

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ ТА КАДАСТРУ

І.В. Калинич

М.Р.Ничвид

І.І. Калинич

**ПРОЄКТУВАННЯ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ОСНОВИ ДЛЯ
ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ ТОПОГРАФІЧНИХ ЗНІМАНЬ,
ЗЕМЛЕВПОРЯДНИХ ТА КАДАСТРОВИХ РОБІТ**

**Методичні вказівки
до виконання курсової роботи з дисципліни
«Геодезія»**

**для студентів спеціальності
193 «Геодезія та землеустрій»
всіх форм навчання**

Ужгород 2021

Проектування геодезичної основи для великомасштабних топографічних зніманих, землевпорядних та кадастрових робіт. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Геодезія» робіт для студентів спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» всіх форм навчання. / Уклад.: Калинич І.В., Ничвид М.Р., Калинич І.І. – Ужгород: вид. Говерла. ДВНЗ «УжНУ», 2021 – 52 с.

Укладачі:

Калинич І.В. - к.т.н., доцент кафедри землевпорядкування та кадастру;
Ничвид М.Р. - старший викладач кафедри землевпорядкування та кадастру;
Калинич І.І. - старший викладач кафедри землевпорядкування та кадастру.

Рецензент:

Жиган М.В. – заступник директора з виробництва ЗРФ ДП «УкрДАГП»

Відповідальний за випуск: Пересоляк В.Ю., к.н.з д.у, завідувач кафедри землевпорядкування та кадастру.

*Розглянуто на засіданні кафедри землевпорядкування та кадастру
(протокол № 6 від 25 січня 2021 року).*

*Рекомендовано до друку Методичною комісією Географічного факультету
ДВНЗ «УжНУ»
(протокол № 4 від лютого 2021 року).*

© ДВНЗ «УжНУ», 2021

© Калинич І.В., 2021

© Ничвид М.Р., 2021

© Калинич І.І., 2021

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЄКТУВАННЯ ТОПОГРАФО – ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ	5
I. ПІДГОТОВКА ЗАВДАННЯ ТА КАРТ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ	6
II.КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИКО – ГЕОГРАФІЧНИХ ТА ЕКОНОМІЧНИХ УМОВ, ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ’ЄКТА РОБІТ	17
III. ПОЛІГОНОМЕТРІЯ. ТЕХНОЛОГІЯ МЕТОДУ. ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПОЛІГОНОМЕТРІЇ 4-ГО КЛАСУ, 1-ГО ТА 2-ГО РОЗРЯДІВ	20
IV. ПРОЄКТУВАННЯ ПОЛІГОНОМЕТРИЧНИХ ХОДІВ І МЕРЕЖ ЗГУЩЕННЯ В ГРАФІЧНІЙ ФОРМІ	25
V. ХАРАКТЕРИСТИКА РОЗРАХУНКУ ПОПЕРЕДНЬОЇ ТОЧНОСТІ ЗАПРОЄКТОВАНИХ ХОДІВ.....	31
VI. ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТ ПУНКТІВ МЕРЕЖ ЗГУЩЕННЯ.....	43
VII. ЗМІСТ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ ДО КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	46
VIII. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	49
ДОДАТКИ.....	50

ВСТУП

Дисципліна «Геодезія», її поняття, теоретичні положення для студентів, які навчаються за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій», є основою при вивченні ряду спеціальних дисциплін і надалі служать фундаментом професійної діяльності.

Курсова робота на тему «Проектування геодезичної основи для великомасштабних топографічних зніманих, землевпорядних та кадастрових робіт» є для студентів 2-го курсу денної та 3-го курсу заочної форми навчання завершальним етапом вивчення дисципліни «Геодезія».

Метою виконання курсової роботи є розвиток навичок самостійної роботи студентів, більш глибоке вивчення питань проектування та побудови геодезичної основи при виробництві великомасштабних топографічних зніманих та земельно-кадастрових робіт.

Курсова робота за змістом складається з двох частин: графічної частини на топографічній карті або її ксерокопії масштабу 1: 25 000(1:10000), пояснювальної записки з технічними та іншими характеристиками запроєктованих геодезичних побудов, рекомендацією приладів, способів нівелювання, кутових і лінійних вимірювань. При цьому цикл проектування умовно розділений на окремі завдання. У кожному завданні розглядаються загальні теоретичні положення, викладається порядок його виконання, приводяться окремі приклади.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЄКТУВАННЯ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

Для виконання геодезичних робіт на місцевості при топографічних зніманнях та вирішенні інших інженерно-геодезичних задач попередньо розробляють робочий проєкт.

Підставою для проєктування геодезичних робіт є завдання на складання технічного проєкту на ту чи іншу ділянку (об'єкт робіт). Технічний проєкт є документом, що визначає зміст, обсяги, трудові витрати, кошторисну вартість, основні технічні умови, організацію та терміни виконання робіт.

Технічний проєкт на виконання топографо-геодезичних робіт складається з трьох частин - текстової, графічної та кошторисної.

Відповідно до завдання в текстовій частині проєкту (пояснювальній записці), висвітлюють такі питання:

- цільове призначення робіт;
- коротка фізико-географічна характеристика району робіт;
- відомості про топографо-геодезичну забезпеченість району робіт і вихідних даних;
- обґрунтування необхідної точності, щільності, методів побудови геодезичної основи або її згущення;
- визначення технологій, приладів для виконання польових вимірювань, способів камеральної обробки отриманих результатів;
- встановлення переліку топографо-геодезичних, картографічних та інших матеріалів, що підлягають здачі після закінчення робіт;
- пропозиції щодо організації та термінів виконання робіт;
- питання техніки безпеки і охорони праці.

Графічна частина являє собою схему вихідних геодезичних даних, проєктних геодезичних побудов, яка виконується на наявних картах найбільшого масштабу (1: 25 000, 1: 10 000 і більше) в межах об'єкта робіт.

Розробка технічного проєкту починається зі збору, вивчення і аналізу наявних на об'єкт робіт, картографічних матеріалів, відомостей і даних про раніше виконані геодезичні роботи в межах об'єкта.

Залежно від площі об'єкта, призначення і виду геодезичних робіт (розвиток, згущення різними методами планової, висотної основи, виробництво великомасштабних топографічних зніманих, рішення інших інженерно-геодезичних задач) вибирається масштаб карти для складання графічної частини проєкту.

В результаті аналізу зібраних матеріалів з топографо-геодезичної забезпеченості об'єкта робіт встановлюються вихідні дані для виконання

проектних геодезичних робіт. У всіх випадках для запроєктованих планових, висотних геодезичних мереж вихідними повинні бути пункти та репери вищих класів, більш високої точності.

Метою курсової роботи є проєктування на заданій території (об'єкті робіт) планової геодезичної основи необхідної точності і щільності її пунктів для подальшого виконання топографічних та кадастрових знімачів в масштабах 1: 5 000, 1: 2 000, а також вирішення інших земельно-кадастрових завдань.

I. ПІДГОТОВКА ЗАВДАННЯ ТА КАРТМАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ

Загальні теоретичні положення

За географічними координатами кутів рамок аркуша топографічної карти масштабу 1:25 000 (1:10 000) необхідно визначити реальну номенклатуру відповідного листа карти масштабу 1:1 000 000, використовуючи схему розташування карт цього масштабу в Міжнародній розграфці (рис. 1).

На рис. 2 наведено номенклатуру і розграфку топографічних карт всього масштабного ряду в загальному вигляді. За встановленою номенклатурою аркуша карти 1: 1 000 000 в його межах встановити реальну номенклатуру і географічні координати кутів рамок аркушів карт масштабів 1: 100 000, 1: 50 000, 1: 25 000, 1: 10 000.

Примітка. Для міських і забудованих територій, на ділянках площею менше 20 км² при масштабах 1: 5 000 і 1: 2 000, як правило, застосовується прямокутна розграфка з розмірами рамок аркуша відповідно 40 × 40 см і 50 × 50 см. У цих випадках за основу розграфки приймається лист карти масштабу 1: 5 000, що позначається арабськими цифрами. Лист карти 1: 5 000 містить чотири прямокутних аркуша масштабу 1: 2 000, які позначаються великими літерами українського алфавіту (А, Б, В, Г). Номенклатура аркуша 1: 2 000 складається з номера листа 1: 5 000 і букви для листа 1: 2 000. На рис. 3 наведено прямокутну розграфку і номенклатуру аркушів топографічних планів масштабу 1: 5 000, 1: 2 000, 1: 1 000, 1: 500.

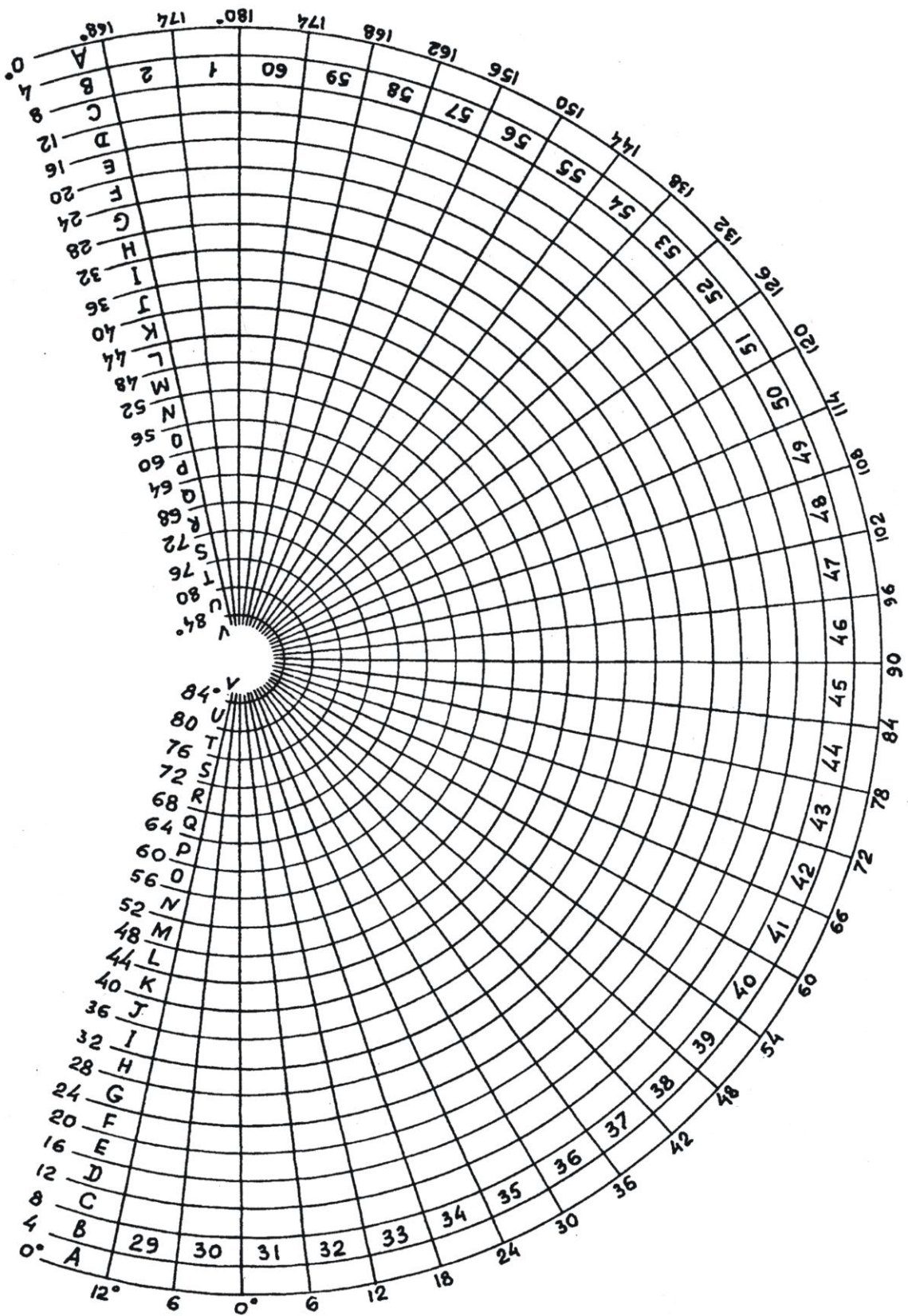


Рис. 1. Схема листів карти масштабу 1 : 1 000 000

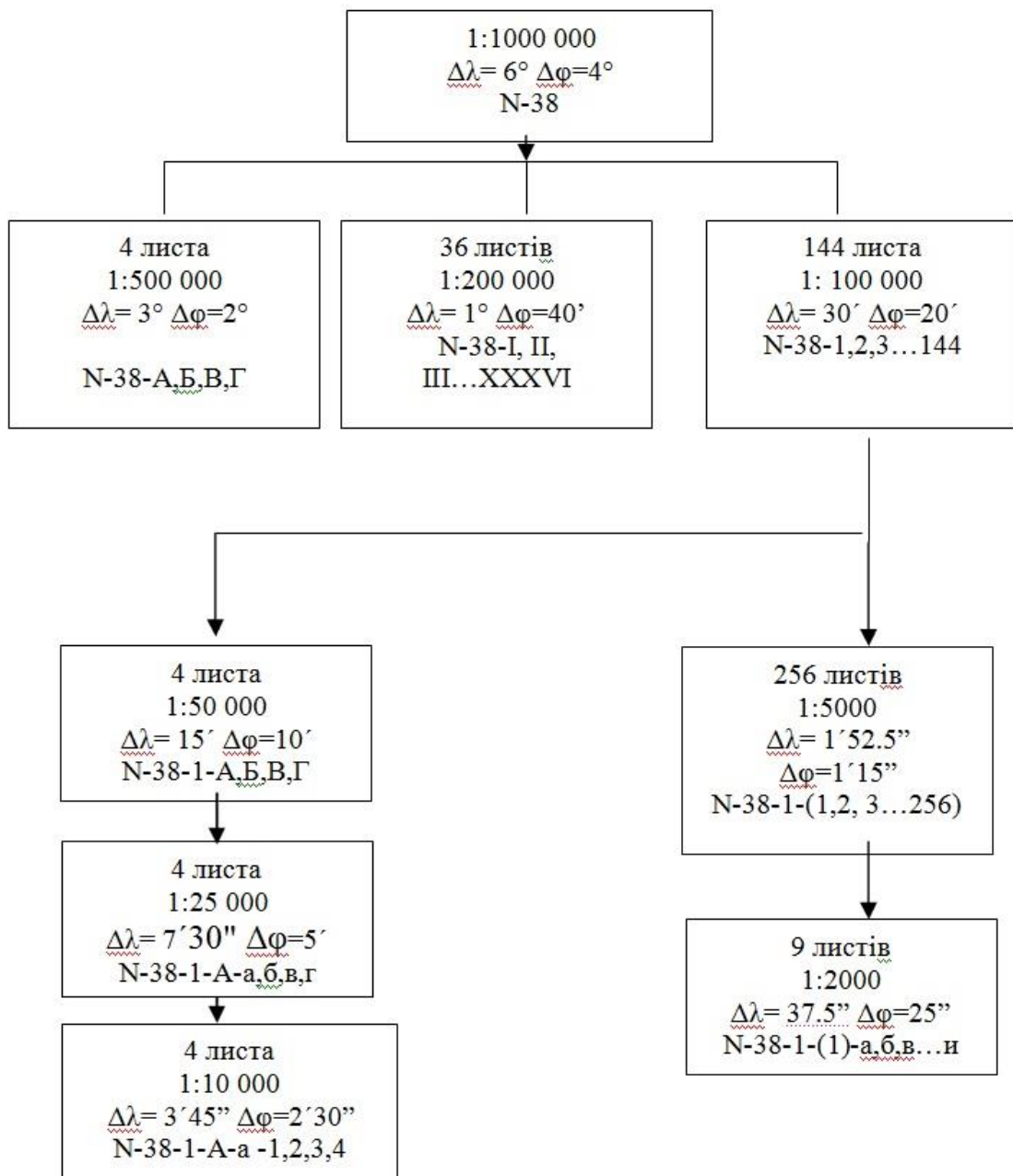


Рис.2. Розграфка та номенклатура топографічних карт

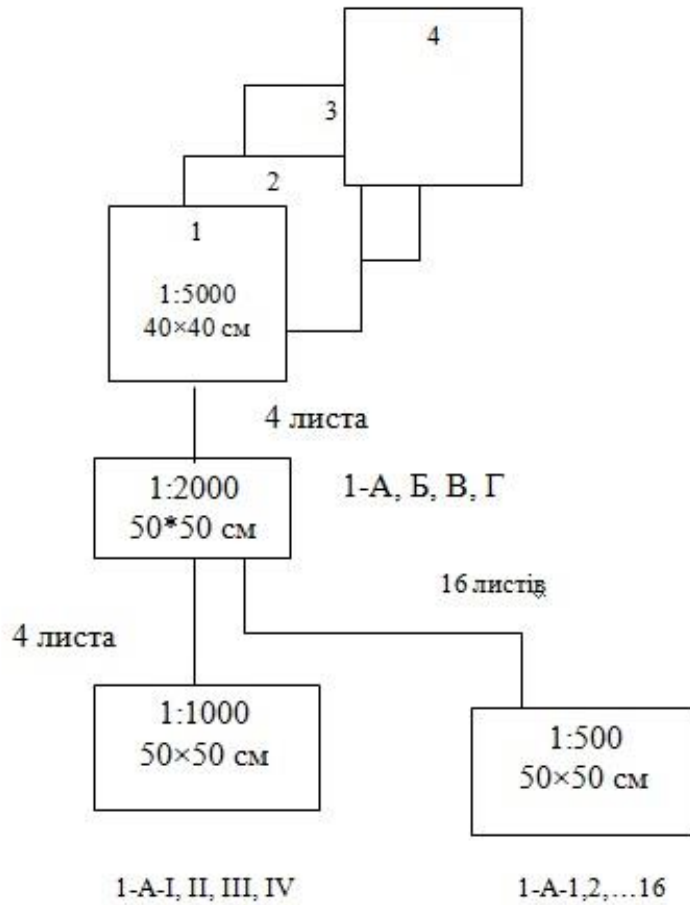


Рис.3. Прямокутна розграфка великомасштабних топографічних планів

Послідовність виконання завдання

Для розробки проєкту дано карта масштабу 1: 25 000(1:10 000) з умовною номенклатурою У-33-65-Б-а (рис. 4а). За географічними координатами (широтою та довготою об'єкту) визначається реальна номенклатура відповідного листа карти масштабу 1: 1 000 000 - N-33 (рис. 4б), встановлюється реальна номенклатура вихідної карти (рис. 5) та інших листів карт всього масштабного ряду для заданої території (рис. 6-12).

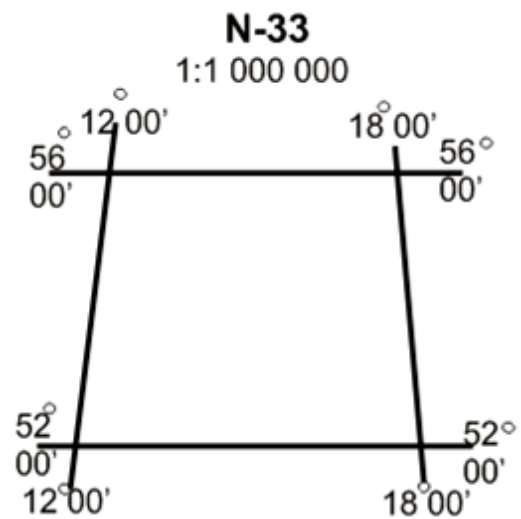
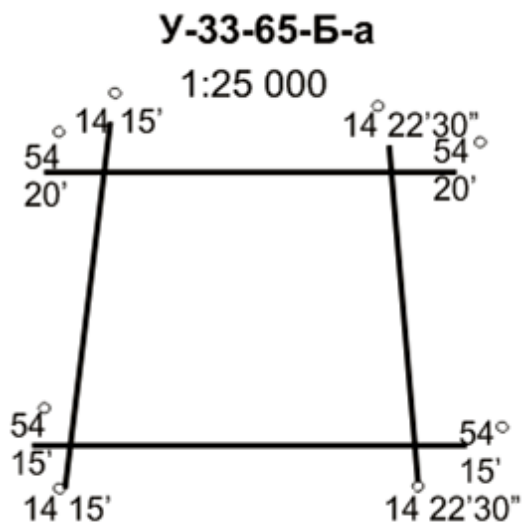


Рис. 4а. Аркуш карты масштабу 1:25 000 з умовною номенклатурою

Рис. 4б. Аркуш карти масштабу 1 : 1 000 000

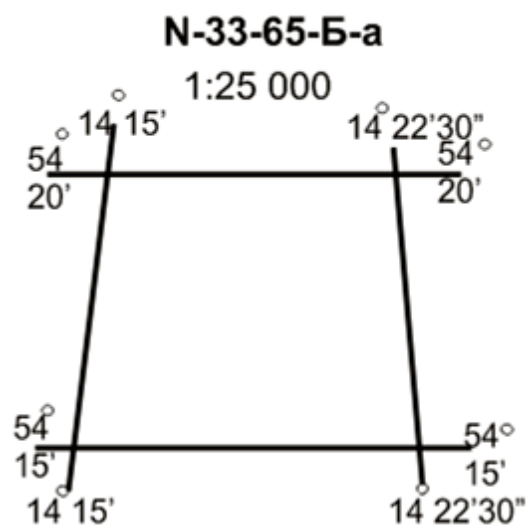


Рис. 5. Аркуш карти масштабу 1 : 25 000 з реальною номенклатурою

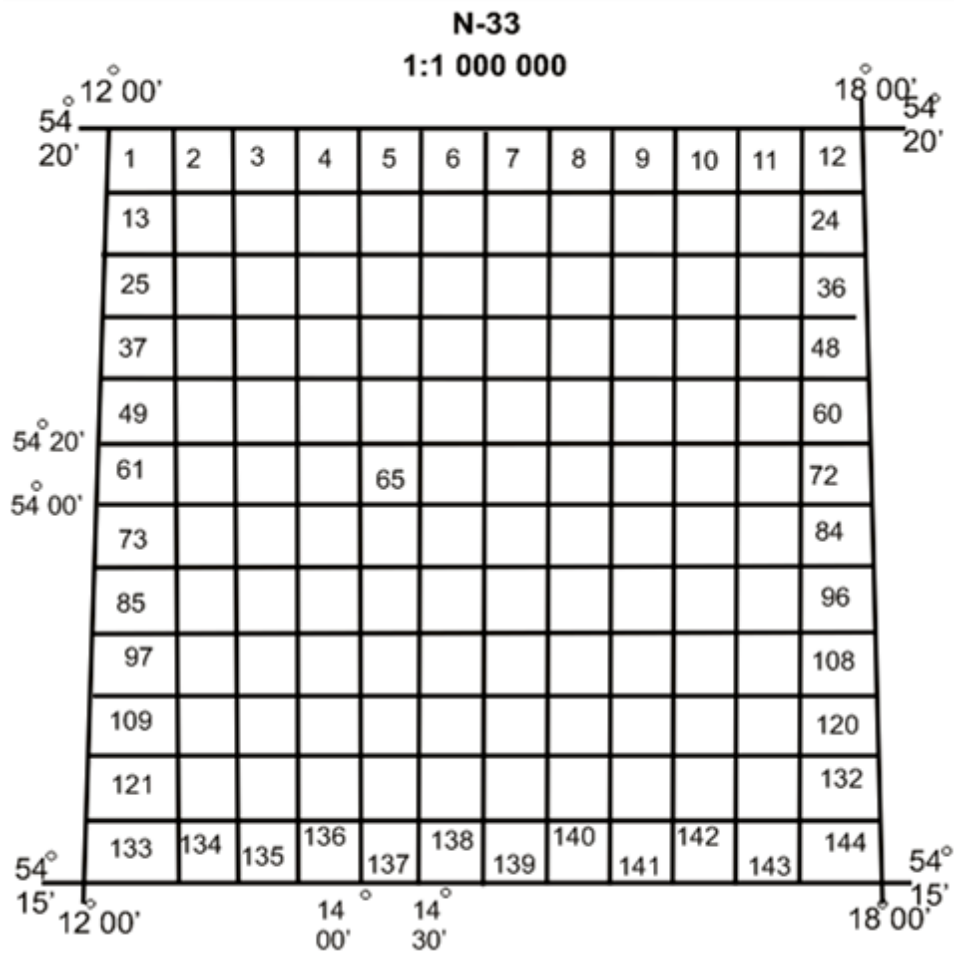


Рис. 6. Розграфка і номенклатура аркушів карт масштабу 1 : 100 000 в рамках аркуша карти N-33

Розграфку та номенклатуру аркушів карт всього масштабного ряду в рамках аркуша карти 1 : 100 000 **N-33-65** вказано на рис. 7–12.

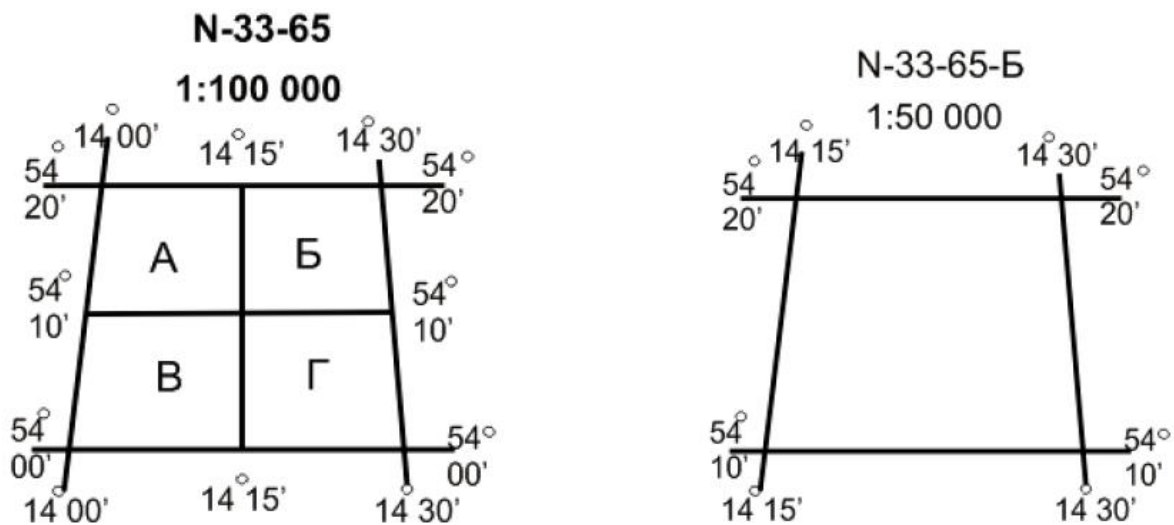


Рис. 7. Номенклатура та розміри аркуша масштабу 1 : 50 000

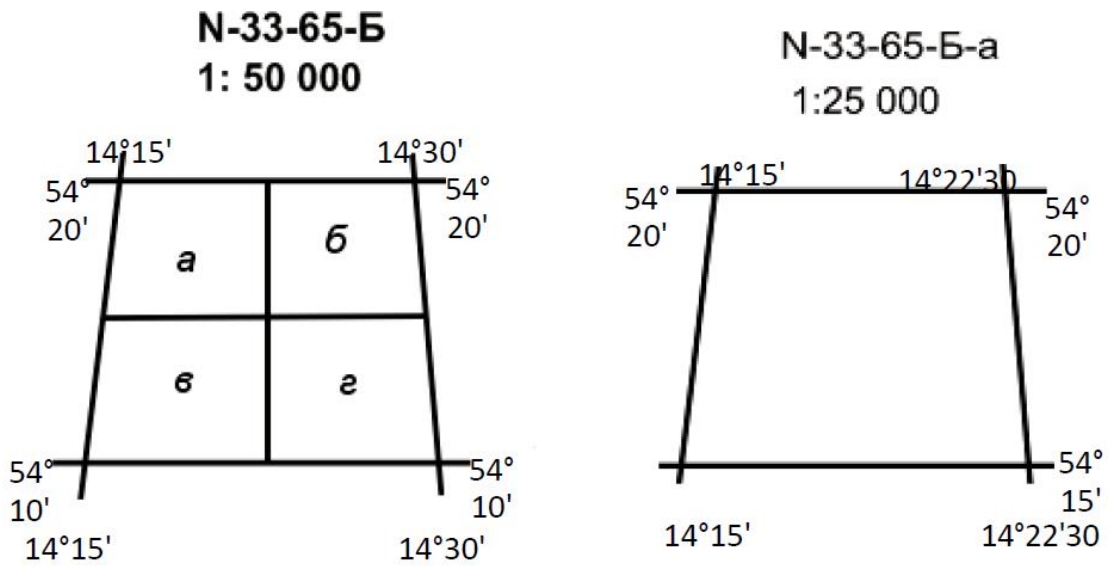


Рис. 8. Номенклатура та розміри аркуша масштабу 1 : 25 000

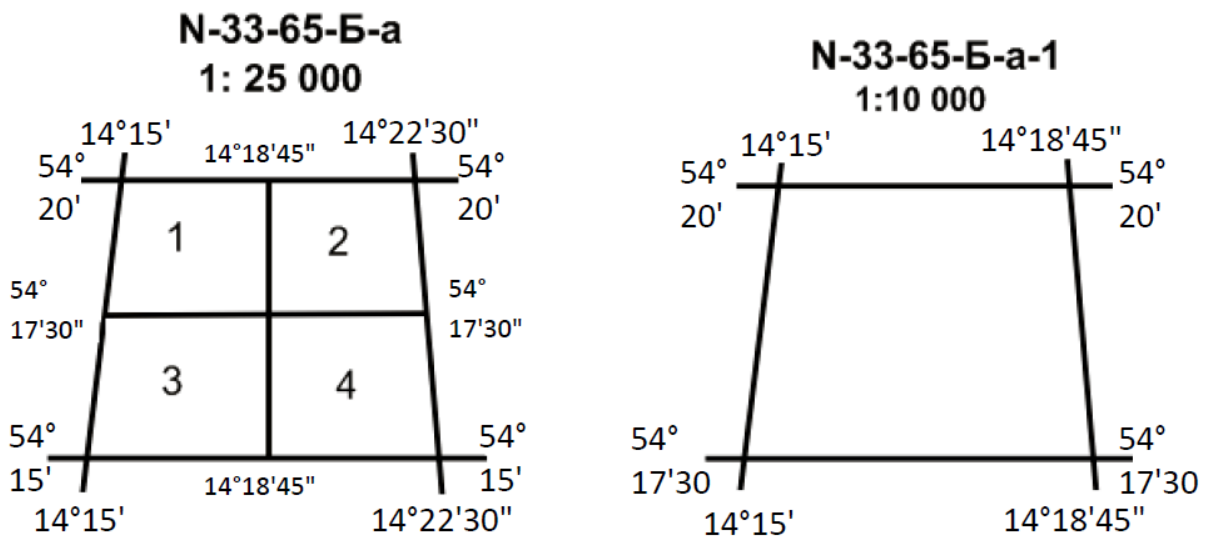


Рис. 9. Номенклатура та розміри аркуша масштабу 1 : 10 000

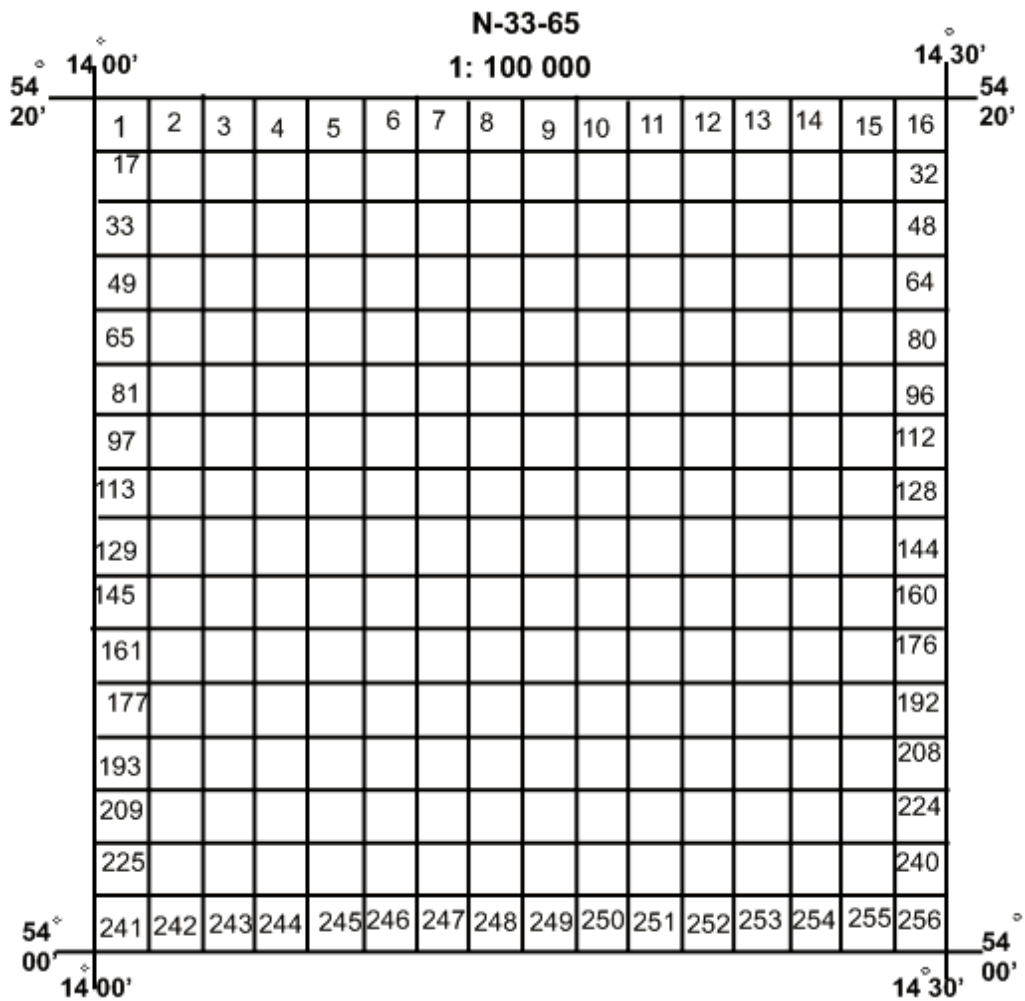


Рис. 10. Номенклатура аркушів масштабу 1 : 5 000 в рамках аркуша
1 : 100 000 N-33-65

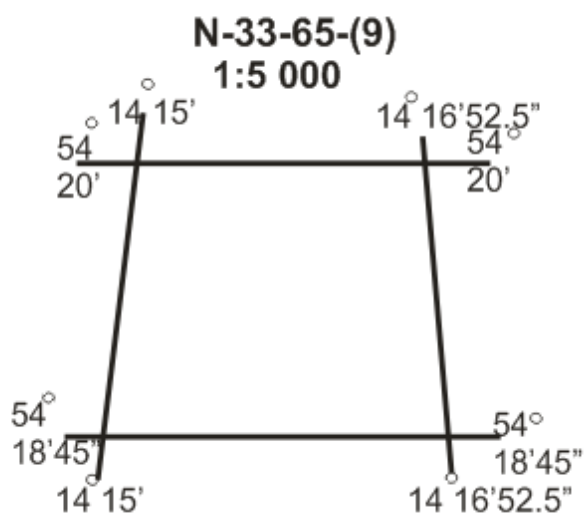


Рис. 11. Номенклатура та розміри аркуша масштабу 1 : 5 000

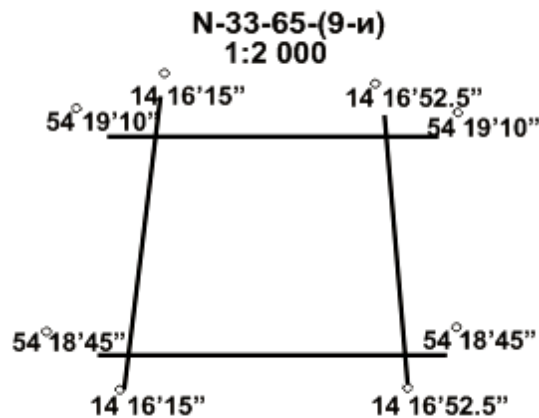
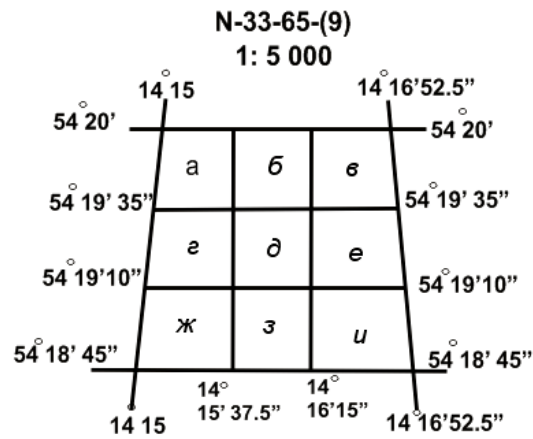


Рис. 12. Номенклатура та розміри аркуша карти масштабу 1 : 2 000

Номенклатури і географічні координати двох кутів (північно – західного і південно-східного) рамок трапецій карт масштабу 1:5000, які покривають вихідний аркуш двадцятип'ятитисячного масштабу, зведені в таблицю №1.

Таблиця №1

Географічні координати кутів рамок суміжних трапеції масштабу 1:5000				
номенклатура	південно -західний кут		північно - східний кут	
	Широта	Довгота	Широта	Довгота
N-33-53-(248)	54 20'00.0"	14 13'07.5"	54 21'15.0"	14 15'00.0"
N-33-53-(249)	54 20'00.0"	14 15'00.0"	54 21'15.0"	14 16'52.5"
N-33-53-(250)	54 20'00.0"	14 16'52.5"	54 21'15.0"	14 18'45.0"
N-33-65 - (8)	54 18'45.0"	14 13'07.5"	54 20'00.0"	14 15'00.0"
N-34-65 - (9)	54 18'45.0"	14 15'00.0"	54 20'00.0"	14 16'52.5"
N-33-65-(10)	54 18'45.0"	14 16'52.5"	54 20'00.0"	14 18'45.0"
N-33-65-(24)	54 17'30.0"	14 13'07.5"	54 18'45.0"	14 15'00.0"
N-33-65-(25)	54 17'30.0"	14 15'00.0"	54 18'45.0"	14 16'52.5"
N-33-65-(26)	54 17'30.0"	14 16'52.5"	54 18'45.0"	14 18'45.0"

**Визначення прямокутних координат кутів рамки трапеції N-33-65-Б-а-1,
М 1:10 000**

За географічними координатами визначаємо прямокутні координати вершин кутів рамки трапеції 1:10000. Їх виписують з таблиць Гаусса-Крюгера по широті і різниці довгот вершин кутів рамки трапеції і осьового меридіана зони. Довготу осьового меридіана шестиградусної зони визначають за формулою:

$$L_0 = 6^\circ n - 3^\circ, \quad (I. 1)$$

n - номер координатної шестиградусної зони, в якій розміщено аркуш карти.

Для нашого прикладу $L_0 = 6^\circ * 3 - 3^\circ = 15^\circ$

Треба пам'ятати, що прямокутні координати в таблицях знаходяться за двома аргументами: географічною широтою кута рамки та різниці довжин вершини кута рамок та осьового меридіану. Якщо довгота осьового меридіану менше довготи вершини кута рамки трапеції, тоді ордината y має додатній знак, і навпаки коли довгота осьового меридіану більше довготи вершини кута рамки трапеції, тоді ордината y буде мати від'ємний знак.

Для переходу до приведених ординат необхідно до знайденого значення y додати +500 км ординат і спереду записати номер зони.

Із таблиць виписуємо на схему розміри сторін та діагоналі трапеції, її площу, а також зближення меридіанів як для окремих кутів рамки трапеції, так і середнє значення для трапеції в цілому.

Значення зближення меридіанів визначається знаком не приведенного значення ординати. Для контролю вибраних із таблиць величин обчислюємо значення сторін та діагоналі за формулою

$$S = \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2} \quad (I)$$

де x_a, y_a, x_b, y_b – координати точок, між якими визначається відстань.

Для порівняння обчислених значень з табличними необхідно врахувати масштаб знімання. При цьому різниця не повинна перевищувати 0,2 мм.

Складається в довільному масштабі схема аркушів карт масштабу 1 :5 000 (на площу заданої трапеції масштабу 1 :25 000), на якій показуємо їх номенклатуру.

Нехай, наприклад дано трапецію N-33-65-(9). Ця трапеція знаходиться в межах зони № 33, яка має довготу осьового меридіану $L_0=15^\circ$ і обмежена паралелями широти B , які рівні $54^\circ 18' 45.0''$ і $54^\circ 20' 00.0''$ та меридіанами, довготи L яких дорівнюють $14^\circ 15' 00.0''$ і $14^\circ 16' 52.5''$.

Відповідно, довготи $l = L - L_0$ західної і східної рамок трапеції відповідно осьового меридіану зони будуть $- 0^\circ 45' 00.0''$ і $- 0^\circ 43' 07.5''$.

Відповідно геодезичним координатам B і l із таблиць вибираємо значення координат x та y . Необхідні записи та обчислення розмістимо в табл.2.

Таблиця 2

№ вершини	Геодезичні координати		Плоскі прямокутні координати	
	<i>B</i>	$l = L - L_0$	<i>x</i>	<i>y</i>
I	54° 20'00"	- 0° 45'00.0"	6 023383.8 м	+ 48788.4
II	54° 20'00"	- 0° 43'07.5"	6 023362.6 м	+ 46755.6
III	54° 18'45"	- 0° 43'07.5"	6 021043.7 м	+ 46779.3
IV	54° 18'45"	- 0° 45'00.0"	6 021064.8 м	+ 48813.1

Визначення розмірів рамки та площі трапеції N-33-65-(9) масштабу 1:5000, що входить до трапеції N-33-65-Б-а-1

Розміри рамок і площі трапеції вибираємо з таблиць відповідно за значенням широт її північної та південної рамок. Для даної трапеції **N-33-65-(9)** (рис.13) одержимо:

$$a_1 = 40,66 \text{ см}$$

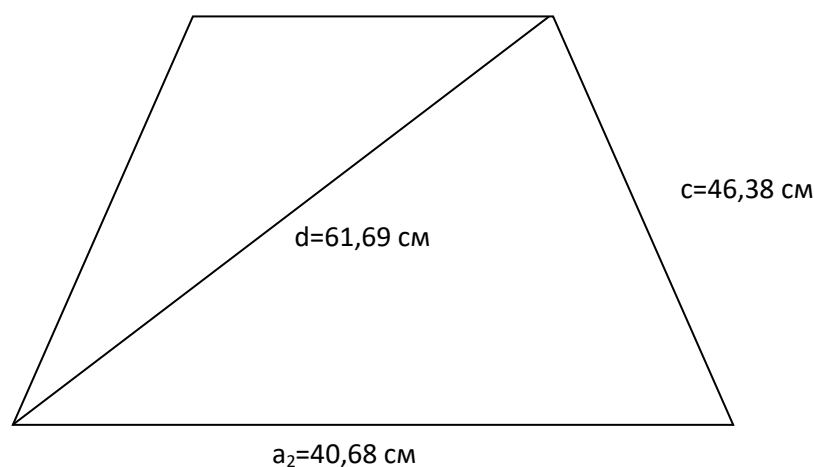
$$a_2 = 40,68 \text{ см}$$

$$c = 46,38 \text{ см}$$

$$d = 61,69 \text{ см}$$

$$p = 471,5 \text{ га}$$

$$a_1 = 40,66 \text{ см}$$

Рис.13. Розміри рамок трапеції **N-33-65-(9)**

Таблиця 3

Визначення номенклатури сусідніх аркушів карти 1:25000

N-33-48-Г-б	N -34-37-В -а	N-34-37-В-б
N-33-48-Г-г	<i>N-34-37-В-в</i>	N-34-37-В -г
N-33-60-Б-б	N-34-49-Г-А-а	N-34-49-А-б

II. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИКО – ГЕОГРАФІЧНИХ ТА ЕКОНОМІЧНИХ УМОВ, ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТА РОБІТ

Загальні вимоги

У технічних проєктах необхідно описати адміністративно-територіальну приналежність об'єкта робіт, даються короткі відомості про фізико-географічні та господарсько-економічні умови району робіт, які безпосередньо впливають на методику, техніку, трудомісткість і організацію польових і камеральних топографо-геодезичних робіт.

У текстовій частині (пояснювальній записці) проєкту наводять такі основні відомості про природно-кліматичних і економічних показниках району робіт.

Клімат. Середня температура повітря в зимовий і літній час, кількість опадів і розподіл їх по місяцях, режим вітрів, кількість днів з туманами, середні дати замерзання і розкриття рік, періоди снігового покриву і його потужність, тривалість літнього та зимового періоду.

Рельєф. Основні форми рельєфу, максимальні і мінімальні висоти над рівнем моря, наявність і розгалуженість мережі ярів, долин, їх ширина та інші особливості.

Гідрографія. Наявність і характеристика річок, озер, ставків та інших водойм. Час паводків річок, придатність їх для судноплавства, сплаву, наявність боліт і можливості їх подолання.

Ґрунти. Типи ґрунтів, глибина промерзання ґрунту взимку, для багаторічної мерзлоти - глибина відтавання.

Рослинний покрив. Ступінь заліснення місцевості, порода, висота і щільність деревного рослинного покриву. Існування на ділянці диких тварин, змій, комарів, гнусу, кліщів і інших комах, небезпечних для людини.

Відомості про населення і населених пунктах. Населення, тип населених пунктів, характеристика їх забудови, основне заняття населення.

Дорожня мережа. Сухопутні шляхи сполучення - залізниці, шосе, ґрунтові і польові дороги, їх якість. Водні шляхи сполучення, переправи і мости через річки. Авіаційне сполучення.

Засоби зв'язку. Пошта, телефон, телеграф. Наявність банків, точок торгової мережі, медпунктів, лікарень.

В процесі проєктування виконують збір і аналіз раніше виконаних в заданому районі топографо-геодезичних і картографічних робіт. За зібраними матеріалами визначається топографо-геодезична вивченість об'єкта робіт і встановлюється можливість використання наявних матеріалів і геодезичних даних, в тому числі в якості вихідних даних, при виконанні запланованих робіт.

Згідно з вимогами інструкції [3] щільність пунктів геодезичної основи визначається масштабом знімання, висотою перетину рельєфу, а також необхідністю забезпечення геодезичних, маркшейдерських, меліоративних,

кадастрових та інших видів робіт, як з метою досліджень і будівництва, так і при подальшій експлуатації об'єктів будівництва.

Геодезичною основою великомасштабних знімачь при вирішенні різних інженерно-геодезичних задач служать:

а) державні геодезичні мережі (ДГМ): триангуляція і полігонометрія 1, 2, 3-го класів; нівелювання I, II, III, IV класів;

б) геодезичні мережі згущення : триангуляція 4 – го класу, 1-го та 2-го розрядів, полігонометрія 1-го і 2-го розрядів; технічне нівелювання;

в) знімальна геодезична мережа (ЗГМ): планові, планово-висотні знімальні геодезичні мережі, окремі пункти.

Згущення геодезичної основи, як правило, проводиться від загального до конкретного, від вищого класу (розряду) до нижчого. Слід прагнути до скорочення багатоступеневості геодезичних побудов і розвивати на місцевості однокласні (однорозрядні) мережі на основі застосування сучасних геодезичних приладів і засобів обчислювальної техніки.

Середня щільність пунктів ДГМ при створенні знімального геодезичного обґрунтування топографічних знімачь, як правило, повинна бути доведена:

- на територіях, що підлягають зніманню в масштабі 1: 5 000, до одного пункту полігонометрії або триангуляції на 20-30 км² і одного репера нівелювання на 10-15 км²;
- на територіях, що підлягають зніманню в масштабі 1: 2 000, до одного пункту полігонометрії або триангуляції на 10-15 км² і одного репера нівелювання на 5-7 км²;
- на забудованих територіях міст і територіях, які підлягають забудові в найближчі роки щільність пунктів ДГМ має бути не менше одного пункту на 5 км².

Подальше збільшення щільності геодезичної основи великомасштабних знімачь досягається розвитком геодезичних мереж згущення та знімальної основи.

При цьому щільність геодезичної основи для знімачь у масштабі 1: 5 000 територій поза населеними пунктами повинна бути доведена до одного пункту на 7-10 км², а для зйомок в масштабі 1: 2 000 - до одного пункту на 2 км².

Щільність геодезичної основи в межах населених пунктів повинна бути доведена розвитком геодезичних мереж згущення до 4 пунктів триангуляції і полігонометрії на 1 км² в забудованій частині та одного пункту на 1 км² на незабудованих територіях.

Для забезпечення інженерних вишукувань і будівництва в містах і на промислових об'єктах щільність геодезичних мереж може бути доведена до 8 і більше пунктів на 1 км².

Для виконання земельно-кадастрових робіт при згущенні геодезичної основи на землях сільськогосподарського призначення та інших землях необхідне число пунктів мереж згущення (опорних межових мереж) встановлюється технічним проектом.

Розвитком знімальних геодезичних мереж досягається щільність, яка забезпечує безпосереднє виконання знімання.

Послідовність виконання завдання

У курсовій роботі джерелами відомостей про район робіт є карта масштабу 1: 25 000 або 1: 10 000, геодезичні дані в завданні на курсову роботу і дані природно-кліматичного довідника по Закарпатській області [15].

Після вивчення території об'єкта по карті з використанням умовних знаків складається характеристика всіх шляхів сполучення, лісових масивів, гідрографічної мережі району. За кутами нахилу місцевості з допомогою графіка закладення дається характеристика рельєфу на об'єкті робіт відповідно до встановленої класифікації (табл. 4).

Решта відомостей про природно-кліматичні та господарсько-економічні умовах району робіт складаються за даними довідника.

Таблиця 4

Визначення характеру рельєфу місцевості за кутами нахилу

Рельєф місцевості з максимально переважаючими кутами нахилу	Масштаб знімання	
	1:5000	1:2000
	<i>висота перерізу рельєфу, м</i>	
Рівнинний з кутами нахилу до 2°	0,5	0,5
	1,0	1,0
Горбистий з кутами нахилу до 4°	1,0	0,5
	2,0	1,0
Пересічений з кутами нахилу до 6°	2,0	2,0
	5,0	1,0
Гірський та передгірний з кутами нахилу понад 6°	2,0	2,0
	5,0	2,0

У курсовій роботі відомості про топографо-геодезичну вивченість району робіт зводяться до характеристики наявної карти масштабу 1: 25 000, 1: 10 000 за умовними знаками та іншими даними. Вид і стан планової геодезичної основи встановлюється за даними про вихідні дані в завданні на проектування.

Реальна щільність пунктів геодезичної основи (Π) характеризується площею об'єкта, що припадає на один пункт геодезичних побудов:

$$\Pi = \frac{P}{n}$$

де P – площа;

n – число пунктів.

На міських і забудованих територіях щільність характеризується числом пунктів на 1 км².

Встановлена щільність пунктів геодезичної основи на об'єкті порівнюється з її нормативним значенням. При недостатній щільності в роботі проектується додаткові пункти ДГМ та побудова геодезичних мереж згущення. При цьому в залежності від умов місцевості і технічних умов число пунктів, які необхідно визначити може при достатньому обґрунтуванні значно перевищувати нормативну щільність.

Діючими технічними інструкціями координати пунктів при згущенні геодезичної основи дозволяється визначати шляхом розвитку геодезичних мереж згущення, побудовою опорних межових мереж (ОГМ) як традиційними методами (триангуляції, полігонометрії), так і за даними спостережень штучних супутників Землі (ШСЗ) систем GPS (NAVSTAR) і ГЛОНАСС.

В теперішній час стан геодезичних пунктів визначається в основному супутниковими способами і методом полігонометрії або їх комбінаціями.

ІІІ. ПОЛІГОНОМЕТРІЯ. ТЕХНОЛОГІЯ МЕТОДУ. ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПОЛІГОНОМЕТРІЇ 4-го КЛАСУ, 1-го ТА 2-го РОЗРЯДІВ

Загальні теоретичні положення

У роботі відповідно до завдання згущення геодезичної основи на об'єкті проектується методом полігонометрії, при цьому координати пунктів мережі згущення визначаються шляхом прокладання полігонометричних ходів 4-го класу, 1-го і 2-го розрядів.

Запроектовані ходи прив'язуються до вихідних пунктів і напрямків. В якості вихідних пунктів, напрямків приймаються пункти ДГМ всіх класів. При відсутності на об'єкті та поблизу його меж, пунктів ДГМ вихідні пункти і вихідні (орієнтирні) напрямки створюються супутниковими вимірами 2-го класу на двох закріплених точках, одна з яких може бути існуючим пунктом ДГМ. Відстань між пунктами супутникових спостережень має бути не менше 700 м при наявності взаємної видимості з земної поверхні.

В сучасних умовах полігонометрія є одним з основних методів визначення положення координат пунктів планових геодезичних мереж, при згущенні геодезичної основи на міських забудованих і незабудованих територіях.

Термін «полігонометрія» походить від грецьких слів «полі» - багато, «гон» - кут, «метрія» - вимірюю. При методі полігонометрії координати точок земної поверхні, геодезичних пунктів визначаються шляхом прокладання по ним лінійно-кутових ходів, які називають ходами полігонометрії.

За своєю структурою ходи полігонометрії аналогічні теодолітним ходам. На відміну від останніх, в ходах полігонометрії довші сторони, кутові і лінійні вимірювання проводяться з більш високою точністю, а вершини ходів називаються пунктами полігонометрії. Ходи полігонометрії прокладаються з опорою своїми кінцями на пункти і сторони геодезичних

побудов більш високої точності, які називають відповідно вихідними пунктами і напрямками.

Геодезичні вимірювання на початковому і кінцевому пунктах ходу для зв'язку його з вихідними пунктами і напрямками називають прив'язочними роботами або прив'язкою ходу.

Залежно від розташування вихідних пунктів по відношенню до пунктів ходу прив'язка здійснюється за різними схемами - різними способами:

- спосіб безпосереднього примикання кінців ходу до вихідних пунктів (варіанти прив'язки - азимутальна, координатна прив'язка);
- прив'язка до найближчих вихідних пунктів (знесення координат з вершини знака на землю);
- прив'язка до стінних знаків (спосіб редукування, спосіб кутових і лінійних засічок, полярний спосіб).

Залежно від схеми прив'язки розрізняють наступні види ходів полігонометрії:

- ✓ висячий хід - хід з опорою на вихідні пункти тільки початком ходу;
- ✓ замкнутий хід - хід з опорою початку і кінця ходу на один і той же вихідний пункт, один вихідний напрямок;
- ✓ розімкнутий хід - хід з опорою своїми кінцями на різні вихідні пункти і напрямки.

За геометричною формою ходи поділяються на видовжені, близькі за формою до прямолінійним, зігнуті і замкнені.

Використовуючи критерії зігнутості полігонометричних ходів, визначаємо форму ходу. Хід вважається видовженим, якщо виконуються співвідношення:

$$1. [S] \leq 1.3L$$

де $[S]$ - периметр ходу; L - довжина замикаючої ходу.

$$2. h_{\max} \leq \frac{1}{3}L$$

де h_{\max} - найбільша віддаль пунктів ходу від замикаючої;

$$3. \alpha_{\max} \leq 24^{\circ}$$

де α_{\max} - найбільше кутове відхилення сторін ходу від замикаючої.

У більшості випадків при згущуванні геодезичної основи на місцевості прокладають системи трьох і більше ходів, які пересікаються в загальних точках, які називають вузловими пунктами полігонометрії. Системи ходів з вузловими пунктами утворюють полігонометричні мережі.

На рис. 14-19 вказано схеми полігонометричних ходів і мереж.

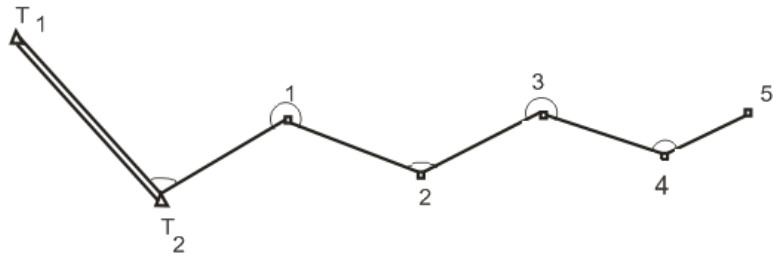


Рис.14. Висячий хід полігонометрії

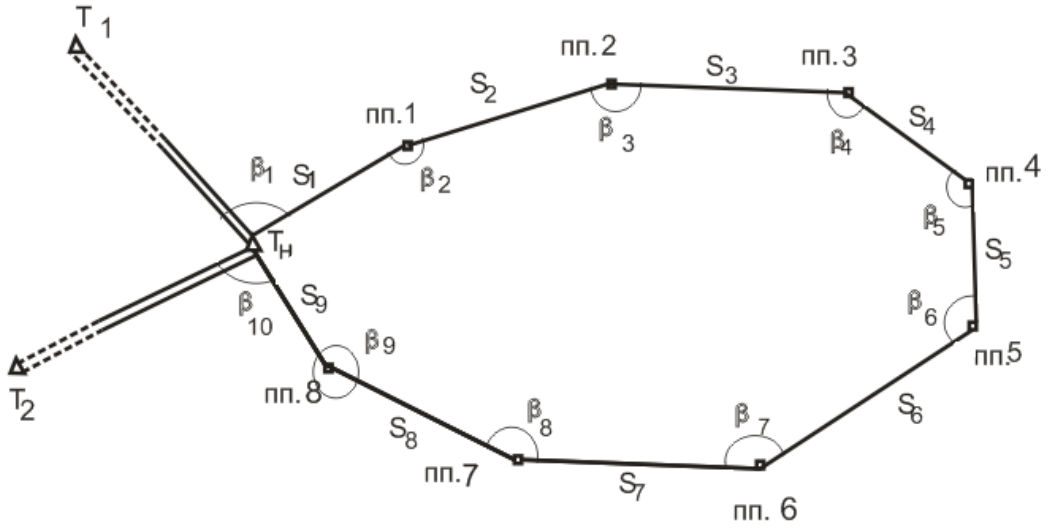


Рис.15. Замкнений хід

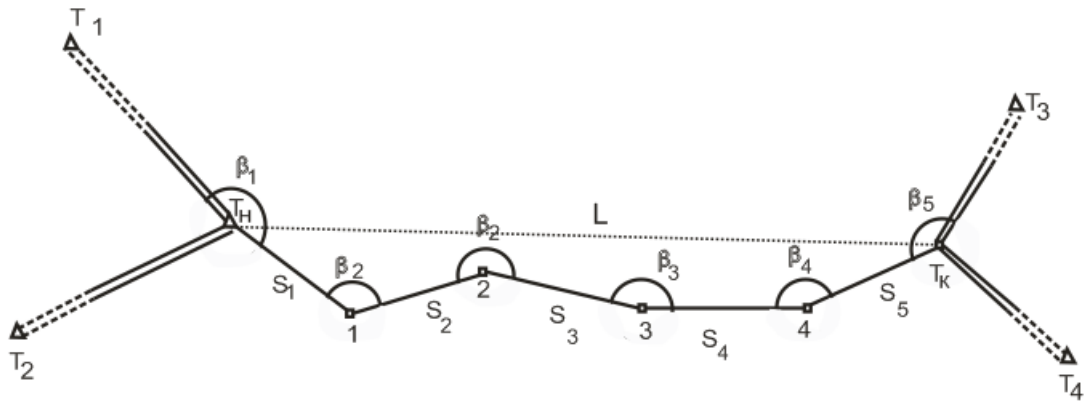


Рис.16. Розімкнений хід витягнутої форми

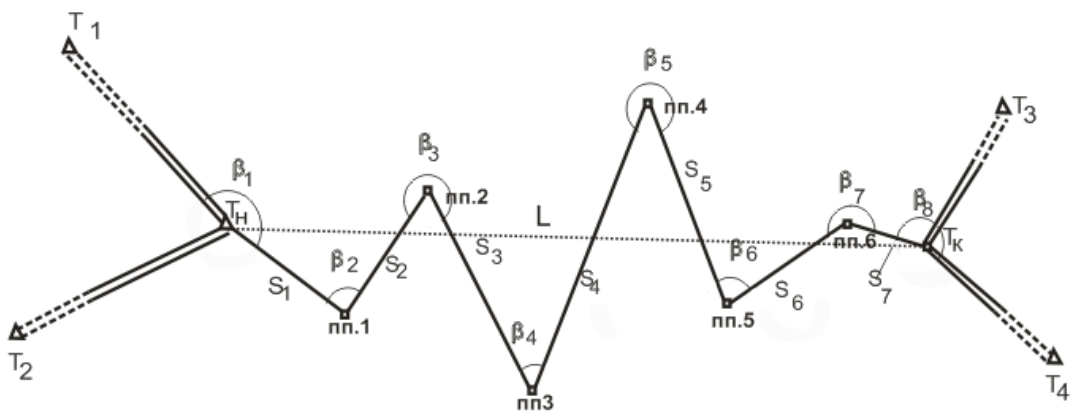


Рис.17. Розімкнений хід довільної форми

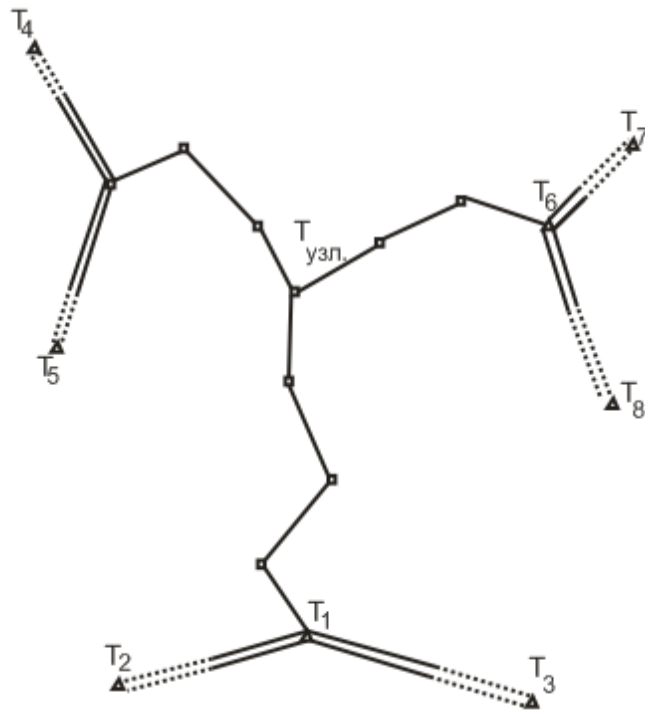


Рис.18. Мережа полігонометрії з однією вузловою точкою

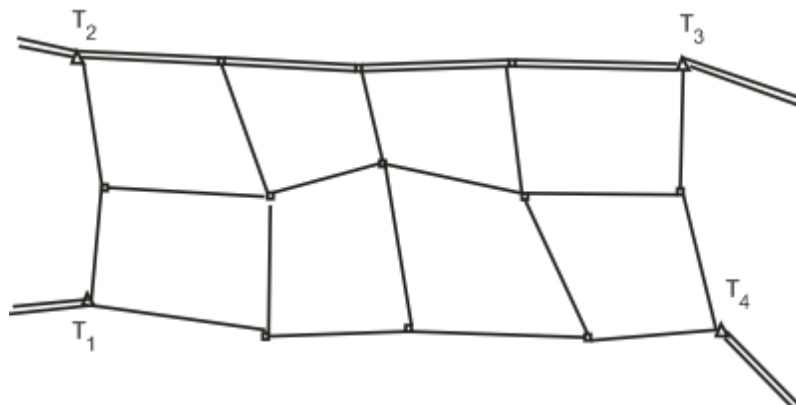


Рис. 19. Система ходів полігонометрії з декількома вузловими пунктами

Умовні позначення на рис. 14-19:

- \triangle - - вихідний пункт триангуляції;
- \square - пункт полігонометрії;
- \equiv - вихідний напрямок (сторона);
- $---$ - односторонній напрямок;
- $T_{\text{вуз.}}$ - вузловий пункт полігонометрії;
- $T_{\text{н}} \triangle \text{-----} \triangle T_{\text{к}}$ - замикаюча (діагональ) ходу, L;
- T_i - назва вихідного пункту.

Технологічна схема полігонометрії

Ходи полігонометрії по довжинах сторін, точності кутових і лінійних вимірювань поділяються на ходи 1, 2, 3, 4-го класів і 1-го, 2-го розрядів.

При створенні геодезичних побудов методом полігонометрії виконується в певній послідовності комплекс польових і камеральних процесів.

Технологічна схема визначення положення геодезичних пунктів методом полігонометрії наступна:

- 1) складання технічного проекту;
- 2) рекогносцировка ходів, пунктів і закріплення їх на місцевості;
- 3) дослідження і перевірки приладів для кутових і лінійних вимірювань;
- 4) виконання кутових і лінійних вимірювань, передача висот по пунктам полігонометрії;
- 5) попередня обробка результатів польових вимірювань з оцінкою їх точності;
- 6) зрівнювальні обчислення з оцінкою точності;
- 7) складання каталогу пунктів полігонометрії;
- 8) складання технічного звіту по об'єкту робіт.

Згущення геодезичної основи до необхідної щільності пунктів при великомасштабних зйомках, вирішенні інших інженерно-геодезичних задач методом полігонометрії досягається шляхом прокладання ходів полігонометрії 4-го класу, 1-го і 2-го розрядів. У табл. 4 наведено основні нормативні технічні параметри (показники) полігонометрії 4-го класу, 1-го та 2-го розрядів.

Таблиця 5

Основні характеристики полігонометрії згущення			
ПАРАМЕТРИ	4 кл.	1 р.	2 р.
Довжина ходу, км			
а) окремого	14,0	7,0	4,0
б) між вихідною й вузловою точками	9,0	5,0	3,0
в) між вузловими точками	7,0	4,0	2,0
Граничний периметр полігону, км	40	20	12
Довжина сторін ходу, км:			
максимальна	3,00	0,80	0,50
оптимальна	0,50	0,30	0,20
мінімальна	0,25	0,12	0,08
Гранична відносна похибка ходу 1:Т	1:25000	1:10000	1:5000
Максимальна кількість сторін у ході, n	15	15	15
Середня квадратична похибка вимірювання кутів, m_{β} (кут. Сек.)	3	5	10
Кутова нев'язка, f_{β} (кут. Сек.), де n – кількість кутів у ході	$5\sqrt{n}$	$10\sqrt{n}$	$20\sqrt{n}$
Середня квадратична похибка вимірювання довжини сторони, см:			
до 500м	1	1	1
від 500м до 1000м	2	2	-
понад 1000м	1:40000	-	-
Максимальна відстань між паралельними ходами, км	2,5	1,5	-

Послідовність виконання завдання

Використовуючи відомості і дані завдань про геодезичне забезпечення об'єкта робіт, відомостей про необхідну нормативну щільності пунктів геодезичної основи на об'єкті, з урахуванням призначення планованих робіт і характеру місцевості необхідно прийняти наступні рішення:

- 1) остаточно визначаються місце розташування, найменування вихідних пунктів і напрямків, наводяться їх характеристики і дані;
- 2) встановлюється клас, розряди полігонометрії для згущення геодезичної основи на об'єкті.

IV. ПРОЄКТУВАННЯ ПОЛІГОНОМЕТРИЧНИХ ХОДІВ І МЕРЕЖ ЗГУЩЕННЯ В ГРАФІЧНІЙ ФОРМІ

Загальні теоретичні положення

Після нанесення на карту вихідних пунктів і визначення нормативної кількості нових пунктів для згущення геодезичної основи методом полігонометрії на карті ескізно намічаються варіанти напрямків полігонометричних ходів між вихідними пунктами з приблизно рівномірним розташуванням нових пунктів в межах об'єкта. При проєктуванні рекомендується по можливості прокладати ходи, близькі за формою до прямолінійних, приурочивши їх направлення до транспортних магістралей (ходи вздовж доріг, по берегах річок), в лісових масивах ходи прокладаються по просіках і т. д.

Інструкцією [3] рекомендується прагнути до зменшення багатоступеневості мереж полігонометрії згущення, обмежуючись в багатьох випадках побудовою однокласної мережі 4-го класу або однорозрядною мережею 1-го розряду. Прокладання висячих ходів на практиці не допускається.

Запроєктованим ходам встановлюється клас, дається назва, яке складається з назв (номерів) через дефіс початкового і кінцевого вихідних пунктів, іншим пунктам ходів полігонометрії присвоюються тільки номери.

За обраним напрямком ходу намічається місце розташування першого проєктного пункту з дотриманням вимог і рекомендацій інструкції [3], одночасно вирішується питання про спосіб прив'язки запроєктованого ходу до вихідного пункту та вихідних напрямків. Щодо запланованого на карті пункту вибирається місце розташування наступного пункту. За аналогічною схемою визначаються місце розташування інших проєктних пунктів ходу і спосіб прив'язки на кінцевому вихідному пункті. Місця розташування пунктів повинні бути легко доступні, легко орієнтуватися на місцевості і забезпечувати довгочасне їх збереження.

Найважливішою умовою при визначенні місця розташування пунктів полігонометрії 4-го класу, 1-го і 2-го розрядів є наявність видимості з земної поверхні між суміжними пунктами. У сумнівних випадках для підтвердження

наявності або відсутності видимості слід побудувати поздовжній профіль проєктованої сторони ходу (рис. 20).

При встановленні відсутності видимості між пунктами слід змінити місце розташування одного, двох пунктів, можлива зміна і напрямку ходу.



Рис. 20. Повздовжній профіль лінії

Згідно вимог «Інструкції» необхідно запроектувати не менше двох ходів полігонометрії 4 класу (вихідні пункти триангуляції показують на кальці умовним знаком у вигляді трикутника чорного кольору). Обидва ходи необхідно запроектувати таким чином, щоб їх пункти розташовувались вздовж шосейних доріг, як було вже відмічено вище, щоб забезпечити їх збереження.

Після проєктування ходів між вихідними пунктами з метою рівномірного забезпечення території об'єкта пунктами геодезичної основи або для вирішення інших завдань проєктуються ходи тієї ж точності або нижче по точності між запроектованими пунктами.

Типи центрів для закріплення пунктів полігонометрії

Пункти мереж полігонометрії закріплюються на місцевості центрами. Центрами служать для точного позначення місця розташування пункту і довготривалого його збереження. При побудові геодезичної мережі в містах, селищах та на промислових майданчиках всі пункти полігонометрії закріплюють постійними центрами типів У15, У15К, У15Н, У16, 143, 160.

Зокрема, вузлові пункти мереж полігонометрії закріплюються центрами типу 160 (рис. 21).

Ці центри закладаються на глибину нижчу від межі промерзання ґрунту на 50см . Таким чином , висота залізобетонного моноліту становить не менше 120см. Інші типи пунктів мереж полігонометрії 4 класу (тобто не вузлові і не суміжні з вузловими) , а також пункти полігонометрії 1 і 2 розрядів закріплюються менш капітальними монолітами, висота яких становить 70-75см На незабудованих територіях закладають цент типу У 15Н (рис.22), на забудованих – типу У15 або У15к (рис.23-24)

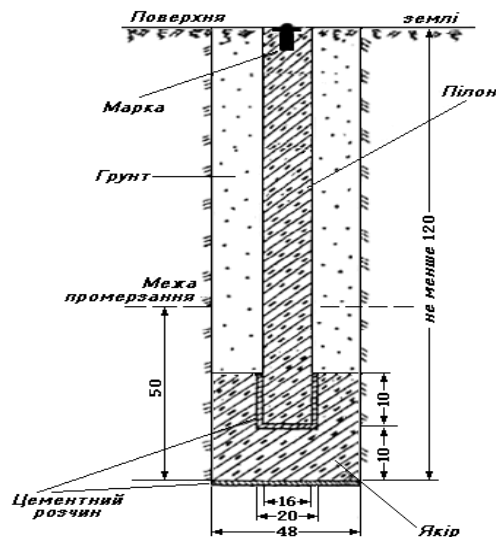


Рис. 21. Центр пункту полігонометрії, трилатирації і тріангуляції 4 класу, 1 і 2 розрядів та ґрунтового реперу (тип 160)

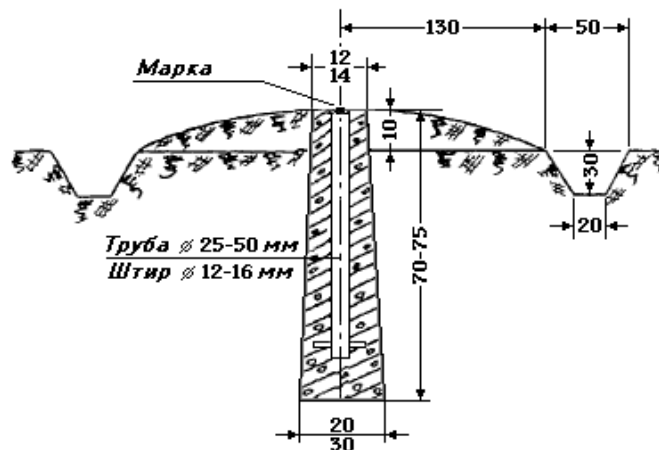


Рис.22. Центр пункту полігонометрії, трилатирації і тріангуляції 4 класу, 1 і 2 розрядів для незабудованої території (тип У15н)

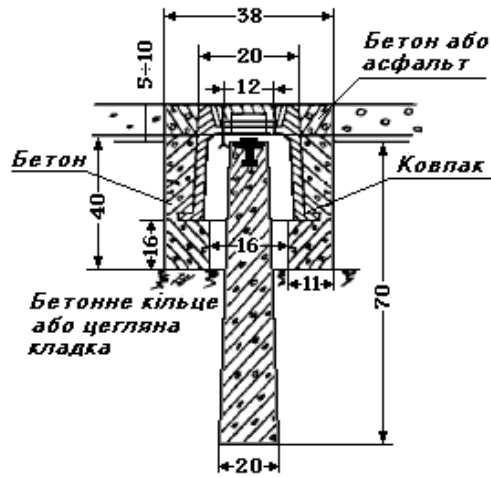


Рис.23. Центр пункту полігонометрії, трилатирації і тріангуляції 4 класу, 1 і 2 розрядів для міст Києва, Севастополя і обласних центрів (тип У15к)

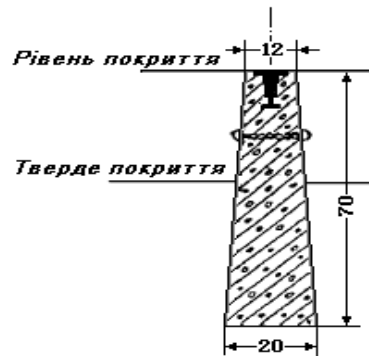


Рис.24. Центр пункту полігонометрії, трилатирації і тріангуляції 4 класу, 1 і 2 розрядів для забудованих територій, райцентрів, міст, селищ, сільських населених пунктів (тип У15)

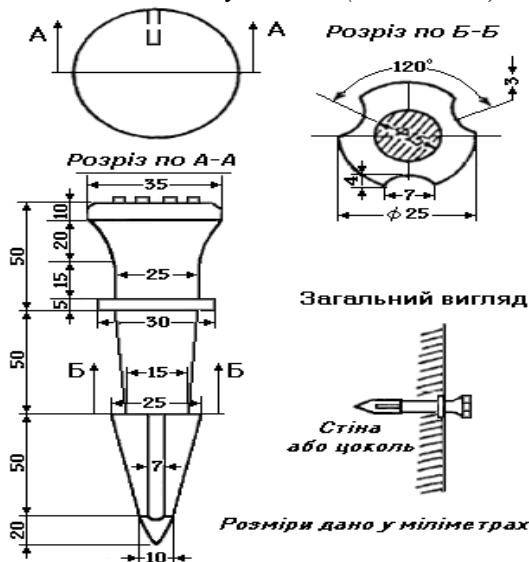


Рис.25. Стінний знак пункту полігонометрії, 4 класу, 1 і 2 розрядів (тип 143)

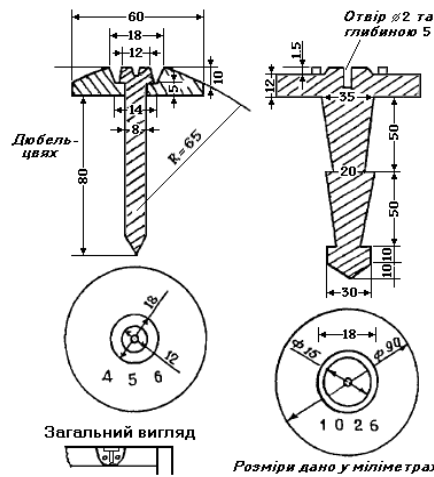


Рис.26. Тимчасовий (робочий) центр пункту полігонометрії, 4 класу, 1 і 2 розрядів на ділянках з твердим покриттям

Інструкція [3] допускає в сільській місцевості закріплення в ходах 1-го і 2-го розрядів постійними центрами тільки окремих сторін (не рідше ніж через 1 км в 1-м розряді і 0,5 км - в ходах 2-го розряду). У таких випадках на інших точках ходу встановлюються знаки довготривалого закріплення різних конструкцій (рис. 26).

Після нанесення на карту (її ксерокопію) всіх намічених ходів складається загальна схема (бажано в масштабі карти). На рис. 27 приведена схема запроєктованих ходів полігонометрії з умовними позначеннями.

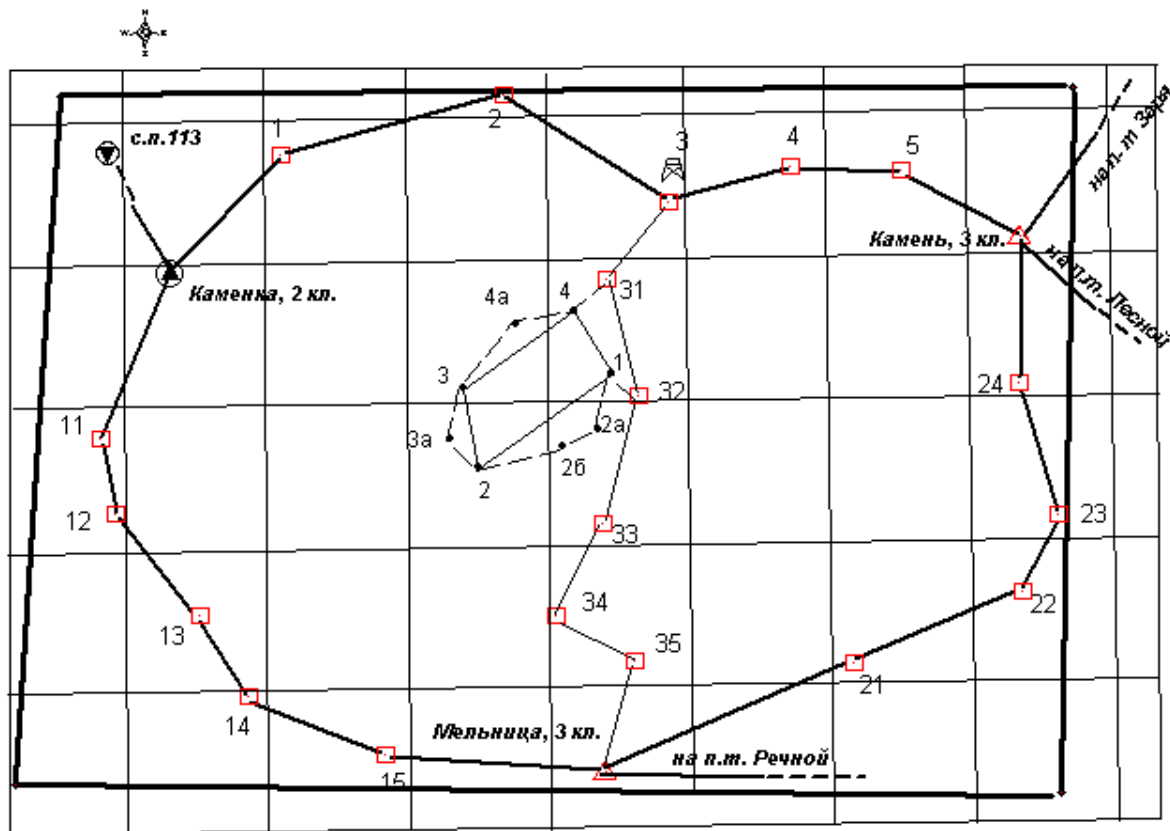


Рис. 27. Схема запроєктованих ходів полігонометрії на об'єкті «Давидково» масштабі 1 : 25 000

Умовні позначення:

 межа ділянки робіт	 Полігонометрія 4 –го класу
 напрямок на вихідний пункт	 полігонометрія 1 –го розряду
 пункт триангуляції	 поворотні точки межі ділянки, точки лінійно-кутового ходу
 пункт полігонометрії	 межі населеного пункту
 пункт полігонометрії із зовнішньою пірамідою	 лінійно-кутовий хід
 супутниковий пункт, суміщений з ДГМ	 супутниковий (орієнтирний) напрям
 супутниковий пункт	

Послідовність виконання проектних робіт

В межах території, яка підлягає зніманню, відомі чотири пункти триангуляції (полігонометрії). Вони показані на кальці умовним знаком у вигляді трикутника (чотирикутника) з позначеним центром. Їх явно недостатньо для забезпечення об'єкту знімання. Тому необхідно виконати роботи зі згущування головної геодезичної основи, аби мати достатню кількість пунктів для прив'язки опознаків.

Згущення головної геодезичної основи на об'єктах великомасштабних знімань виконується методом світловіддалемірної полігонометрії 4 класу з декілька зниженою точністю, в порівнянні з державною полігонометрією 4 класу.

Окремий хід полігонометрії 4 класу повинен опиратися на два початкових пункти з обов'язковим виміром прилеглих кутів. У таблиці № 4 наводяться основні вимоги до побудови полігонометрії 4 класу та 1-го і 2-го розрядів.

На підставі цих вимог необхідно запроєктувати не менше двох ходів полігонометрії 4 класу ((вихідні пункти триангуляції показані на кальці умовним знаком у вигляді трикутника(чотирикутника) чорного кольору)). Обидва ходи необхідно запроєктувати таким чином, щоб їх пункти розташовувались вздовж шосейних доріг, як було вже відмічено вище, щоб забезпечити їх збереження .

Розрахунки при проектуванні виконуються тільки для **одного найбільш довгого** ходу:

- Необхідно привести для кожного проєктного ходу: назва ходу із зазначенням його класу або розряду.
- Встановити спосіб (схему) прив'язки початку і кінця ходу до вихідних пунктів.

При виборі місць розташування пунктів в ході полігонометрії на кожному пункті перевіряється наявність видимості на суміжні пункти. Для підтвердження наявності видимості в сумнівних випадках для окремих сторін ходу виконується побудова поздовжнього профілю (в роботі не менше одного профілю).

Обґрунтовується вибір типів центрів, зовнішніх геодезичних знаків для закріплення пунктів запроєктованих ходів полігонометрії.

V. ХАРАКТЕРИСТИКА РОЗРАХУНКУ ПОПЕРЕДНЬОЇ ТОЧНОСТІ ЗАПРОЄКТОВАНИХ ХОДІВ

Загальні теоретичні положення

При характеристиці проєктних ходів для кожного ходу уточнюються назва, клас (розряд) ходу, встановлюються максимальні, мінімальні та середні значення довжин сторін в ході, тип ходу в залежності від його геометричної форми (втягнутий або вигнутий), відповідно до нормативних технічними показниками задається точність - середня квадратична помилка (СКП) вимірювання в ході кутів і сторін.

Основними параметрами, що визначають точність запроєктованих ходів полігонометрії та інших лінійно-кутових ходів, є помилки вимірювання кутів і сторін, довжини ходів і число сторін в них, геометрична форма ходу.

При прокладанні ходів полігонометрії, як і при виконанні геодезичних робіт будь-якого призначення, необхідна точність вимірювань задається технічними інструкціями, іншими нормативними документами або встановлюється технічними проєктами.

Основним критерієм точності геодезичних вимірювань геодезичних побудов, що створюються, є їх середні квадратичні помилки. СКП є основою для інших критеріїв точності при оцінці результатів геодезичних вимірювань - граничної і відносної помилок, допустимих нев'язок.

Відповідно до теорії ймовірностей гранична помилка $m_{гран.}$ з ймовірністю 0,997 приймається рівною потроєному значенням СКП (m) – $m_{гран.} = 3 m$.

У технічних інструкціях, на практиці до граничних помилок часто встановлюються більш жорсткі вимоги: з ймовірністю 0,987 приймається $m_{гран.} = 2,5 m$, іноді з ймовірністю 0,954 - $m_{гран.} = 2,0 m$.

Відносною помилкою називають відношення самої помилки до значення вимірюваної або величини, яку визначають. Відносну помилку прийнято представляти у вигляді алікватного дроби (з чисельником, рівним одиниці).

Вважається за доцільне знаменник дроби округляти наступним чином:

- ✓ при знаменнику з трьох цифр число округляється до цілих десятків

(так, обчислена відносна помилка 1/973 замінюється 1/970);

✓ при знаменнику з 4-5 значущих цифр число округляється до сотень (дріб 1/2 643 замінюється дробом 1/2 600, дріб 1/27 321 замінюється дробом 1/27 300).

Відношення граничної (допустимої) абсолютної помилки до значення величини, яку визначають, називають **граничною (допустимою) відносною помилкою**.

Точність ходів полігонометрії різного призначення при їх певних параметрах в переважній більшості діючих нормативних документів характеризується і регламентується граничними відносними помилками ходу.

Більш надійною оцінкою точності положення окремих пунктів і ходу в цілому є середня квадратична помилка положення точки ходу після його зрівнювання в самому слабкому місці ходу - його середині.

Встановлено, що середня квадратична помилка положення точки в середині ходу $M_{сер}$ дорівнює половині СКП положення кінцевої точки M_k до зрівнювання ходу:

$$M_{сер} = 1/2 M_k.$$

Оцінку точності параметрів (елементів) ходів та мереж полігонометрії виконують на всіх технологічних етапах методу полігонометрії - при проектуванні, виробництві польових вимірювань, при остаточній математичній обробці результатів вимірювань.

Повна оцінка точності всіх елементів лінійно-кутових ходів і мереж з обчисленням їх середніх квадратичних помилок і інших точнісних характеристик проводиться при застосуванні сучасного програмного забезпечення технологій виробництва геодезичних робіт – програмних комплексів DIGITALS, CREDO, спеціальної програми «АРМІГ-РС» і ін.

При проектуванні окремих ходів полігонометрії та інших лінійно-кутових ходів, їх систем обмежуються визначенням середніх квадратичних помилок в найбільш слабкому місці - середині ходу і відносної помилки ходу з обчисленням їх значень за відповідними формулами для ходів різної геометричної форми (видовжені, зігнуті та замкнені). Для визначення СКП в середині ходу $M_{сер}$ і відносної помилки ходу, спочатку обчислюється середня квадратична помилка кінцевого пункту ходу M_k з урахуванням його форми.

Хід полігонометрії вважається **видовженим**, якщо:

$$1. \frac{[S]}{L} \leq 1.30$$

де $[S]$ - периметр ходу; L - довжина замикаючої ходу.

$$2. h_{max} \leq \frac{1}{3} L$$

де h_{max} - найбільша віддаль пунктів ходу від замикаючої;

$$3. \alpha_{max} \leq 24^{\circ}$$

де α_{max} - найбільше кутове відхилення сторін ходу від замикаючої.

Хід, в якому одна сторона є приблизно перпендикулярною до напрямку замикаючої, не може вважатися *видовженим*.

Для видовжених ходів прийнято СКП M_k обчислювати за формулою для ходів, зрівняних за умову дирекційних кутів:

$$M_k^2 = n \times m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \sum_1^n S_i^2 \frac{n+3}{12},$$

де n – число сторін ходу;

m_s – СКП вимірювання сторін, м;

m_β – СКП вимірювання кутів;

$\sum S_i$ – сума довжин сторін ходу;

$$\rho = 206\,265''$$

Для ходів довільної форми СКО кінцевої точки обчислюється за формулою:

$$M_k^2 = n \times m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \sum_1^{n+1} D_{o,i}^2,$$

де $D_{o,i}$ – відстані від центра ваги ходу O до всіх вершин ходу.

Положення центра ваги ходу O при проєктуванні може бути визначено аналітичним або графічним способом. При аналітичному способі на карті визначаються за стандартною методикою прямокутні координати X_i, Y_i всіх вершин ходу ($n+1$).

Координати центра ваги обчислюють за формулами:

$$X_o = \frac{\sum_1^{n+1} X_i}{n+1}; \quad Y_o = \frac{\sum_1^{n+1} Y_i}{n+1};$$

де X_o, Y_o – координати центру ваги ходу полігонометрії;

n – число сторін.

За координатами вершин ходу і центру тяжіння обчислюється

$$D_{o,i}^2 = (X_i - X_o)^2 + (Y_i - Y_o)^2.$$

При графічному способі для визначення положення центра ваги ходу проєктний хід копіюється з карти на прозору основу, на копії нумеруються всі вершини ходів.

Центр ваги першої сторони ходу O^I відповідає її середині.

Середину першої сторони ходу з'єднують з вершиною 3. Центр ваги O^{II} для ходу з трьох пунктів знаходиться на знову проведеній лінії на відстані $1/3$ її довжини від центра ваги першої сторони. Отриманий центр ваги O^{II} з'єднують з вершиною 4, новий центр ваги O^{III} знаходиться на відстані $1/4$ відрізка $O^{II} 4$. Потім O^{III} з'єднують з кінцевим пунктом 5 і знаходять остаточне положення центра ваги ходу на відстані $1/5$ відрізка $O^{IV} 5$ (Рис. 28).

За обчисленою СКП M_k визначають граничні значення абсолютної помилки кінцевого пункту ходу:

$$\bar{M}_k = 2 M_k,$$

де \bar{M}_k – гранична помилка,

і встановлюють граничну відносну помилку за виразом $\frac{\overline{M}_k}{[S]} = \frac{2M_k}{[S]}$

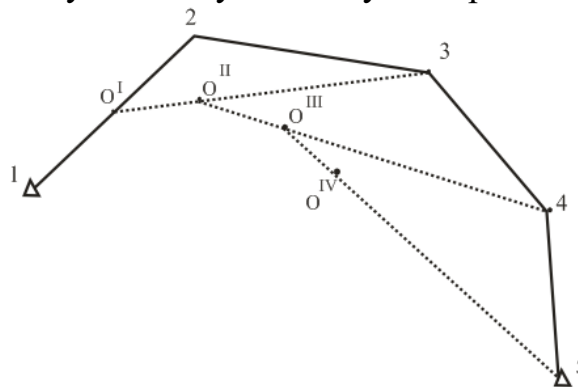


Рис. 28. Графічний спосіб визначення центру ваги ходу

Отримане значення граничної відносної помилки не повинно перевищувати його нормативного значення $\frac{1}{T}$, встановленого інструкцією

$$[3]: \frac{2M_k}{[S]} \leq \frac{1}{T}$$

Значення СКП в найбільш слабкому місці - середині ходу для ходів будь геометричної форми обчислюється за формулою: $M_{cp} = \frac{M_k}{2}$.

Значення $M_{сер}$ не повинно перевищувати необхідної точності, встановленої інструкцією, технічним завданням або технічним проектом.

При оцінці точності полігонометричних ходів, що примикають до вузлових пунктів, повинна враховуватися СКП положення вузлового пункту - $M_{вузл.}$

Для ходів між вихідними і вузловими пунктами, загальна помилка кінцевого пункту ходу визначається за формулою:

$$M_{к(заг.)}^2 = M_k^2 + M_{вузл.}^2$$

Для обчислення СКП $M_{вузл.}$ по кожному з ходів «і», що сходяться в вузловому пункті, обчислюється середня квадратична помилка кінцевого вузлового пункту $M_{вузл.i}$, за формулами для висячого ходу:

$$M_{вузл.i}^2 = n \times m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [S]^2 M_k^2 \frac{n+1.5}{3}$$

-для ходів видовженої форми.

$$M_{вузл.i}^2 = n \times m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \sum_1^n D^2 n + 1, i$$

- для ходів довільної форми

де $D_{n+1, i}$ - відстань від кінцевої (вузлової) точки до кожної вершини ходу.

Значення СКП $M_{вузл.}$ знаходиться як середнє вагове з усіх СКП $M_{вузл.i}$.

В окремому ході між вихідними пунктами СКП будь-якого пункту

знаходиться за формулою: $M_i = \frac{M' \times M''}{\sqrt{M'^2 + M''^2}}$

де M' - СКП всячого ходу від початкового вихідного пункту до пункту i ;
 M'' - СКО всячого ходу від кінцевого вихідного пункту до пункту i .

При трьох ходах, які сходяться в вузловому пункті СКП $M_{\text{вузл.}}$ дорівнює:

$$M_{\text{вузл.}} = \frac{M_{\text{вузл.1}}^2 \times M_{\text{вузл.2}}^2 \times M_{\text{вузл.3}}^2}{\sqrt{M_{\text{вузл.1}}^2 + M_{\text{вузл.2}}^2 + M_{\text{вузл.1}}^2 \times M_{\text{вузл.3}}^2 + M_{\text{вузл.2}}^2 \times M_{\text{вузл.3}}^2}};$$

Послідовність виконання завдання

1. В роботі для розрахунку попередньої точності запроєктованих ходів, спочатку відповідно до теоретичних критеріїв визначається геометрична форма ходу.

2. Залежно від встановленої форми ходу (видовжених або зігнутих) обчислюється СКП кінцевого пункту ходу за формулами:

$$M_k^2 = n \times m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \sum_1^n S^2 \frac{n+3}{12},$$

$$M_k^2 = n \times m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \sum_1^{n+1} D_{o,i}^2,$$

За обчисленим значенням СКП M_k визначається за формулою $\frac{2M_k}{[S]} \leq \frac{1}{T}$ гранична відносна помилка ходу та за формулою $M_{\text{ср}} = \frac{M_k}{2}$ СКП в найбільш слабкому місці ходу $M_{\text{ср}}$.

Отримані значення граничної відносної помилки та СКП $M_{\text{ср}}$ повинні задовольняти нормативні вимоги технічних інструкцій [3, 4].

Якщо за результатами розрахунків виявиться, що точність проектного ходу не відповідає встановленим допускам, переглядаються параметри ходу, його напрямки, прилади і точність вимірювання кутів або сторін ходу.

За відповідності розрахункової точності ходів нормативним вимогам складається зведена таблиця основних параметрів всіх запроєктованих на об'єкті ходів за формою, наведеною в табл. 5.

Приклад. Визначити середню квадратичну і граничну похибку положення пункту в слабкому місці запроєктованого зігнутого ходу полігонометрії 4 класу довжиною $[s]=6925$ м.

Розв'язок.

Знаходимо

$$\frac{f_s}{[S]} = \frac{1}{T}; f_s = \frac{[S]}{T} = \frac{6925}{25000} = 0,276 \text{ м};$$

Гранична помилка $\Delta_{сер.}$ середини ходу буде дорівнювати $2m$, з врахуванням $m = \frac{M}{2}$, $m = \frac{M}{2} = \frac{f_s}{2} = \frac{0,276}{2} = 0,138m$.

3. Розрахунок впливу похибок при лінійних вимірах.

Обчислення виконують за допомогою формул середньої квадратичної помилки положення кінцевої точки полігонометричного ходу M .

$$\text{Відповідно } [m_s^2] = \frac{M^2}{2}; \quad \mu^2[s] + \lambda^2 L^2 = \frac{M^2}{2}; \quad \left(\frac{m_s}{s}\right)^2 ns^2 = \frac{M^2}{2};$$

Величини μ і λ знаходять із рівняння $\mu^2[s] + \lambda^2 L^2 = \frac{M^2}{2}$; враховуючи приблизну залежність між ними $\lambda = 0,03\mu$, яка встановлена на основі аналізу картографічного матеріалу.

За отриманими величинами $[m_s^2]$, μ , λ і $\frac{m_s}{s}$ визначають, якими приладами треба користуватись при лінійних вимірюваннях.

При вимірюванні сторін світловідалемірами типу СТ-5, ЕОК-2000 або їм рівноцінними за точністю середня квадратична помилка вимірювання відстані дорівнює **10 мм**.

Відповідно для запроєктованого ходу середня квадратична помилка вимірювання відстані повинна бути $m_s = a_{мм} + b \times 10^{-6}_{мм} = 10_{мм} + 5_{мм} \times км \leq \frac{M_k^2}{2}$.

Таблиця 5

Технічні характеристики світловіддалеміра СТ5 "Блеск"	
Середня квадратична помилка виміру відстані, мм	10 + 5/км
Вимірювані відстані, м	0.2 - 5000
Споживана потужність, Вт	5
Напруга живлення, В	6-8
Основна частота модуляції, МГц	15
Кількість частот	2
Час виміру ліній, хв.	0.2
Метод фазових вимірів	Цифровий імпульсний
Джерело випромінювання	GaAs діод
Температурний діапазон, С	-30 +40
Маса приладу без джерела живлення, кг	5

Приклад. В запроектованому зігнутому полігонометричному ході 4 класу для вимірювання ліній припускається використати світловіддалемір типу СТ-5. Необхідно розрахувати вплив помилок при лінійних вимірюваннях, якщо сторона ходу 692 м, $n = 10$, а величина M , яку розраховано для цього ходу в попередньому прикладі, дорівнює 0.138 м.

Розв'язок. Знайдемо $\frac{M^2}{2} = \frac{138^2}{2} = 9517 \text{ мм}^2$. Підставляючи значення у формулу $m_s = a \text{ мм} + b \cdot 10^{-6} \text{ мм} = 10 \text{ мм} + 5 \text{ мм} \cdot \text{км}$, знайдемо $m_s = 10 \text{ мм} + 5 \cdot 0,692 \text{ км} = 13,46 \text{ мм}^2$

$$13 \text{ мм}^2 \leq 9517 \text{ мм}^2$$

Підставляючи конкретні значення $M = 0.138$ метра і $n = 10$, отримуємо середній вплив помилки лінійних вимірів $m = 13 \text{ мм}^2$.

Висновок:

Як видно з таблиці світловіддалемір СТ5 "Блеск" повністю забезпечує дану точність вимірювання ліній. Його середня квадратична помилка виміру ліній розраховується за формулою $m (\text{мм}) = 10 + 5 \cdot \text{км}$, тому навіть при максимальній довжині сторони в 2 км, помилка не перевищить 20 мм, таким чином цей світловіддалемір не лише забезпечує задану точність виміру, але і створює деякий "запас" цієї точності.

Вимірювання ліній необхідно виконувати в прямому та зворотньому напрямку для контролю грубих помилок. В якості більш надійного значення треба брати середнє значення.

Інструкція [3] рекомендує для вимірювання сторін використовувати сучасні світловіддалеміри типів СТ5, 2СТ10, електронні тахеометри ТаЗМ, ТС1010 (Lejca), Elta 50.

Це не виключає можливості використання найсучасніших електронних тахеометрів, які з'явилися в останні роки на світовому ринку.

Слід відмітити також, що на виробництві сьогодні використовують також інші типи приладів, які були випущені в попередні роки різними фірмами.

У більшості світловіддалемірів (ТаЗМ, ТС1010, Elta 50, RECOTA та інших) середня квадратична помилка вимірювання відстаней залежить від довжини ліній і виражається формулою

$$m_s = (a + b \cdot S_{\text{км}}) \text{ мм}$$

де a і b — постійні величини для даного типу світловіддалемірів.

У деяких світловіддалемірів (СМ5, ЕОК 2000), тахеометрів (Та5, ЕОТ 2000) ця помилка від відстані не залежить і виражається величиною

$$m_s = \text{const},$$

де **const** — постійна величина для даного типу приладу.

В табл. 6 наведені технічні характеристики деяких типів світловіддалемірів та електронних тахеометрів, які застосовуються на геодезичному виробництві.

Таблиця 6

Технічні характеристики світловіддалемірів та електронних тахеометрів

Тип приладу	Країна, що випустила прилад	Максимальна віддаль, м	Середня квадратична помилка вимірювання віддалі
Світловіддалеміри			
СТ5	Росія	5000	$m_s = (10 + 5 \cdot S_{\text{км}}) \text{мм}$
2СТ10	Росія	10000	$m_s = (5 + 3 \cdot S_{\text{км}}) \text{мм}$
ЕОК 2000	НДР	2500	$m_s = 10 \text{мм}$
СМ5	СРСР	500	$m_s = 30 \text{мм}$
2СМ2	СРСР	5000	$m_s = (20 + 10 \cdot S_{\text{км}}) \text{мм}$
3СМ2	СРСР	5000	$m_s = (10 + 5 \cdot S_{\text{км}}) \text{мм}$
Електронні тахеометри			
Та3М	Росія	2500	$m_s = (5 + 3 \cdot S_{\text{км}}) \text{мм}$
ТС1010 "Leica"	Німеччина	2000	$m_s = (3 + 2 \cdot S_{\text{км}}) \text{мм}$
Elta 50	НДР	800	$m_s = (5 + 3 \cdot S_{\text{км}}) \text{мм}$
Та3 "Агат"	СРСР	5000	$m_s = (10 + 5 \cdot S_{\text{км}}) \text{мм}$
Та5	СРСР	2000	$m_s = 20 \text{мм}$
ЕОТ 2000	НДР	2000	$m_s = 10 \text{мм}$
RECOTA	НДР	3000	$m_s = (5 + 2 \cdot S_{\text{км}}) \text{мм}$
TOPCON ES		5000	$m_s = \pm(2 \text{мм} + 2 \text{ppm} \times D)$
Leica FlexLine TS09	Швейцарія	5400	$m_s = \pm(3 \text{мм} + 2 \text{ppm} \times D)$
Trimble M3	Японія	3000	$m_s = 2 \text{мм} + 2 \text{мм/км}$

Дані табл. 6 використовуються при виборі типу світловіддалеміра для забезпечення далекосяжності та необхідної точності вимірювання ліній в запроєктованих ходах полігонометрії.

Враховуючи виконані розрахунки в пояснюючій записці вказують, який мірний прилад буде використано для вимірювань ліній і приводять його коротку характеристику.

Приклад. В запроектованому полігонометричному ході 1 розряду лінії будуть вимірюватися світловіддалеміром СТ5.

Розрахувати :

1) Граничну похибку в слабому місті ходу після його зрівнювання. Якщо довжина ходу становить 2365 м;

2) Вплив похибок при лінійних вимірюваннях. Якщо середня сторони ходу дорівнює 215 метрів, а число сторін 11. При розрахунках $\frac{m_s}{s} = \frac{1}{10000}$.

Розв'язок:

1) Із формул $f_s = 2M$ і $\frac{f_s}{[S]} = \frac{1}{T}$; знаходимо величину

$$M = \frac{[S]}{2T} = \frac{2365}{2 \cdot 10000} = 0.118 \text{ м.}$$

2) Підставляючи значення в ліву і праву частини виразу, отримуємо

$$\frac{M^2}{2} = \frac{118^2}{2} = 6962 \text{ мм}^2$$

$$11 \left(\frac{215000}{10000} \right)^2 \leq \frac{5085}{2} \quad \text{тобто } 2542 \text{ мм}^2 \leq 6962 \text{ мм}^2$$

4. Розрахунок точності кутових вимірів в полігонометрії та величин впливу окремих джерел похибок.

Виходячи із заданої величини M для ходу, який проектуємо, за формулами:

$$\text{для зігнутого ходу } \frac{M^2}{2} = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \sum_1^{n+1} D_{o,i}$$

$$M_k^2 = n \times m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \sum_1^{n+1} D_{o,i}^2,$$

$$\text{для видовженого ходу } \frac{M^2}{2} = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \frac{n+3}{12}.$$

Відстань від центра ваги ходу до кожного пункту $D_{o,i}$ отримують графічним шляхом із схеми ходу з врахуванням масштабу. Координати центра ваги ходу $x_{\text{ц}}, y_{\text{ц}}$ або обчислюють за формулами

$$\left. \begin{aligned} x_{\text{с}} &= \frac{\sum x}{n+1}; \\ y_{\text{с}} &= \frac{\sum y}{n+1} \end{aligned} \right\}$$

і наносять на схему або отримують графічним шляхом. Для цього використовують відоме правило механіки про додавання паралельних, однаково направлених сил.

Згідно з цим правилом результуюча двох сил дорівнює сумі доданків сил, а точка додатку результуючої сили ділить відстань між точками додатку доданків сил на відрізки, які обернено пропорційні цим силам.

Приклад.

В запроєктованому зігнутому ході полігонометрії 4 класу розрахувати середню квадратичну помилку вимірювання кута, якщо величина *M* дорівнює **0.118 м.**

Застосовуючи принцип рівних впливів розрахуємо величину середньої квадратичної помилки вимірювання кутів m_β :

$$M^2 = [m_s^2] + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [D_{ц.м.і}^2]$$

звідки

где $D_{ц.м.і}$ - відстань від центра ваги ходу до пункта ходу.

$$\text{тоді: } m_\beta = \frac{M \cdot \rho}{\sqrt{2 \cdot [D_{ц.м.і}^2]}}$$

$[D_{ц.м.і}^2]$ визначемо графічно, із схеми полігонометричного ходу :

Таблиця 7

Пункти ходу	$D_{ц.м.і}, \text{ м}$	$D_{ц.м.і}^2, \text{ м}^2$
T1	4600	21160000
101	4075	16605625
102	3550	12602500
103	2850	8122500
104	1300	1640000
105	1013	1026164
106	150	28500
107	300	90000
108	1425	2030625
109	1450	2102500
110	1950	3802500
111	2100	4410000
112	2225	4950625
113	2550	6502500
114	3163	10004569
T2	2738	7496644
		Σ 102569252

Звідси знаходимо m_β :

$$m_\beta = M \cdot \rho \sqrt{\frac{1}{2 [D_{\delta,3}^2]}} = 0,118 \cdot 206265 \sqrt{\frac{1}{102565252}} = 2,4''$$

Висновок:

В якості приладу для вимірювання кутів вибираємо теодоліт ЗТ2КП, або його рівноточний, так як його $m_{\beta np} = 2'' < m_{\beta} = 2,4''$.

Якщо величина m_{β} буде менше $m_{\beta np}$, тоді в середині ходу необхідно запроєктувати визначення дирекційного кута сторони ходу шляхом невеликого кутотірного ходу до найближчого вихідного пункту.

Технічні характеристики теодоліта ЗТ2КП надано в таблиці 8.

Таблиця 8

Основні технічні характеристики теодолітів

Основні технічні характеристики теодолітів.		
	ЗТ2КП	ЗТ5КП
Середня квадратична помилка вимірювання горизонтального кута, с	2	4.5
Збільшення зорової труби, крат	30	30
Найменша відстань для візування, м	1.5	1.5
Діаметри кругів, мм	90	90
Ціна поділу шкали відлікового пристрою, с	1	60
Ціна поділу рівня на алідаді горизонтального круга, с	15	30
Ціна ділення круглого рівня, хв. дуги	5	5
Діапазон роботи компенсатора, хв	3.5	4
Маса теодоліта, кг	4.7	4.2

Розрахунок величин впливу окремих джерел похибок при кутових вимірах виконують виходячи із того, що величина характеризує сумісний вплив ряду джерел похибок на результати вимірів, а саме: редукації та центрування, інструментальних, властиво вимірювань і зовнішніх умов. Похибки вихідних даних не враховуються.

5. Розрахунок розрахуємо точність встановлення візирної марки і теодоліта над центром знаків.

На основі співвідношення розрахуємо точність встановлення візирної марки і теодоліта над центром знаків.

Середні квадратичні помилки редукації та центрування виразимо формулами

$$\left. \begin{aligned} m_y = m_{\beta} = \rho \frac{e_2}{s} \sqrt{2} \\ m_p = m_{\beta} = \rho \frac{e_1}{s} \sqrt{2} \end{aligned} \right\}$$

де e_1 - лінійний елемент редукації,

e_2 - лінійний елемент центрування,

s - середня довжина сторін ходу полігонометрії.

Вважаючи що $m_p = m_y = \frac{m_{\beta}}{\sqrt{5}}$, обчислимо e_1 і e_2 за формулами

$$\left. \begin{aligned} e_1 &= \frac{m_p}{\rho\sqrt{2}} s \\ e_2 &= \frac{m_y}{\rho\sqrt{2}} s \end{aligned} \right\}$$

Приклад : Розрахувати точність центрування візирної марки і теодоліта за даними, які отримані в наведеному вище прикладі.

Розв'язок: Підставляючи значення у формулу отримаємо середні квадратичні

помилки редукції та центрування $m_p = m_y = \frac{m_\beta}{\sqrt{5}} = \frac{2,4''}{\sqrt{5}} = 1,07''$

За формулами :

$$\left. \begin{aligned} m_y &= m_y = \rho \frac{e_2}{s} \sqrt{2} \\ m_p &= m_y = \rho \frac{e_1}{s} \sqrt{2} \end{aligned} \right\}$$

знаходимо e_1 та e_2

$$e_1 = \frac{1,07}{206} 690 = 3,6 \text{ мм}$$

$$e_2 = \frac{1,07}{206\sqrt{2}} 690 = 2,53 \text{ мм}$$

Визначивши величини лінійних елементів центрування і редукції, необхідно зробити висновок про метод центрування теодоліта і марок, враховуючи, що середня квадратична помилка центрування нитковим виском дорівнює 5 мм, оптичним центриром - 1 мм.

Відповідно, візирну марку і теодоліт необхідно центрувати за допомогою оптичного центриру.

б.Визначення кількості прийомів при вимірюванні кута способом кругових прийомів

Число прийомів при вимірюванні кута способом кругових прийомів або окремих прийомів визначається за формулою:

$$m_{\text{вим.}} = \sqrt{\frac{1}{n} (m_{\text{віз.}}^2 + m_{\text{відл.}}^2)}$$

де $m_{\text{вим.}}$, $m_{\text{віз.}}$, $m_{\text{відл.}}$ - відповідно скп вимірювання кута, візування, відліків, n - кількість прийомів.

Вважаючи, що $m_{\text{вим.}} = \frac{m_\beta}{\sqrt{5}}$; $m_{\text{віз.}} = \frac{60''}{\Gamma}$; де Γ - збільшення теодоліта, і $m_{\text{відл.}} = 1,5'' - 2''$, обчислюють величину n .

Приклад:

Розрахувати кількість прийомів при вимірюванні кутів теодолітом Т2 за даними отриманими в прикладі 4.

Розв’язок: При $\Gamma=30''$, $m_{\text{виз}} = \frac{60}{30} \rho = 2,0''$, $m_{\text{відл.}}=2''$, $m_{\beta}=1.07''$

Із виразу (III.35) знайдемо кількість прийомів

$$n = \sqrt{\frac{m_{\text{виз.}}^2 + m_{\text{відл.}}^2}{m_{\beta}^2}} = n = \sqrt{\frac{2^2 + 2^2}{1,07^2}} = 2,6 = 3 \text{ прийоми.}$$

Кути в даному прикладі необхідно вимірювати трьома прийомами.

Якщо розрахункова точність ходів відповідає нормативним вимогам, то складається зведена таблиця основних параметрів всіх запроєктованих на об'єкті ходів за формою, наведеною в табл. 9.

Таблиця 9

Характеристика запроєктованого ходу полігонометрії 4 –го класу

Назва ходу, клас, розряд	Кількість сторін	Довжина ходу, м	S _{min} , м	S _{max} , м	СКП m_{β} , ''	СКП m_s , м	СКП M_K , м	M _{сер.} , м	Відносна помилка
п. т. Камінь – п. т. Мельниця, 4-й клас (довільної форми)	6	6090	440	1490	2	3	0,085	0,042	1/35900

Примітка. Попередній розрахунок точності положення пункту в найбільш слабкому місці виконаний для ходу полігонометрії з найбільшою довжиною ходу.

VI. ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТ ПУНКТИВ МЕРЕЖ ЗГУЩЕННЯ

Загальні теоретичні положення

Відповідно до Інструкції [3] на всі закріплені центрами точки ходів полігонометрії повинні бути передані висоти над рівнем моря нівелюванням IV класу або технічним нівелюванням.

Вибір виду нівелювання залежить від функціонального призначення території об'єкта робіт і від типу центрів на пунктах ходів.

Нівелювання IV класу по пунктах полігонометрії прокладається тільки у випадку закріплення їх центрами типу 160. При закріпленні точок ходів центрами типу У15,У15Н,У15К їх висоти визначаються технічним нівелюванням, в гірській місцевості допускається визначення висот точок ходів полігонометрії методом тригонометричного нівелювання.

Нівелірні ходи IV класу, технічного нівелювання прокладають між вихідними пунктами, реперами у вигляді окремих ходів або системи ходів з вузловими точками.

Вихідними пунктами для нівелювання IV класу служать реperi нівелювання III і вищих класів. Ходи технічного нівелювання, як правило, прив'язуються до пунктів, реперів нівелювання III і IV класів.

Нівелірні ходи IV класу, технічного нівелювання прокладають в одному напрямку, граничні довжини ходів технічного нівелювання

встановлюються в залежності від висоти перерізу рельєфу при топографічного знімання (згідно табл. 10).

Точність нівелірних ходів IV класу, технічного нівелювання характеризується середньою квадратичною помилкою нівелювання на лінії довжиною в 1 км - $m_{км}$, нев'язкої по лінії, середньою квадратичною помилкою визначення висоти точки в найбільш слабкому місці ходу - його середині.

Таблиця 10

Характеристика ходів технічного нівелювання

Характеристика ліній (ходів) нівелювання	Довжина ходів при перерізу рельєфу, км	
	Переріз рельєфу, м	Довжина ходу, км
Хід між вихідними пунктами	0,5; 1,0 та більше	8,0; 16,0
Хід між вихідним і вузловим пунктом	0,5; 1,0 та більше	6,0; 12,0
Хід між двома вузловими пунктами	0,5; 1,0 та більше	4,0; 8,0

Інструкціями [3, 4] встановлено граничні значення СКП $m_{км}$ і значення граничних відхилень по лініях – граничне f_h .

Для ходів IV класу гранична СКП $m_{км}$ становить 5 мм, допустима нев'язка в ході визначається за формулою

$$гран.f_h = \pm 20\sqrt{L, мм} \text{ де } L - \text{довжина лінії, км.}$$

Для технічного нівелювання гранична СКП $m_{км}$ становить 15-20 мм, гранична нев'язка по лінії визначається за формулою: $гран.f_h = \pm 50\sqrt{L, мм}$

Середня квадратична помилка точки в середині ходу розраховується за формулою: $m_{сеп.} = \frac{1}{4} гран.f_h$

Кожен пункт Державної геодезичної основи в мережі згущення обов'язково повинен мати відмітку, причому гранична помилка відмітки найбільш слабого пункту має бути менше однією десятою висоти перетину рельєфу карти найбільш великого масштабу.

Звідси можливо записати наступне співвідношення:

$$гран M_h < 0.1 h$$

де $гран M_h$ - гранична помилка висотного положення пункту, а h в нашому випадку 2 метри.

Відомо, що нев'язка чисельно рівна подвійній граничній помилці. Таким чином

$$грM_h = \frac{доп.f_h}{2} = \frac{20мм\sqrt{L}}{2} = 10мм\sqrt{L}$$

Приклад

У таблиці 11. подано основні характеристики запроєктованого нівелірного ходу.

Таблиця 11

Хід від до	Репера та пункти, які включаються в хід	Довжина до репера або пункту, м
Високе до ГР1	ПП 004 ГР1	4467,5 4950
ГР1 до Сосна	СР1 Сосна	550 3967
ГР1 до Вуз. ПП 702	ПП 015 Вуз. ПП 702	4715 3147,5
Вуз. ПП 702 до Сосна	-	5290
Вуз. ПП 702 до Вуз. ПП 703	-	4648,75
Вуз. ПП 703 до Діброва	-	3162,5
Крайне до Вуз. ПП 703	ПП 038 Вуз. ПП 703	4650 3877,5

Для оцінки точності було вибрано хід з найгіршими умовами – найдовший хід (хід від Високе до Сосна, через Вуз. ПП 702). Його довжина 22,57 км. Тоді, $гр.М_n = 47.5мм$

$$0.1h=0.2 \text{ м}$$

Середньоквадратична помилка на кілометр ходу обчислюється за формулою: $m = 2 * M$

$$m = \frac{2 * 47.5мм}{22,57км} = 4,2мм / км$$

Отже, нівелювання ІV класу повністю забезпечує потрібну точність. Для виконання робіт з передачі висот в полігонометрії використовуємо точний нівелір НЗ. Технічні характеристики цього нівеліра приведені в таблиці 12.

Таблиця 12

Основні характеристики нівелірів

Нівелір	2Н-10КЛ	НЗ
Збільшення зорової труби, крат	21,5	30
Зображення	Пряме	Обернене
Кут поля	1 20	1 16
Найменша відстань для візування, м	0,9	2,0
Середня квадратична помилка 1 км ходу, мм	3,3	3,0
Середня квадратична помилка перевищення, мм	2,0	1,6
Ціна ділення круглого рівня, хв	20	10
Ціна ділення циліндричного рівня, с	-	15
Маса, кг	1,5	1,8

В даний час при виконанні геодезичних робіт широко використовуються прилади різного призначення провідних зарубіжних фірм Trimble, Leica, Sokia і інших фірм геодезичного приладобудування Швейцарії, Швеції, Німеччини, Японії.

Послідовність виконання завдання

З урахуванням запроєктованих центрів пунктів проектних ходів полігонометрії та рельєфу місцевості встановлюється вид нівелювання для визначення висот центрів пунктів полігонометрії.

Траси нівелірних ліній проектуються вздовж напрямків ходів полігонометрії по транспортним магістралям, просіках, стежках, по краях ріллі, посівів і т. д., включаючи послідовно всі пункти запроєктованих ходів полігонометрії. Запроєктовані лінії повинні за всіма параметрами задовольняти вимоги інструкцій [3, 4].

У курсовій роботі потрібно навести характеристики запроєктованих нівелірних ходів за такою формою (табл. 13).

Таблиця 13

Характеристика запроєктованих нівелірних ходів

№№п/п	Назва ходу	Клас нівелювання	СКП _{мсер.} , мм (в середині ходу)	Клас нівелювання вихідних пунктів

VII. ЗМІСТ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ ДО КУРСОВОЇ РОБОТИ

У пояснювальній записці до курсової роботи висвітлюються всі етапи проектування та виконання робіт на об'єкті. У ній повинні бути наведені такі відомості:

1. Загальні положення проектування топографо-геодезичних робіт. Цільове призначення геодезичних робіт на заданому об'єкті.

2. Короткі відомості про фізико-географічних і господарсько-економічних умовах району робіт.

3. Топографо-геодезична забезпеченість (вивченість) території об'єкта. Характеристика вихідних пунктів і реперів, картографічного матеріалу. Складається картограма розміщення аркушів масштабу 1: 5 000 в межах об'єкта робіт.

4. Суть методу полігонометрії. Технологія методу. Основні технічні показники полігонометрії 4-го класу, 1-го і 2-го розрядів. Обґрунтування точності і щільності пунктів запроєктованих ходів полігонометрії, масштабу топографічної зйомки.

5. Характеристика запроєктованих ходів полігонометрії з попереднім розрахунком точності положення вузлових пунктів і точностних показників окремих ходів за формулами.

6. Метод, точність визначення висот запроєктованих пунктів ходів полігонометрії.

7. Рекомендації за типами приладів для проведення кутових і лінійних вимірювань ходів полігонометрії, визначення висот пунктів.

8. Список літератури.

9. Додаток А. Завдання на проектування.

10. Додаток Б. Проєкт планового геодезичного обґрунтування на ксерокопії.

11. Додаток В. Картограма розташування листів масштабу 1: 5 000 в межах об'єкта робіт.

VIII. ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Текстова частина курсової роботи повинна розташовуватися на одному боці стандартних аркушів формату А4 (210 × 297 мм). Робота обов'язково зшивається. Нумерація сторінок повинна бути наскрізною. Номери сторінок проставляють внизу по центру сторінки. Номер сторінки на титульному листі не проставляється. Поля на сторінці наступні: ліве - 35 мм, праве - 10 мм, верхнє і нижнє по 20 мм, шрифт Times New Roman кегль 14, інтервал напівінтервальний міжрядковий. Вирівнювання тексту по ширині, абзацний відступ 10 мм. Кожен новий розділ курсової роботи починається з нового аркуша.

Оформлення титульного аркуша курсової роботи дивись в додатку 1.

Матеріали брошуруються в наступній послідовності: зміст, завдання на проектування, пояснювальна записка (до проєкту), додатки.

У змісті до курсової роботи повинні бути відображені розділи та підрозділи, додатки, список використаних джерел, з проставленими номерами сторінок.

Додатки нумеруються великими літерами українського алфавіту. У додатках даються:

- ✓ проєкт геодезичного згущення,
- ✓ схема прив'язки пунктів полігонометрії,
- ✓ схема запроєктованих ходів полігонометрії і нівелювання з умовними позначеннями,
- ✓ схеми центрів пунктів полігонометрії, ґрунтових реперів,
- ✓ поздовжні профілі ліній,
- ✓ картограма аркушів масштабу 1: 5 000 на об'єкті.

Всі схеми повинні бути накреслені чітко, акуратно, супроводжуватися пояснювальними підписами (назва схеми, масштаб).




При оформленні проєкту рекомендуються такі умовні позначення (табл. 14).

Розміри умовних знаків і товщина ліній дані в міліметрах. Колір для вихідних даних - чорний; для проєктованого планового обґрунтування - червоний; для висотного обґрунтування - зелений.

Текстова частина повинна бути надана в акуратному вигляді, без виправлень і скорочень, крім загальноприйнятих (одиниць вимірювань і т. д.).

Таблиця 14

Умовні позначення, які використовують при оформленні проєкту геодезичного забезпечення

Позначення у проєкті	Розмір, мм	Призначення
	5	Пункти тріангуляції
	5	Пункти полігонометрії
	6	Пересічення сітки координат
	5	Грунтові репери
	4	Точки знімальної основи
	4	Вузлова точка
	1,0	Вихідні сторони або напрямки
	0,5	Сторони, які вимірюються
	0,2	Односторонні напрямки, які вимірюють
	0,3	Лінії геометричного нівелювання
	5	Супутниковий пункт, суміщений з пунктом ДГМ
	5	Супутниковий пункт
		Супутниковий (орієнтирний) напрямок
	2,0	Лінії меж об'єкту

Формули, які використовуються для розрахунків повинні бути повністю розкриті, вказані одиниці вимірювань. При розрахунках слід дотримуватися правил по техніці обчислень і заокруглень, не слід допускати зайву точність або обчислювати з недостатньою точністю.

Обсяг пояснювальної записки складає 20 – 30 сторінок рукописного тексту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гиршберг, М.А. Геодезия / М.А. Гиршберг. – Ч. I. – М.: Недра, 1967. – 384 с..
2. Селиханович, В.Г. Геодезия / В.Г. Селиханович. – Ч. II. – М.: Недра, 1981, 2006. – 544 с.
3. Інструкція по топографічній зйомці в масштабах 1:5000 - 1:500. К.1999.
4. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. – М.: Недра, 1990. – 167 с.
5. Інструкція про типи центрів геодезичних пунктів (ГКНТА-2.01,02-01-93)
6. Основні положення створення Державної геодезичної мережі України. К.1998
7. Егоров, Н.Н. Полигонометрия 4 класса, 1 и 2 разрядов / Н.Н. Егоров, П.А. Карев, И.В. Лесных. – Новосибирск, 1995. – 85 с.
8. Таблицы для вычисления прямоугольных координат углов рамок трапеций в проекции Гаусса – Крюгера на эллипсоиде Красовского. М., ГУГК, 1948.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ ТА КАДАСТРУ**

КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

на тему:

*Проектування геодезичної основи для великомасштабних топографічних
знімів, землевпорядних та кадастрових робіт*

Виконав:

студент групи
ЗВК-21

(підпис)

(прізвище , ім'я по батькові студента)

Спеціальність:

193 «Геодезія та землеустрій»

Керівник

(посада)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Ужгород - 2021

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ ТА КАДАСТРУ**

*Проектування геодезичної основи для великомасштабних
топографічних зніманих, землевпорядних та кадастрових робіт*

Пояснювальна записка
з дисципліни «Геодезія»
до курсового проекту за спеціальністю
193 «Геодезія та землеустрій»

Керівник курсового проекту

(прізвище та ініціали)

(підпис)

« _____ » _____ 2021 р.

Розробив студент гр. _____

(підпис, прізвище та ініціали)

« _____ » _____ 2021 р.

Ужгород -2021

Формат 60x84/16. Умовн. друк. арк. 3,02. Зам. № 33. Наклад 100 прим.
Видавництво УжНУ «Говерла».
88000, м. Ужгород, вул. Капітульна, 18. E-mail: hoverla@i.ua

*Свідоцтво про внесення до державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції –
Серія 3т № 32 від 31 травня 2006 року*