингу визначаються такі характеристики деформацій:

для основ:

- а) вертикальні деформації ґрунту;
- б) горизонтальні зміщення фунту; для фундаментів:
- в) абсолютне осідання, середнє осідання;
- г) нерівномірне осідання, відносне нерівномірне осідання;

для наземної частини будинку:

- д) відхили від вертикалі (крен) будівельних конструкцій (осей колон, стін, ліфтових шахт тощо) або будівлі (споруди) в цілому;
- е) деформації колон і інших бетонних конструкцій;
- ж) розкриття тріщин, динаміка їх розвитку.

Методи і вимоги до точності геодезичних вимірювань деформацій основ будівель (споруд) потрібно приймати згідно з ГОСТ 24846.

В курсовому проекті виконати такі роботи:

- 1)запроектувати мережу висотної геодезичної основи;
- 2)скласти схему розміщення осадочних марок для одного з цехів;
- 3)вказати граничні погрішності визначення осадок для будівель, які розміщені на різних по фізико-механічним властивостям ґрунтів;
- 4)описати методика обробки результатів спостереження;
- 5)зробити висновки по вибору геодезичного обладнання для геодезичних вимірювань в процесі спостереження за деформаціями;
- 5)розробити структуру моніторингу будівлі.



## 8. ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ПРОЕКТУ

У висновках пояснювальної записки до курсового проекту необхідно навести основні результати, які були отримані при проектуванні:

- 1) вид запроєктованої планової основи з показниками точності;
- 2) вид запроєктованої висотної основи з показниками точності;
- 3) вид запроєктованої геодезичної розмічувальної мережі з показниками точності;
- 4) основні заходи по контролю будівельно-монтажних робіт на усіх стадіях будівництва;
- 5) методика спостережень за деформаціями головного корпусу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Левчук Г.П. Курс инженерной геодезии.- М.: Недра,1970. – 408 с.
2. Михелев Д.Ш. и др. Инженерная геодезия. - М.: Высшая школа, 2000.
3. Большаков В.Д. и др. Справочное пособие по прикладной геодезии. -М.: Недра, 1980. – 543 с.
4. Сироткин М.П. Справочник по геодезии для строителей. -М.: Недра, 1975. – 365 с.: ил.
5. Судаков Я.А. Геодезические работы при возведении крупных промышленных сооружений и высотных зданий. – М.: Недра, 1972.
6. Даниленко С.Д. Организация и производство геодезических работ при крупном строительстве. – М.: Недра, 1975.
7. Ганьшин В.Н. и др. Геодезические работы в строительстве. – М.: Недра, Стройиздат, 1975.
8. Бронштейн Г.С. Строительные геодезические сетки. – М.: Недра, 1984. – 150 с
9. Ващенко В., Літинський В., Перій С. Геодезичні прилади та приладдя. Навчальний посібник. – Львів. Євросвіт, 2006. – 208 с.: іл.
10. Инструкция по нивелированию I, II, III, и IV классов. / Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР – М.: Недра, 1990. – 167 с.: ил.
11. Інструкія з топографічного знімання у масштабах 1:5 000-1:500. – К., 1999. – 155 с.
12. ДБН Б В.1.3-2:2010 Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві// Затв. наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 21.01.2010 р. № 20
13. СНиП II-89-80 Генеральные планы промышленных предприятий
14. Гермонова Е.А., Митрофанова Е.И. Конспект лекций по инженерной геодезии. ДонНТУ -2000
15. Методические указания к расчетно-графической работе №1 по курсу «Инженерная геодезия» для специальностей 7.070901 «Геодезия», 7.070908 «Геоинформационные системы», 7.070904 «Землеустройство и кадастр». Раздел: «Геодезические разбивочные работы»/Сост.:Гермонова Е.А., Митрофанова Е.И.- Донецк: ДонНТУ, 2001.-58С.

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**Дисципліна: «ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ»**

Для студентів спеціальності:  
6.070904 «Геоінформаційні системи і технології»

Укл.: Гермонова Катерина Олександрівна,  
Митрофанова Олена Ігорівна