

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

О. М. ГРИБ, Т. В. ГРАЩЕНКОВА

ТОПОГРАФІЯ З ОСНОВАМИ КАРТОГРАФІЇ

Конспект лекцій

Одеса
Одеський державний екологічний університет
2023

УДК 528
Г 82

Гриб О. М., Гращенкова Т. В.

Г 82 Топографія з основами картографії: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2023. 250 с.

ISBN 978-966-186-258-5

Конспект лекцій з дисципліни «Топографія з основами картографії» включає матеріал наступних тем теоретичної підготовки студентів: 1 – предмет і задачі топографії та картографії; 2 – картографічні образно-знакові просторові моделі; 3 – математична основа побудови географічних карт; 4 – топографічні плани і карти, методи і прийоми їх використання для вирішення різних задач; 5 – загальнодержавне топографічне і тематичне картографування; 6 – основні положення створення, оновлення, редагування та узгодження державних топографічних карт в Україні; 7 – основні положення створення, оновлення та видання топографічних планів в Україні; 8 – способи знімання ситуації місцевості та основні вимоги і загальні пояснення до топографічних знімачь; 9 – виконання вимірювань та обробка журналу тахеометричної зйомки; 10 – складання топографічного плану ділянки місцевості за даними тахеометричної зйомки.

Конспект лекцій призначений для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання (включно з іноземцями) за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій» (освітньо-професійна програма «Землеустрій та кадастр»).

УДК 528

*Рекомендовано методичною радою Одеського державного екологічного університету
Міністерства освіти і науки України як конспект лекцій
(протокол № 7 від 27.06.2023 р.)*

ISBN 978-966-186-258-5

© О. М. Гриб, Т. В. Гращенкова, 2023
© Одеський державний екологічний університет, 2023

ЗМІСТ

	<i>Стор.</i>
ВСТУП.....	6
1 ПРЕДМЕТ І ЗАДАЧІ ТОПОГРАФІЇ ТА КАРТОГРАФІЇ.....	8
1.1 Визначення топографії і картографії та їх зміст.....	8
1.2 Зв'язок топографії та картографії з іншими науками, історія розвитку й організаційні форми	9
1.3 Загальні відомості про топографо-геодезичне і картографічне забезпечення земельного кадастру	15
2 КАРТОГРАФІЧНІ ОБРАЗНО-ЗНАКОВІ ПРОСТОРОВІ МОДЕЛІ.....	18
2.1 Карти та їх властивості.....	18
2.2 Класифікація карт	21
2.3 Географічні атласи та їх класифікація.....	25
3 МАТЕМАТИЧНА ОСНОВА ПОБУДОВИ ГЕОГРАФІЧНИХ КАРТ.....	27
3.1 Модель поверхні Землі та її розміри.....	27
3.2 Математична основа карт	31
3.3 Спотворення та класифікація картографічних проєкцій.....	34
4 ТОПОГРАФІЧНІ ПЛАНИ І КАРТИ, МЕТОДИ І ПРИЙОМИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ РІЗНИХ ЗАДАЧ	42
4.1 Розграфлення та номенклатура топографічних карт і планів	42
4.2 Складання топографічних карт і планів. Умовні знаки, написи та підписи на топографічних картах і планах та зображення рельєфу... 52	
4.2.1 Складання топографічної карти або плану.....	52
4.2.2 Умовні знаки топографічних карт і планів.....	52
4.2.3 Написи та підписи на топографічних планах і картах	65
4.2.4 Рельєф місцевості та його зображення на топографічних планах і картах.....	74
4.3 Розв'язання задач по топографічних картах і планах.....	79
4.3.1 Визначення довжини кривих (хвилястих) ліній на карті (плані)	80
4.3.2 Визначення і виділення на карті (плані) меж водозбірної площі водойми чи водотоку.....	83
4.3.3 Визначення загального об'єму деревини в лісі на площі 1 га	84
4.3.4 Визначення по карті (плану) витрати води річки	85
4.3.5 Визначення площ за допомогою топографічних карт і планів.....	86
5 ЗАГАЛЬНОДЕРЖАВНЕ ТОПОГРАФІЧНЕ І ТЕМАТИЧНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ	99

5.1 Терміни та поняття, які вживаються у загальнодержавному топографічному і тематичну картографуванні	99
5.2 Класифікація державних топографічних карт	101
5.3 Загальнодержавна система топографічного картографування	103
5.4 Зміст державних топографічних карт	104
5.5 Математична основа державних топографічних карт	106
5.6 Загальнодержавне тематичне картографування	108
5.7 Спеціальне загальнодержавне картографування.....	109
6 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ СТВОРЕННЯ, ОНОВЛЕННЯ, РЕДАГУВАННЯ ТА УЗГОДЖЕННЯ ДЕРЖАВНИХ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ В УКРАЇНІ	111
6.1 Загальні вимоги до геодезичної основи, точності та змісту загальнодержавних топографічних карт всіх масштабів.....	111
6.2 Математична основа топографічних карт	114
6.3 Геодезична основа і точність топографічних карт	117
6.4 Зміст топографічних карт	121
6.4.1 Математичні елементи карт	121
6.4.2 Геодезичні пункти	123
6.4.3 Гідрографія та гідротехнічні споруди	123
6.4.4 Населені пункти	127
6.4.5 Промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти	130
6.4.6 Дороги та дорожні споруди.....	132
6.4.7 Рельєф.....	134
6.4.8 Рослинний покрив та ґрунти.....	137
6.4.9 Кордони та межі	139
6.4.10 Відомості про схилення магнітної стрілки. морські шляхи. Полярні кола і тропіки.....	140
6.4.11 Зображення об'єктів, що мають значення орієнтирів	141
6.4.12 Підписи	142
6.5 Редагування та узгодження топографічних карт.....	143
7 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ СТВОРЕННЯ, ОНОВЛЕННЯ ТА ВИДАННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ В УКРАЇНІ	146
7.1 Загальні положення і правила створення, оновлення та видання топографічних планів	146
7.2 Призначення топографічних планів.....	147
7.3 Проекція, система координат і висот, розграфка, номенклатура	149

7.4	Зміст топографічних планів	151
7.5	Точність топографічних планів	152
7.6	Геодезична основа	153
7.7	Методи створення топографічних планів	154
7.8	Оновлення топографічних планів	155
7.9	Оформлення топографічних планів	155
7.10	Видання топографічних планів	156
8	СПОСОБИ ЗНІМАННЯ СИТУАЦІЇ МІСЦЕВОСТІ ТА ОСНОВНІ ВИМОГИ І ЗАГАЛЬНІ ПОЯСНЕННЯ ДО ТОПОГРАФІЧНИХ ЗНІМАНЬ	158
8.1	Види та етапи топографічних знімачів	158
8.2	Вибір масштабу знімання і висоти перерізу рельєфу	159
8.3	Способи знімання ситуації місцевості.....	160
8.4	Основні вимоги і загальні пояснення до топографічних знімачів	167
8.4.1	<i>Аерофототопографічне знімання</i>	167
8.4.2	<i>Наземне фототопографічне (фототеодолітне) знімання</i>	171
8.4.3	<i>Мензольне знімання</i>	176
8.4.4	<i>Тахеометричне знімання</i>	183
8.4.5	<i>Особливості знімання забудованих територій</i>	188
8.4.6	<i>Знімання підземних комунікацій</i>	196
9	ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАНЬ ТА ОБРОБКА ЖУРНАЛУ ТАХЕОМЕТРИЧНОЇ ЗЙОМКИ	201
9.1	Суть тахеометричної зйомки	201
9.2	Прилади, які застосовуються для тахеометричної зйомки.....	203
9.3	Виконання тахеометричної зйомки.....	206
9.3.1	<i>Геодезична мережа тахеометричної зйомки</i>	206
9.3.2	<i>Основні вимоги до виконання тахеометричного знімання</i>	207
9.3.3	<i>Прокладання тахеометричного ходу та послідовність робіт на станціях</i>	211
9.3.4	<i>Приведення значення місця нуля (M0) до нуля</i>	215
9.3.5	<i>Зйомка ситуації і рельєфу місцевості, складання абриса та послідовність робіт на станціях під час виконання зйомки</i>	216
9.4	Обробка журналу тахеометричної зйомки	222
10	СКЛАДАННЯ ТОПОГРАФІЧНОГО ПЛАНУ ДІЛЯНКИ МІСЦЕВОСТІ ЗА ДАНИМИ ТАХЕОМЕТРИЧНОЇ ЗЙОМКИ	226
	ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА	245
	ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	248

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Топографія з основами картографії» належить до обов'язкової фахової освітньої компоненти теоретичної і практичної підготовки студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання (включно з іноземцями) за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій» (освітньо-професійна програма «Землеустрій та кадастр»). Загальна кількість годин на вивчення цієї дисципліни становить 270 годин або 9 кредитів, з них: 150 годин або 5 кредитів – на аудиторні заняття та самостійну роботу студента (30 годин – лекції, 30 годин – практичні роботи, 15 годин – лабораторні роботи, 75 годин – самостійна робота студента), та 120 годин або 4 кредити – на навчальну практику (у тому числі 30 годин – самостійна робота студента під час навчальної практики). Для студентів денної форми навчання дисципліна викладається на III курсі у шостому семестрі, а для студентів заочної форми – на IV курсі.

Топографія і картографія є складовими дисциплінами сучасної геодезії. **Топографія** розглядає способи вивчення форм і розмірів порівняно невеликих ділянок земної поверхні суші для зображення їх на картах, планах та профілях. **Картографія** розробляє методи складання та способи видання різних карт і планів, визначає шляхи їх використання. Враховуючи це конспект лекцій з навчальної дисципліни «Топографія з основами картографії» складається з наступних тем:

- 1 – предмет і задачі топографії та картографії;
- 2 – картографічні образно-знакові просторові моделі;
- 3 – математична основа побудови географічних карт;
- 4 – топографічні плани і карти, методи і прийоми їх використання для вирішення різних задач;
- 5 – загальнодержавне топографічне і тематичне картографування;
- 6 – основні положення створення, оновлення, редагування та узгодження державних топографічних карт в Україні;
- 7 – основні положення створення, оновлення та видання топографічних планів в Україні;
- 8 – способи знімання ситуації місцевості та основні вимоги і загальні пояснення до топографічних знімачь;
- 9 – виконання вимірювань та обробка журналу тахеометричної зйомки;
- 10 – складання топографічного плану ділянки місцевості за даними тахеометричної зйомки.

В кінці кожного розділу конспекту лекцій є запитання для перевірки засвоєння змісту (базових знань) тем.

При підготовці конспекту лекцій використано навчально-методичні та наукові здобутки відомих в Україні вчених і нормативні документи з топографії та картографії [1-32].

Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Топографія з основами картографії» складено з урахуванням особистого багаторічного досвіду виконання польових і камеральних топографо-геодезичних досліджень і картографічних робіт, викладання навчальних дисциплін і проведення практик топографо-геодезичного та картографічного спрямування в Одеському державному екологічному університеті (ОДЕКУ).

1 ПРЕДМЕТ І ЗАДАЧІ ТОПОГРАФІЇ ТА КАРТОГРАФІЇ

1.1 Визначення топографії і картографії та їх зміст

Топографія – наукова дисципліна, що займається детальним вивченням земної поверхні в геометричному відношенні, дослідженням і розробкою способів зображення цієї поверхні на площині у вигляді топографічних карт і планів. Слово «топографія» грецького походження та складається з двох частин. Слово «топос» – місцевість і «графо» – писати, тобто означає в прямому перекладі – «описувати місцевість».

Топографія є одним із розділів геодезії. *Геодезія* – наука, що вивчає форму, розміри і гравітаційне поле Землі, розробляє методи створення координатної та планової основи для детального вивчення фізичної земної поверхні з метою відображення отриманої географічної інформації за допомогою просторових образно-знакових моделей.

Задачі топографії:

– визначення положення окремих точок земної поверхні з метою відображення отриманої географічної інформації у вигляді топографічних карт або цифрових моделей місцевості;

– виконання вимірювань на земній поверхні, що необхідні для проектування, будівництва й експлуатації інженерних споруд, використання природних багатств і розробки географічних інформаційних систем (ГІС).

Картографія – галузь науки, техніки та виробництва, що включає вивчення, створення і використання картографічних творів.

Задача картографії – відображення та дослідження просторового розміщення, поєднань (або сполучень) і взаємозв'язку явищ природи та суспільства за допомогою особливих образно-знакових моделей – картографічних зображень.

Структура картографії включає розгалужену систему наукових і технічних дисциплін.

Загальна теорія картографії – розділ, в якому розглядаються загальні проблеми, предмет і метод картографії як науки, а також окремі питання методології створення та використання карт.

Математична картографія – дисципліна, що вивчає математичну основу карт, розробляє теорію картографічних проєкцій, методи побудови картографічних сіток, аналізу та розподілу спотворення в них.

Проектування та складання карт передбачає вивчення та розробку методів і технології лабораторного виготовлення карт.

Оформлення карт і картографічна семіотика розробляють мову карти, теорію і методи побудови систем картографічних знаків, художнього проектування карт та їх кольорового оформлення. В межах картографічної семіотики вивчають правила побудови знакових систем та користування ними (синтактика), співвідношення знаків з об'єктами, що відображуються (семантика), інформаційна цінність знаків та їх сприймання користувачами (прагматика).

Видання карт – технічна дисципліна, що вивчає і розробляє технологію друку, розмноження, поліграфічного оформлення карт, атласів та іншої картографічної продукції.

Використання карт – розділ, в якому розробляють теорію і методи використання картографічної продукції в різних сферах наукової, практичної, культурної та іншої діяльності.

Історія картографії вивчає історію ідей, методів картографування, розвиток картографічного виробництва, а також стару картографічну продукцію.

Картографічне джерелознавство розробляє методи систематизації картографічних джерел, що необхідні для створення карт.

Картографічна інформатика вивчає і розробляє методи збирання, збереження та видачі споживачам інформації про картографічні вироби і джерела.

Картографічна топоніміка – дисципліна, що вивчає географічні назви, їх змістове значення з точки зору правильної передачі на картах.

1.2 Зв'язок топографії та картографії з іншими науками, історія розвитку й організаційні форми

Достовірне зображення і дослідження дійсності існуючими засобами картографічних зображень, як особливих просторових моделей реальних явищ, неможливе без тісного взаємозв'язку з багатьма науками.

Зв'язок топографії та картографії з іншими науками. Історично топографія і картографія найбільш близькі до географії і геодезії. Значення геодезії для топографії та картографії полягає в тому, що вона надає дані про форму і розміри Землі, координати точок земної поверхні, методи вимірювань та просторової фіксації.

В основі методів розв'язання наукових і практичних задач топографії та картографії лежать закони математики і фізики. Математичні знання використовуються для розробки науково-обґрунтованих схем постановки та виконання топографо-геодезичних вимірювань. На основі математики виконують обробку результатів вимірювань, що дозволяє отримувати з найбільшою ймовірністю значення шуканих величин. При вирішенні топографо-геодезичних задач широко використовуються ПК.

Закони механіки застосовуються при вивченні фігури Землі та її гравітаційного поля. Розділи фізики, такі як оптика, електроніка та радіотехніка, необхідні для розробки й експлуатації геодезичних приладів, що використовуються при топографічних зніманнях. Сучасні досягнення фізики в галузі голографії широко використовуються при конструюванні картографічної апаратури, проектуванні й оформленні карт.

Картографія та топографія широко використовують досягнення інформатики, що займається вивченням методів збирання, перетворення, збереження, пошуку, передачі та розповсюдження наукової інформації. Особливо ефективно використання методів і прийомів інформатики, що дозволяють організувати інформативно-картографічну службу та автоматизувати обробку вимірювальної картографічної інформації.

Відомості з астрономії потрібні для розробки та використання астрономічних способів визначення координат земної поверхні, що необхідні для картографічного відображення, перетворення й аналізу географічної інформації.

Космонавтика, а саме космічні знімання земної поверхні, що виконуються за допомогою фотографічної апаратури та електронно-сканувальних приладів космічного базування, розміщених на штучних супутниках Землі, пілотованих космічних кораблях і орбітальних станціях, займають провідне місце у виконанні топографо-геодезичних робіт.

Топографія і картографія широко застосовують аерофотознімки, як ефективний засіб отримання різносторонньої інформації про місцевість.

Геоморфологія як наука про походження та розвиток рельєфу земної поверхні, необхідна топографії і картографії для достовірного зображення форм рельєфу на картах і планах.

Картографія тісно стикається з такими галузями знань, як геологія, геофізика, метеорологія, гідрологія, синоптика, соціологія, економіка, народонаселення й інші. Геолог, гідролог, гідротехнік, еколог, гідроеколог, інженер-будівельник та інші не можуть успішно виконувати роботи без використання топографо-геодезичних матеріалів. Всі ці спеціальності без топографічної карти – є те саме, що столяр без сокири або коваль без молотка.

Короткий історичний огляд розвитку топографія і картографії у стародавні часи. Топографія і картографія виникли ще в глибокій давнині та розвивались, виходячи з практичних запитів людства. За 4000 р. до н. е. в Єгипті вже були побудовані іригаційні споруди, із застосуванням точних геодезичних вимірювань. За 3000 р. до н. е. китайці відкрили властивість підвішеної магнітної пластинки вказувати напрямки на сторони горизонту. В 500 р. до н. е. Піфагор висловив гіпотезу, що Земля має форму кулі, а в IV ст. до н. е. Арістотель довів, що форма нашої планети дуже близька до форми кулі. В III ст. до н. е. Ератосфен визначив радіус Землі. Відомо, що піраміда Хеопса висотою 146,6 м побудована правильної геометричної форми і орієнтована точно на північ. Цікавим є те, що для навчання мистецтву топографо-геодезичних робіт єгиптяни за 1700 р. до н. е. склали посібник практичної геодезії. Ще у I-II ст. н. е. грецький вчений Клавдій Птоломей розробив картографічні проєкції.

На розвиток топографії і картографії значно вплинули відкриття та завоювання нових земель у XV-XVI ст. У XVII-XVIII ст., коли почали формуватись великі держави, інтенсивно розвивалась картографія, тому що виникла необхідність з високою точністю визначати значні відстані. З цією метою в 1614 р. нідерландський вчений В. Скеелліц запропонував спосіб триангуляції, який до мінімуму скоротив вартісні та трудомісткі лінійні вимірювання.

У 1609 р. Галілей винайшов зорову трубу, яка з того часу є однією з основних частин більшості геодезичних приладів, що використовуються при топографічних зніманнях.

Історія розвитку топографії і картографії на теренах нашої країни. Ще в Київській Русі топографічні та картографічні роботи досягли певного розвитку. Про це свідчить, наприклад, кам'яна плита-пам'ятник, яка була знайдена поблизу Тамані, з надписом про те, що в 1068 р. князь Гліб проміряв по льоду Керченську протоку, розміри якої від Тамані до Керчі 22,5 км.

В 1648 р. французький інженер Г. де Боплан видав карту частини України, що належала Польсько-Литовській державі.

Після 1654 р. терени України зображували на картах і в атласах Російської імперії.

Розвиток топографічної і картографічної науки та освіти на сучасних теренах України своїм корінням сягає в XVII-XVIII ст. Вже тоді практичну геометрію викладали в Києво-Могилянській академії, Харківському коледжі, Львівському університеті.

В 1922 р. спеціалістів з вищою геодезичною освітою почав готувати Харківський геодезичний і землепорядний інститут, вчені якого в 1945 р. відкрили геодезичний факультет у Львівському політехнічному інституті. З 1933 р. картографів готують у Київському державному університеті, а з 1958 р. інженерів-геодезистів почали готувати у Київському університеті будівництва та архітектури.

Успішна діяльність топографо-геодезичної та картографічної служби визначається рівнем наукових досліджень та якістю підготовки фахівців. Сьогодні в Україні підготовкою фахівців з вищою геодезичною і картографічною освітою та виконанням наукових досліджень займаються в закладах вищої освіти у містах Київ, Львів, Одеса, Вінниця, Чернівці й ін. Суттєвий внесок у розвиток топографо-геодезичної і картографічної наук і освіти зробили вітчизняні вчені А. В. Буткевич, М. Г. Відусь, А. Г. Григоренко, Г. О. Мещеряков, М. К. Мигель, А. Д. Моторний, А. Л. Островський та багато інших науковців і фахівців.

Організаційні форми топографо-геодезичної та картографічної діяльності на території України. В Україні координацію та виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт здійснюють відповідні організації і служби. Для забезпечення споживачів топографо-геодезичними матеріалами та картографічною продукцією постановою Кабінету Міністрів України від 1 листопада 1991 р. № 306 створене Головне управління геодезії, картографії та кадастру України (Укргеодезкартографія).

На Укргеодезкартографію, як центральний орган виконавчої влади, покладалися такі основні функції: 1 – розробка концепції перспективного розвитку топографо-геодезичних і картографічних робіт на території України; 2 – виконання геодезичних, астрономічних, гравіметричних робіт в єдиній системі координат а також топографічних знімань усіх масштабів та ведення картографічного моніторингу території України, включаючи шельфову зону і населені пункти; 3 – здійснення державного геодезичного нагляду за виконанням вказаних робіт підприємствами і організаціями незалежно від форм власності та відомчої належності.

Проте, наприкінці 1999 р. Укргеодезкартографію, як центральний орган виконавчої влади, ліквідовано та введено до складу новоствореного Міністерства екології та природних ресурсів України як Департамент геодезії, картографії та кадастру. Пізніше, з метою вдосконалення державного управління у сфері топографо-геодезичної та картографічної діяльності, постановою Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2001 р. № 1744 утворено Державну службу геодезії, картографії та кадастру, як урядовий орган державного управління у складі зазначеного вище міністерства.

Однак, 15 вересня 2003 р. Указом Президента України № 1039/2003 реорганізовано Міністерство екології та природних ресурсів України і Державну службу геодезії, картографії та кадастру було передано до Державного комітету природних ресурсів України.

Внаслідок ліквідації 14 квітня 2004 р. Державної служби геодезії, картографії та кадастру як урядового органу державного управління її перетворено у департамент Державного комітету природних ресурсів. Згодом постановою Кабінету Міністрів України № 550 від 12 липня 2005 р. було відновлено Державну службу геодезії, картографії та кадастру як урядовий орган державного управління у складі Міністерства охорони навколишнього природного середовища України.

В 2012 р. Державну службу геодезії, картографії та кадастру у черговий раз було ліквідовано. Натомість створено Департамент геодезії та картографії в структурі Державного агентства земельних ресурсів України (Держземагентство), яке 10 вересня 2014 р. постановою Кабінету Міністрів України № 442 було перетворено у Державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру (Держгеокадастр). Держгеокадастр є центральним органом виконавчої влади України, який реалізує державну політику у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності.

Відповідно до покладених на Держгеокадастр завдань, пов'язаних з топографо-геодезичною і картографічною діяльністю, він:

1 – здійснює міжнародне співробітництво у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності та з питань встановлення, унормування, збереження, обліку, реєстрації географічних назв, а також створення та ведення Державного реєстру географічних назв;

2 – забезпечує здійснення адаптації національного законодавства до законодавства ЄС з питань, що належать до його компетенції;

3 – здійснює в межах повноважень, передбачених законом, заходи щодо імплементації в національне законодавство положень міжнародних договорів, стороною яких є Україна;

4 – розробляє порядки створення та актуалізації картографічних матеріалів, нормативно-технічні документи з питань геодезії, картографії, геоінформаційних систем;

5 – здійснює державний геодезичний нагляд за топографо-геодезичною і картографічною діяльністю;

6 – координує топографо-геодезичну і картографічну діяльність і здійснює методичне керівництво топографо-геодезичними та картографічними роботами;

7 – здійснює в установленому порядку реєстрацію апаратури супутникових радіонавігаційних систем, яка застосовується під час проведення топографо-геодезичних, картографічних, аерофотознімальних, проектних, дослідницьких робіт і вишукувань та кадастрових зйомок;

8 – погоджує виконання робіт в охоронних зонах геодезичних пунктів та знесення і перезакладення геодезичних пунктів;

9 – здійснює моніторинг геодезичних пунктів;

10 – здійснює обстеження і відновлення пунктів державної геодезичної і нівелірної мереж, аналізує їх стан та розробляє пропозиції щодо їх удосконалення;

11 – проводить картографічний моніторинг території України, включаючи шельфову зону та населені пункти;

12 – здійснює ведення державного обліку топографо-геодезичних і картографічних робіт, організовує зберігання матеріалів, одержаних за результатами їх виконання;

13 – забезпечує виконання астрономо-геодезичних, гравіметричних, інженерно-геодезичних, топографічних, картографічних, картовидавничих робіт, проведення супутникових радіонавігаційних спостережень, аерозйомки та космічних зйомок для дистанційного зондування Землі;

14 – забезпечує функціонування та розвиток державної геодезичної мережі;

15 – забезпечує створення, розвиток та функціонування національної інфраструктури геопросторових даних, системи стандартизації у сфері геодезії і картографії;

16 – організовує і координує виконання загальнодержавних топографо-геодезичних і картографічних робіт;

17 – організовує топографо-геодезичне, картографічне та гідрографічне забезпечення делімітації, демаркації і перевірки державного кордону України, формування відповідної бази топографо-геодезичних та картографічних даних;

18 – забезпечує формування та ведення Державного картографо-геодезичного фонду України, регіональних картографо-геодезичних фондів, бази цифрових і електронних карт та геопросторових даних, які використовуються у топографо-геодезичному та картографічному виробництві;

19 – забезпечує формування і ведення банку геодезичних даних та баз топографічних даних;

20 – здійснює координацію діяльності, пов'язаної з встановленням, унормуванням, обліком, реєстрацією, використанням та збереженням географічних назв;

- 21 – організовує проведення відповідної експертизи географічних назв;
- 22 – забезпечує створення і ведення Державного реєстру географічних назв, контролює використання та збереження географічних назв;
- 23 – визначає сталі географічні об'єкти на території України;
- 24 – здійснює в установленому порядку визначення меж географічних місць, з якими пов'язані особливі властивості, певні якості та інші характеристики товарів, і надає відповідні висновки;
- 25 – затверджує відповідно до Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» склад Кваліфікаційної комісії для сертифікації інженерів-геодезистів;
- 26 – веде Державний реєстр сертифікованих інженерів-геодезистів та видає витяги із зазначеного реєстру;
- 27 – приймає рішення про анулювання (позбавлення), зупинення та поновлення дії кваліфікаційного сертифіката інженера-геодезиста;
- 28 – проводить в установленому законодавством порядку державну експертизу програм з питань топографо-геодезичної і картографічної діяльності, проектів топографо-геодезичних і картографічних робіт та їх результатів.

Для ведення топографо-геодезичних і картографічних робіт на високому сучасному рівні та розробки нових технологій Україна бере активну участь в роботі ряду міжнародних геодезичних і картографічних організацій, наприклад, є членом Міжнародної картографічної асоціації, Міжнародного союзу з фотограмметрії та дистанційного зондування, Міжнародної асоціації геодезії та геодинаміки, Європейської асоціації відповідальних за офіційне картографування (EuroGeographics), яка об'єднує національні картографо-геодезичні служби країн Європи.

1.3 Загальні відомості про топографо-геодезичне і картографічне забезпечення земельного кадастру

Для проведення робіт з земельного кадастру необхідні високої якості топографо-геодезичні та картографічні матеріали, які давали б можливість достатньо повно і детально відобразити кадастрову ситуацію. Для цієї мети необхідні заданого масштабу кадастрові карти і плани, каталоги координат і інші матеріали, які задовольнили б відповідну точність визначення елементів та характеристик кадастрових об'єктів.

Наявність великої кількості територіальних одиниць з високою ціною земельних ділянок і густотою забудови обумовлює підвищені вимоги до точності відображення меж земельних ділянок, визначення їх площ, елементів і характеристик будівель та споруд.

Топографо-геодезичні та картографічні матеріали земельного кадастру включають кадастрові карти і плани, схеми, креслення та набір тестових документів у вигляді таблиць, списків, реєстрів тощо. Зміст цих матеріалів визначається сукупністю елементів кадастрових планів, креслень, схем, які є відображенням властивостей кадастрових об'єктів чи явищ міського середовища.

Топографо-геодезичні та картографічні матеріали земельного кадастру використовують при вирішенні наступних завдань:

- прийняття управлінських рішень на рівні міських органів влади і комунальних служб;
- виконання графоаналітичних розрахунків для складання проектів міського цивільного і промислового будівництва;
- виконання проектних розробок обґрунтувань й удосконалення технічних рішень розвитку і реконструкцій вулично-дорожньої та інженерно-технічної мережі;
- визначення об'ємів робіт, зокрема земельних, при будівництві і реконструкції об'єктів міського господарства;
- встановлення і визначення положення меж адміністративно-територіальних одиниць, землеволодінь і землекористувань, меж населених пунктів тощо;
- визначення площ кадастрових земельних ділянок та інших структурно-облікових одиниць;
- складання графічних додатків до правових та управлінських документів;
- планування природоохоронних і санітарно-гігієнічних заходів тощо.

Планово-картографічні матеріали кадастру є просторовим базисом, який забезпечує планово-висотний зв'язок даних про об'єкти і явища середовища у відповідних системах координат і висот на всіх рівнях представлення.

Зміст кадастрової інформації відображається на планах або в базах даних електронних засобів, масштаби яких встановлюються залежно від співвідношення елементів ситуації, рівня представлення даних кадастру і необхідної точності визначень.

На кадастрових планах інформація зображується умовними знаками, в електронних засобах відповідними кодами і графічними засобами.

Збір та систематизація кадастрової інформації здійснюються за об'єктовим принципом. Дані об'єктового рівня реєструються в процесі кадастрового знімання в масштабі, що забезпечує наступне створення кадастрових планів усіх масштабів і рівнів.

Згідно з діючими нормативними документами кадастрове знімання міст здійснюється в масштабі 1:500-1:1 000, сільських населених пунктів – у масштабі 1:2 000.

Кадастрові плани створюються на всі об'єкти міського господарства.

Обліковими кадастровими одиницями є: кадастрова ділянка, відрізок вулиці, перехрестя вулиць, площа тощо. На цих планах в умовних знаках показують межі міста, адміністративно-територіальних одиниць і їх коди, елементи і параметри кадастрових об'єктів (землі, будівлі, споруди, інженерні комунікації).

Кількість елементів і характеристик об'єктів, які показують на кадастрових планах різні, залежно від виду і призначення, об'єкта. Так, кадастрові плани міських земель у масштабі 1:500 створюють тільки по угіддях, для інженерних мереж – роздільно для кожного виду інженерних комунікацій (водовід, каналізація, електропостачання, зв'язок тощо).

Кадастрові плани будівель і споруд створюють у масштабах 1:100, 1:200 (інвентаризація, поверхові плани), на яких показують розміри і внутрішнє розпланування квартир і будинків, матеріали стін, положення сантехнічних вузлів, інвентарний номер, площу (загальну, житлову) і таке інше.

Питання для самоперевірки до теми № 1

1. Яке визначення та задачі мають топографія і картографія?
2. Яку структуру має картографія?
3. Який зв'язок топографія та картографія мають з іншими науками?
4. Які основні періоди можна виділити в історії розвитку топографії та картографії і з чим це пов'язано?
5. Що включають топографо-геодезичні та картографічні матеріали земельного кадастру?

2 КАРТОГРАФІЧНІ ОБРАЗНО-ЗНАКОВІ ПРОСТОРОВІ МОДЕЛІ

2.1 Карти та їх властивості

Карта – зменшене, подібне та узагальнене зображення на площині поверхні Землі, інших небесних тіл або космічного простору, що побудоване за певними математичними законами й наочно за допомогою умовних знаків показує розміщення й зв'язки різних предметів, явищ чи процесів, а також їх якісні та кількісні характеристики.

Моделювання природних процесів та явищ за допомогою географічних карт передбачає знання їх властивостей як образно-знакових моделей. Вивчення та складання карт вимагають аналітичного підходу, розділення карт на складові її елементи, вміння розуміти зміст, значення й функції кожного елемента та бачити зв'язок між ними. Схема елементів загальногеографічної карти наведена на рис. 2.1.

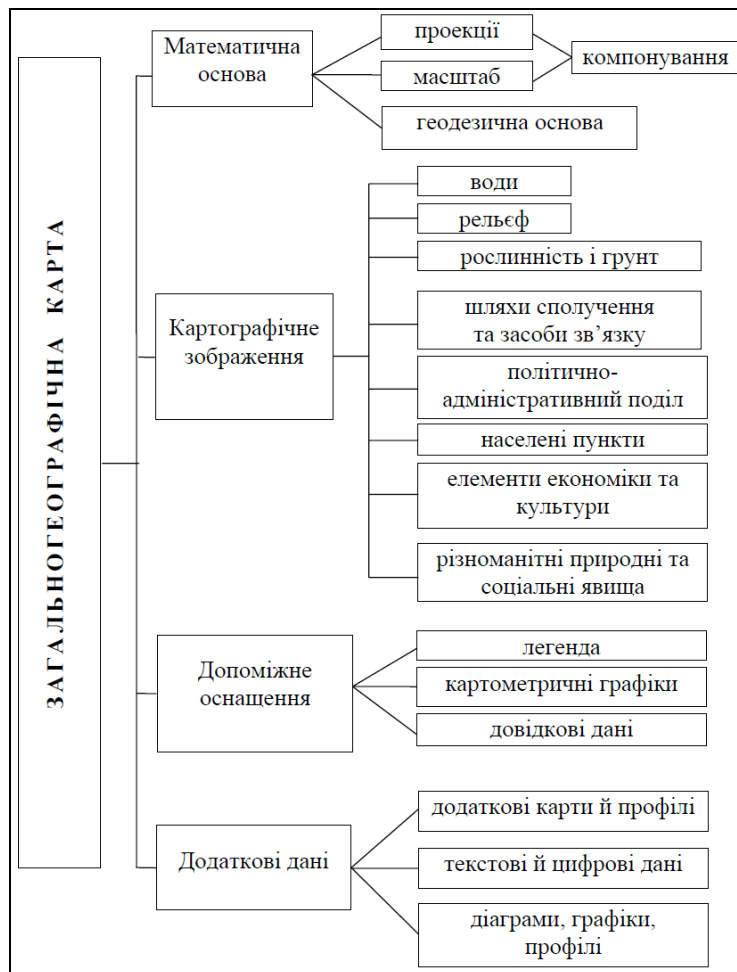


Рисунок 2.1 – Схема елементів загальногеографічної карти

Карта як модель дійсності, що розглядається з позицій теорії пізнання як просторова, математично визначена та генералізована образно-знакова модель, має характерні (гносеологічні) властивості.

Гносеологічні властивості карт такі: просторова-часова подібність, змістова відповідність, абстрактність, вибірковість та синтетичність, метричність, однозначність, безперервність, наочність та читанність, оглядовість та висока інформативність.

Просторова-часова подібність картографічного зображення й самого об'єкта проявляється в трьох аспектах: геометрична подібність форм та розмірів об'єктів картографування; часова подібність, тобто відображення на карті стану й розвитку об'єктів в момент часу, що відображений на карті; подібність відношень, зв'язків та підпорядкованості об'єктів.

Змістова подібність – це науково-обґрунтоване відображення головних особливостей дійсності з врахуванням генезису, зовнішньої та внутрішньої структури, а також ієрархії об'єктів.

Абстрактність досягається генералізованістю карти, переходом від індивідуальних понять до узагальнених шляхом підбирання типових характеристик об'єктів та усунення дрібних й другорядних деталей. Карта не є точною копією об'єкта чи його фотографією, а є суб'єктивним відображенням об'єктивної реальності.

Вибірковість і синтетичність характеризується здатністю вичленити та роздільно представити ті фактори, процеси й аспекти об'єкта, які в реальній дійсності проявляються сумісно. З іншої сторони, карти можуть забезпечувати єдине цілісне зображення явищ й процесів, які в реальних умовах проявляються ізольовано.

Метричність карти забезпечується математичним законом побудови, точністю її складання й відтворення. Наявність масштабу, класифікацій, шкал та градацій дозволяє виконувати на картах різноманітні вимірювання кількісних показників й визначати якісні характеристики. Кількісні характеристики можна отримати в абсолютних одиницях, в вигляді бальних або рангових оцінок.

Однозначність – властивість карти як моделі мати тільки єдине значення в кожній точці в межах прийнятої системи позначень. Однозначність розглядається як просторова та знакова. Просторова однозначність полягає в тому, що в кожній точці карти з координатами X та Y поставлено у відповідність тільки одне значення Z параметра, що картографується. Знакова однозначність проявляється в тому, що кожний умовний знак на карті має тільки одне точно зафіксоване в легенді значення.

Безперервність означає, що картографічне зображення присутнє на всіх точках карти. На ній немає пустот і розривів, за винятком розривів, що передбачені деякими картографічними проекціями.

Наочність – це можливість зручного зорового сприйняття просторових форм, розмірів розміщення та зв'язків об'єктів. Ця властивість забезпечується продуманим відбором елементів змісту, доцільністю генералізації, ретельним вибиранням засобів зображення.

Читанність карти характеризується візуальним розпізнаванням елементів і деталей картографічного зображення.

Оглядовість карти є здатність представляти одному погляду читача які завгодно простори (райони, материки або в цілому планету), головні закономірності розміщення та взаємозв'язку об'єктів і основні елементи їх структури.

Інформативність – це число знаків, кількісних характеристик і назв, що їх розміщено на одиниці площі карти, інформація передається за допомогою знаків та їх просторових комбінацій. Інформацію на карті читач може сприймати безпосередньо та за результатами вимірювань, перетворень і логічних висновків.

Крім загальноприйнятих карт, використовують наступні: анагліфічні, рельєфні та цифрові карти, фотокарти, карти-транспаранти, карти на мікрофліші, блок-діаграми і глобуси.

Анагліфічна карта друкується двома кольорами, що доповнюють один одного (наприклад, синьо-зеленим та червоним). При роздивлянні цих карт через спеціальні окуляри-світлофільтри спостерігають об'ємне зображення.

Рельєфна карта виконується для об'ємного тривимірного зображення місцевості. Вертикальний масштаб таких карт збільшений порівняно з горизонтальним в 2-10 разів. Картографічну інформацію на таких картах показують звичайними знаками.

Фотокарта – це карта, що суміщена з фотографічним зображенням. Її отримують суміщенням поліграфічних відтисків фотоплана з умовними позначеннями окремих об'єктів місцевості, горизонталями й підписами. Для складання фотокарт використовують аеро- й космічні знімки, що виконані в різних діапазонах.

Цифрова карта – цифрова модель об'єктів, що представлена в вигляді закодованих в числовій формі просторових координат X , Y та аплікату Z й інших елементів змісту. Цифрові карти є результатом логіко-математичних перетворювань вихідної інформації про об'єкти картографування.

Зміст цифрових карт складають масиви даних про об'єкти картографування, проекції, масштаби й геодезичну основу, рамку карти та оформлення, що розміщене за рамкою.

Карта-транспарант – карта, що віддрукована поліграфічним способом на прозорій плівці й призначена для проектування на екран. При суміщенні комплекту карт з різним але взаємоузгодженим тематичним змістом розкривається зв'язок явищ між собою.

Карта на мікрофіші – мініатюрна копія з карти або з іншого картографічного твору на фото- і кіноплівці або на масштабних носіях. Мікрофіші дають можливість зберігати оригінали з малими затратами та використовувати їх для картоскладання. Інформація з мікрофішей може безпосередньо вводиться в ЕОМ (ПК) при автоматичному складанні та використанні карт.

Блок-діаграма – тривимірний картографічний рисунок, що суміщає зображення якої-небудь поверхні з повздовжніми та поперечними вертикальними розрізами. Вони використовуються для картографування геологічної, геоморфологічної, ландшафтної, океанологічної та іншої інформації про природне середовище.

Глобус – кулеподібна модель Землі, іншої планети або небесної сфери з картографічним зображенням. Глобуси бувають роз'ємними, що дозволяє демонструвати внутрішню будову земної кори.

2.2 Класифікація карт

Класифікація карт за різними ознаками необхідна для їх обліку, збереження, пошуку необхідної інформації, що є їх змістом, та вивчення особливостей самих карт. Вона також сприяє раціональній організації картографічного виробництва. Карти, на яких зображена вся Земля або її окремі частини, називають географічними. Карти, які називають зоряними – це карти зоряного неба. Існують карти інших, крім Землі, небесних тіл.

Карти класифікують за такими ознаками: масштаб, територіальне охоплення, зміст, призначення, математична основа, епоха тощо.

За масштабом географічні карти класифікують: великомасштабні (1:200 000 та більше), середньомасштабні (від 1:200 000 до 1:1 000 000) та дрібномасштабні (менше 1:1 000 000).

За територіальним (просторовим) охопленням карти класифікують, дотримуючись послідовного переходу від найбільш загальних понять до часткових.

Першу рубрику класифікації складають карти всієї земної поверхні – карти Світу (Землі), які зображують на двох півкулях. Далі розрізняють карти суші та Світового океану.

Карти суші ділять на карти материків або їх груп.

Всередині материків карти класифікують в залежності від вибраної ознаки: політико-адміністративна, фізико-географічна або економічна.

За політико-адміністративним устроєм карти бувають груп держав, окремих держав, областей, штатів, кантонів, районів тощо.

За фізико-географічною або економічною ознакою карти поділяють на карти природних або економічних районів, спочатку великі, а потім – дрібні.

За змістом географічні карти класифікують на загальногеографічні та тематичні.

Загальногеографічні карти відображають сукупність основних елементів місцевості, тобто показують гідрографію, рельєф, населені пункти, шляхи сполучення та інші елементи місцевості. Особливість їх змісту визначається масштабом карти. В залежності від масштабу їх ділять на топографічні, оглядно-топографічні та оглядні.

Тематичні карти, основний зміст яких визначається конкретною темою відображення, спеціально присвячені якому-небудь елементу або явищу (населені пункти, клімат, транспорт, події історії тощо). Вони діляться на карти природних явищ та карти суспільних явищ, які, в свою чергу, групуються за більш вузькими галузями картографування (рис. 2.2).

До кожної групи тематичних карт відноситься ряд карт конкретної тематики. Наприклад, до групи геологічних карт належать стратиграфічні, тектонічні, гідрогеологічні, інженерно-геологічні й інші.

В залежності від прийомів дослідження карти бувають аналітичні, синтетичні та комплексні.

Аналітичні карти відображають окремі сторони або властивості явищ без відображення зв'язків та взаємодії з іншими їх сторонами або властивостями (температурою повітря, напрямком і силою вітру, опадами, крутизною схилів тощо).

Синтетичні карти дають цілісну інтегральну характеристику явищ, при формуванні яких враховуються складові частини конкретного явища та існуючі між ними зв'язки (ландшафтні, кліматичного чи гідролого-кліматичного районування тощо).

Комплексні карти відображають декілька взаємопов'язаних явищ або їх елементів й причому кожне явище в своїх показниках.

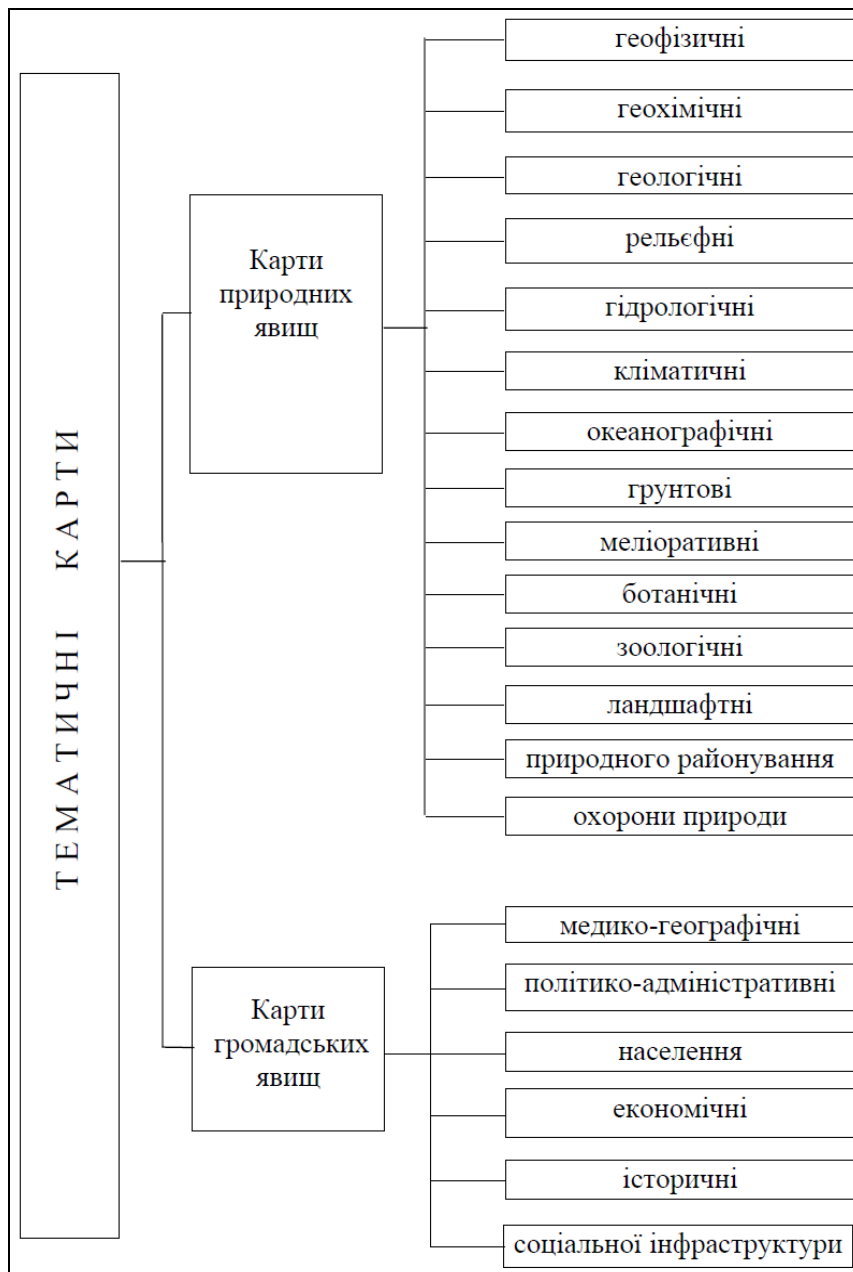


Рисунок 2.2 – Класифікація тематичних карт

За ступенем об'єктивності та достовірності змісту розрізняють: карти-спостереження, карти-висновки, карти-гіпотетичні, карти-тенденційні. Карти-спостереження містять дані, які були отримані безпосередньо в результаті спостережень (карти опадів, забруднення атмосфери тощо). Карти-висновки складають шляхом обробки фактичних даних та їх інтерпретації у відповідності з уявою автора про явище, що зображується (наприклад, про клімат). Карти-гіпотетичні складають при недостатній кількості фактичних даних на основі гіпотез і припущень (карти дрейфу материків). Карти-тенденційні відображають явно спотворену дійсність.

В залежності від характеру і ступеня практичної направленості змісту розрізняють інвентаризаційні, оцінні, рекомендаційні та прогнозні карти. Інвентаризаційні карти відображають об'єкти й явища в відповідності з їх класифікацією, що враховує інтереси даної області діяльності. Оцінні карти показують необхідність або ефективність використання природних або соціально-екологічних умов і ресурсів для тих чи інших цілей. Рекомендаційні карти показують способи й види раціонального використання природних й соціально-економічних умов та ресурсів. Прогнозні карти показують очікуваний в майбутньому стан, розміщення й розвиток відомих або ще не виявлених об'єктів та явищ (забруднення території внаслідок аварійної ситуації на підприємстві).

За призначенням розрізняють науково-довідкові, навчальні, морські навігаційні, лоцманські річок, озер й каналів, аеронавігаційні, кадастрові, дорожні, оперативні, проектні, пропагандистські, туристичні карти. Науково-довідкові карти призначені для отримання необхідної довідки, а також для ретельного вивчення особливостей зображення території або акваторії, розміщення на ній об'єктів і явищ, їх просторових взаємозв'язків та закономірностей їх розміщення з метою наукового дослідження та практичної діяльності. Навчальні карти призначені для навчання згідно з існуючими освітніми програмами. Навігаційні карти, лоцманські карти річок, озер і каналів забезпечують судноводіння та безпечне плавання кораблів, катерів й інших плавзасобів. Аеронавігаційні карти призначені для підготовки до польоту, його виконання та контролю за ним. Кадастрові карти використовуються для забезпечення організації ефективного визначення й охорони сільськогосподарських, лісогосподарських і міських земель для планування виробництва, меліорації земель та інших цілей. Дорожні карти призначені для організації роботи доріг, їх ремонту та обслуговування транспортними засобами, а також для їх користувачів. Оперативні карти призначені для вирішення поточних господарських й інших оперативних задач. Проектні карти відображають проектовну організацію території для цілей землевпорядкування, лісовпорядкування, гідротехнічного будівництва й меліорацій. Пропагандистські карти призначені для розповсюдження політичних, наукових і технічних знань та ідей з метою їх впровадження в громадську свідомість. Туристичні карти показують розміщення турбаз, кемпінгів, архітектурних та історичних пам'яток, об'єктів природи, тобто дається інформація необхідна для забезпечення потреб туристів.

2.3 Географічні атласи та їх класифікація

Географічний атлас – систематизоване зібрання карт, що виконане за загальною програмою, як єдиний цілісний твір. В атласі карти тематично поєднані між собою, взаємно узгоджені й доповнюють одна одну. Для атласів характерним є один набір проєкцій та масштабів. На картах атласів використовують загальні прийоми генералізації, єдині системи умовних позначень, шрифти, способи графічного й кольорового оформлення. Атласи оформляють в вигляді окремих альбомів або книжок. Крім карт, атласи містять пояснювальні тексти, довідкові матеріали, графіки та фотографії, що доповнюють карти.

Назва «атлас» запропонована в 1595 р. картографом Г. Меркатором на честь Атласа – міфічного короля Лівії, а вперше використання атласів запропонував ще у II ст. н. е. давньогрецький вчений Птоломей.

Географічні атласи класифікують за наступними ознаками: просторове охоплення, зміст, призначення, формат і спосіб використання.

За просторовим охопленням розрізняють такі атласи: світу, частин світу, континентів або їх груп (Атлас Антарктики), атласи великих регіонів (Близького Сходу), атласи окремих держав або їх груп (Атлас України), регіональні атласи (Атлас Вінницької області) та атласи міст (Атлас Києва).

За змістом атласи бувають загальногеографічні, тематичні та загальні комплексні. Загальногеографічний атлас містить загальногеографічні карти, що доповнюються політико-адміністративними та фізичними картами. Тематичні атласи містять різні за змістом тематичні карти та бувають природних (фізико-географічних) й громадських (соціально-економічних) явищ. Загальні комплексні атласи містять карти природних і громадських явищ та загальногеографічні карти.

За призначенням атласи бувають науково-довідкові, широкого використання, навчальні, краєзнавчі, морські навігаційно-географічні, дорожні, військові й інші.

Науково-довідкові атласи є збірками й узагальненнями наукових знань про відображення на його картах природних і соціально-економічних явищ, які призначені для ретельного вивчення їх особливостей з метою наукового дослідження та різноманітної практичної діяльності.

Атласи широкого використання призначені як довідковий матеріал для широкого загалу користувачів. Вони дозволяють отримати достатньо повну уяву про природні й соціально-економічні явища, які відображені на них.

Навчальні атласи є посібником для вивчення різноманітних явищ в різних закладах освіти.

Краєзнавчі атласи призначені для краєзнавчої роботи, а також як посібники для шкіл, які характеризують різноманітність місцевих історичних, географічних та інших особливостей.

Морські навігаційно-географічні атласи на картах океанів і морів детально характеризують рельєф дна, морські течії, навігаційний стан, засоби навігаційного обладнання та частину суші.

Дорожні атласи містять карти різних доріг та різні картосхеми.

Воєнні атласи є посібником для вивчення політичної, фізичної, воєнної географії та економіки територій, де можливі воєнні конфлікти.

За форматом і способом використання атласи бувають настільні, середньоформатні та кишенькові.

Питання для самоперевірки до теми № 2

1. Яке визначення має карта?
2. На які складові елементи поділяється загальногеографічна карта?
3. Які характерні (гносеологічні) властивості має карта?
4. За якими ознаками класифікують географічні та тематичні карти?
5. Що таке географічні атласи і як їх класифікують за ознаками?

3 МАТЕМАТИЧНА ОСНОВА ПОБУДОВИ ГЕОГРАФІЧНИХ КАРТ

3.1 Модель поверхні Землі та її розміри

Форма Землі як планети обумовлена дією багатьох процесів, що пов'язані з її утворенням та існуванням. При розв'язанні топографо-геодезичних задач і при картографуванні земної поверхні необхідно її форму описати найбільш достовірною моделлю з установленими розмірами.

Земля не є правильною геометричною фігурою. У зв'язку з тим, що фізична поверхня Землі є сполученням материків і водних просторів, її неможливо виразити ні однією з відомих та математично вивчених геометричних фігур. Всю поверхню Землі можна розділити на дві нерівні частини: океани з відкритими морями, що утворюють єдиний водний простір, який займає 71% поверхні Землі, та материки, що складають 29%. Рівень поверхні океанів та з'єднаних з ними морів приблизно однаковий, але їх дно та поверхня Землі є різноманітним поєднанням нерівностей у вигляді височин і впадин.

За даними геофізики, Земля в значній своїй товщі під впливом безперервно діючих на неї сил поводить себе як пластичне тіло. В зв'язку з цим до неї, за винятком материкового тонкого верхнього шару, що є земною корою, можна застосувати закони гідростатики. Якби Земля була однорідним тілом, постійно знаходилась в нерухомому стані та підлягала би дії тільки внутрішніх сил тяжіння, то вона являла б собою кулю (рис. 3.1).

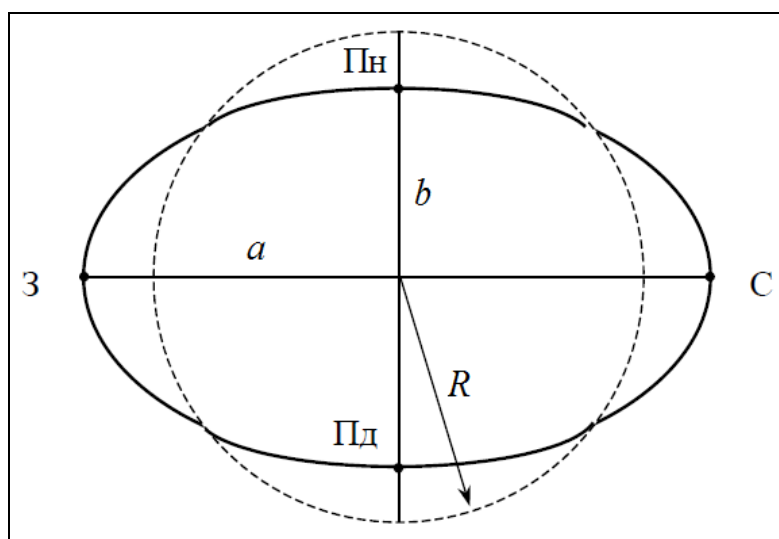


Рисунок 3.1 – Апроксимація поверхні Землі
(пояснення позначень наведені у тексті)

Оскільки Земля обертається навколо своєї осі з постійною швидкістю, то під дією відцентрових сил вона прийняла би форму, що сплюснута в напрямку до полюсів, тобто форму сфероїда або еліпсоїда обертання (рис. 3.1). Така форма сфероїда отримується при обертанні еліпса навколо його малої осі. Це теоретично довів у 1687 р. І. Ньютон в своєму творі «Математичні принципи натуральної філософії» на основі відкритого ним закону тяжіння. Вперше помітив, що Земля не ідеальна куля, французький вчений Ш. Ріше в 1672 р. під час астрономічних спостережень.

Поверхня такої еліпсоїдальної Землі, як фігури рівноваги, була би скрізь горизонтальною, якби в кожній її точці напрямом сили тяжіння збігався би з напрямком нормалі, тобто лінії, що перпендикулярна дотичній в даній точці до поверхні еліпсоїда. Поверхні, перпендикулярні в кожній точці до напрямку прямовисної лінії (напрямку сили тяжіння), називаються рівневими поверхнями сили тяжіння.

В дійсності, під дією процесів, що пов'язані з утворенням і життям Землі як планети, внутрішня її будова неоднорідна. Земля має декілька шарів, щільність яких збільшується в напрямку до центра. В зовнішньому шарі Землі товщиною від 6 км до 70 км, що називається літосферою, закономірностей в розподілі щільності немає. Це пояснюється розміщенням літосфери на межі між твердою Землею, гідросферою та атмосферою. В ній без особливих перешкод відбуваються переміщення порід під дією внутрішніх й зовнішніх сил. В результаті утворюється фізична (топографічна) поверхня Землі, що являє собою поєднання материків і океанічних впадин з складними геометричними формами. Найвища точка Земної поверхні розміщена в Гімалайських горах. Пік Евереста на горі Джомолунгма становить 8848 м над рівнем світового океану. Найнижча точка глибиною 11022 м розміщена в Маріанській впадині Тихого океану. Найвища точка України знаходиться в Карпатах – гора Говерла, яка має висоту 2061 м. Найбільша глибина Чорного моря – 2021 м.

Під дією нерівномірно розміщених мас в земній корі змінюється напрямом сил тяжіння. Рівнева поверхня Землі, яка перпендикулярна до напрямку сили тяжіння, відхиляється від еліпсоїдальної. Вона стає складною та неправильною в геометричному відношенні. Оскільки на Землі водні простори займають більшу площу, то рівнева поверхня збігається з водною поверхнею океанів і морів, що знаходяться в спокійному стані, і не виражається будь-якою з відомих аналітичних форм. Німецький фізик І. Лістінг в 1873 р. запропонував для позначення форми Землі термін геоїд, що не має ніякого геометричного змісту.

Геоїд – це геометричне тіло, що обмежене рівневою поверхнею, яка збігається з поверхнею морів і океанів при спокійному стані водних мас та уявно продовженою під материками таким чином, щоб напрямки сил тяжіння перетинали її під прямим кутом.

Маси в земній корі розміщені нерівномірно, тому прямовисні лінії сил тяжіння відхиляються в сторону більш щільних притягуючих мас від напрямків, які займали б вони, якби Земля була однорідною. Отже, поверхня геоїда, що скрізь перпендикулярна напрямкам прямовисних ліній, буде мати складну, неправильну форму з кривиною, що змінюється. Особливо різкі зміни кривини поверхні геоїда спостерігаються біля підніжжя гірських хребтів, поблизу берегових ліній морів. Кут ε між нормаллю tn в даній точці (рис. 3.2.) і напрямком прямовисної лінії pq до поверхні еліпсоїда називають схиленням прямовисної лінії.

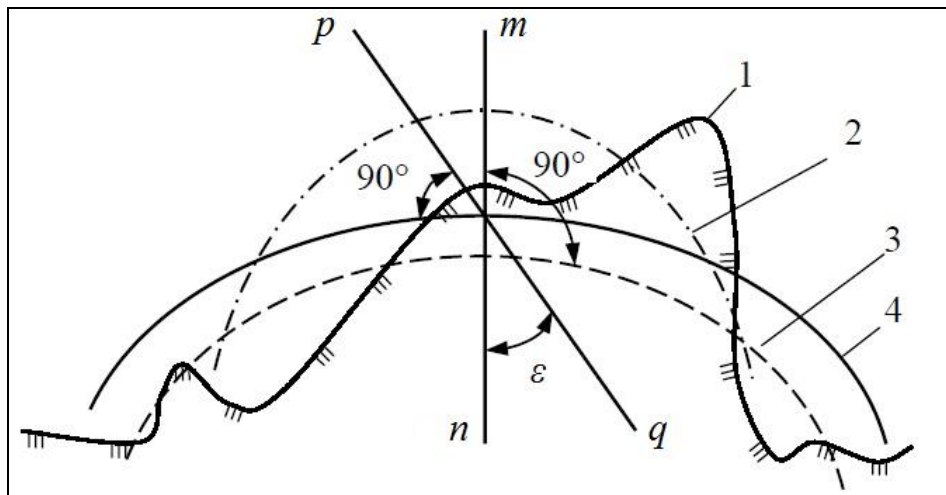


Рисунок 3.2 – Земна куля, земний еліпсоїд, геоїд:

- 1 – фізична поверхня; 2 – земна куля; 3 – еліпсоїд обертання;
- 4 – рівнева поверхня (пояснення інших позначень наведені у тексті)

В середньому для земного сфероїда схилення прямовисної лінії дорівнює від 3" до 4" і тільки в деяких місцях воно досягає декількох хвилин. Максимальне відхилення поверхні геоїда від еліпсоїда не перевищує 150 м.

Для математичної обробки геодезичних вимірювань необхідно знати форму поверхні Землі. Прийняти з цією метою фізичну поверхню або геоїд неможливо, оскільки ці поверхні не можна описати ні однією з математичних формул. Дослідження показали, що найбільш близькою до геоїда математичною поверхнею є еліпсоїд обертання, тому для складання карт і проведення необхідних вимірювань та розрахунків, що пов'язані з

визначенням місцеположення точок на земній поверхні, Землю вважають приплюснутою кулею, яка має вигляд еліпсоїда обертання, що називається земним еліпсоїдом. Його розміри та форма (рис. 3.1.) характеризуються наступними параметрами: довжина великої (екваторіальної) піввісі – a , довжина малої (полярної) піввісі – b , коефіцієнт полярного стиснення σ , ексцентриситети e^2 і e'^2 .

Коефіцієнт полярного стиснення σ та ексцентриситетами e^2 і e'^2 визначаються за формулами:

$$\sigma = (a - b) / a, \quad (3.1)$$

$$e^2 = (a^2 - b^2) / a^2, \quad (3.2)$$

$$e'^2 = (a^2 - b^2) / b^2. \quad (3.3)$$

Протягом трьох останніх століть вчені різних країн, використовуючи різні дані вимірювань, обчислювали розміри земного еліпсоїда. В нашій країні прийняті наступні розміри еліпсоїда, які були обчислені в 1940 р. вітчизняними вченими-геодезистами Ф. М. Красовським і О. О. Ізотовим:

- мала піввісь $b = 6356863,019$ м;
- велика піввісь $a = 6378245,000$ м;
- полярне стиснення $\sigma = (a - b) / a = 1 : (a / (a - b)) = 1 : 298,3$;
- перший ексцентриситет $e^2 = 0,0066934$;
- другий ексцентриситет $e'^2 = 0,0067385$.

Земний еліпсоїд з визначеними розмірами відповідно орієнтований в тілі Землі так, щоб його поверхня найближче підходила до поверхні геоїда, має назву *референц-еліпсоїд*.

Фізична поверхня Землі, на якій виконують геодезичні вимірювання, значною мірою відрізняється від референц-еліпсоїда. При топографічних і картографічних роботах Землю часто приймають за кулю, об'єм якої дорівнює об'єму земного сфероїда. Радіус цієї кулі визначають за формулою:

$$R = \sqrt[3]{a^2 b}. \quad (3.4)$$

Виходячи з розмірів референц-еліпсоїда Ф. М. Красовського, радіус Землі $R = 6371,110$ км. Для незначних ділянок земної поверхні поверхню еліпсоїда приймають за площину.

3.2 Математична основа карт

Для відображення фізичної поверхні Землі на площині карти виконують дві операції:

1 – проектування земної поверхні з її складним рельєфом на поверхню земного еліпсоїда;

2 – зображення поверхні еліпсоїда на площині за допомогою однієї з картографічних проекцій.

Ці дві операції реалізують, керуючись основними положеннями математичної картографії.

Математична основа карти складається із сукупності математичних елементів, які визначають математичний зв'язок між картою і поверхнею, що відображається. **Математичними елементами карти** є: масштаб, картографічні проекції, координатна сітка, елементи компонування та системи розграфлення.

Масштаб карти змінюється не тільки від точки до точки, але й від точки по різних напрямках. Саме тому розрізняють головний і частковий масштаб довжини та площі. Основним масштабом є головний масштаб довжини.

Головний масштаб довжини – це відношення, що показує в скільки разів зменшені лінійні розміри моделі земного еліпсоїда при їх зображенні на карті. Він зберігається тільки в місцях карти, де немає спотворення довжини. Частковий масштаб довжини M – визначають як відношення довжини нескінченно малого відрізка dS' на карті до довжини нескінченно малого відрізка dS на поверхні еліпсоїда:

$$M = dS' / dS. \quad (3.5)$$

На картах підписують головний масштаб довжини.

Головний масштаб площин – це відношення, що показує в скільки разів зменшені розміри площі земної поверхні еліпсоїда при їх зображенні на карті. Він зберігається тільки в тих місцях карти, де немає спотворення площин. В інших місцях масштаби площин більше або менше головного масштабу карти. Частковий масштаб площини C – визначають як відношення нескінченно малої площини dP' на карті до відповідної нескінченно малої площини dP на поверхні еліпсоїда:

$$C = dP' / dP. \quad (3.6)$$

Картографічна проекція – це математично визначений спосіб відображення поверхні земного еліпсоїда (або кулі) на площині, що встановлює аналітичну залежність між географічними (чи іншими) координатами точок еліпсоїда та прямокутними (чи іншими) координатами тих самих точок на площині. Ця залежність виражається за допомогою рівнянь картографічних проекцій

$$X = f_1(B, L), \quad (3.7)$$

$$Y = f_2(B, L). \quad (3.8)$$

Рівняння картографічних проекцій (3.7) і (3.8) дозволяють обчислити прямокутні координати X та Y зображення точки на площині за географічними координатами широтою B та довжиною L .

Кількість можливих функціональних залежностей та, відповідно, проекцій необмежено. При цьому функції f_1 та f_2 – незалежні, неперервні, однозначні та кінцеві. Необхідно, щоби кожна точка з координатами B та L еліпсоїда зображалась на площині однозначно відповідною точкою з координатами X та Y та щоб зображення було безперервним.

Координатна сітка – плоске зображення мережі ліній на земному еліпсоїді, що утворюється на карті відповідними лініями. В залежності від ліній, що її утворюють, координатна сітка є картографічною, прямокутною або кілометровою. Картографічна сітка – це зображення меридіанів та паралелей на карті. Прямокутна сітка – це координатна сітка в системі плоских прямокутних координат в даній картографічній проекції. Кілометрова сітка – це координатна сітка, лінії якої проведені на карті через інтервали, що відповідають певному числу кілометрів. Точки перетину ліній координатної сітки на карті – це вузлові точки.

Геодезична основа карти – це сукупність геодезичних даних для створення карти. Геодезичною основою карти є параметри прийнятої для картографування поверхні, система координат і визначені в цій системі координати опорних пунктів.

На топографічних картах масштабу 1:1 000 000 сітку меридіанів і паралелей будують через 1° .

На картах масштабу 1:500 000 меридіани проводять через $30'$, а паралелі – через $20'$.

На картах масштабів 1:200 000, 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000 та 1:10 000 проводяться тільки крайні меридіани і паралелі, що обмежують поле і утворюють внутрішню рамку карти.

У кутах карти незалежно від її масштабу на продовженні меридіанів указана їх довгота, а на продовженні паралелей – широта.

За полем карти по її периметру на віддалі 7 мм від ліній внутрішньої рамки побудована хвилинна сітка:

- це дві паралельні лінії, розділені за широтою і довготою на хвилинні інтервали;
- кожний минутний інтервал у свою чергу розділений на шість рівних частин, що відповідає десяти секундам.

На картах масштабу 1:200 000 та крупніших, крім сітки меридіанів і паралелей, показують прямокутну сітку координат, лінії якої проведені паралельно осьовому меридіану і екватору – через інтервали, що відповідають цілій кількості кілометрів, тому таку сітку називають *кілометровою*:

- на картах масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000 лінії координатної сітки проведені через 1 км;
- на картах масштабу 1:100 000 лінії координатної сітки нанесені через 2 км;
- на картах масштабу 1:200 000 лінії координатної сітки нанесені через 4 км.

На продовженнях ліній кілометрової сітки підписують значення координат X та Y у кілометрах:

- на крайніх, південній та північній, лініях кілометрової сітки підписують повні значення X , наприклад, ⁶⁰65;
- поблизу крайніх, західної та східної, ліній кілометрової сітки підписують повні значення Y , наприклад, ⁴³11, де 4 – номер зони;
- у проміжку між крайніми лініями підписують десятки й одиниці кілометрів координатні Y , наприклад, відповідно 66, 67 і 12, 13.

По середині ліній зовнішньої рамки (одна потовщена лінія) у розриві з півдня, півночі, заходу і сходу указані номенклатури суміжних аркушів.

Над північною частиною рамки біля правого кута вказують номенклатуру даного аркуша карти, а по середині – назву найбільшого населеного пункту, розміщеного на цій карті.

Під південною частиною рамки розміщують:

- чисельний, іменований та лінійний масштаби карти;
- висоту перерізу рельєфу та систему висот;
- масштаб закладень;
- графік взаємного розміщення істинного, магнітного та осьового (осі X) меридіанів із зазначенням величин середнього зближення у меридіанів і схилення S магнітної стрілки.

Елементи komponування як математична основа карти обумовлюють границі картографічного зображення та взаємне розміщення його частин.

Система розграфлення дозволяє значні за розмірами території відображати на багатьох аркушах карт. Позначення кожного аркуша карти визначається його номенклатурою. Номенклатура аркуша карти в системі розграфлювання визначає чітко однозначну відповідність між аркушами карти та відповідної їм ділянки місцевості. Місцеположення та рамки аркушів карти і їх позначення вказують в збірних таблицях.

3.3 Спотворення та класифікація картографічних проєкцій

У зв'язку з тим, що еліпсоїд неможливо проєктувати на площину без спотворення, то для кожної карти (картографічної проєкції) характерно спотворення довжини, площ, кутів та форми.

Спотворення проєкцій. Неможливість розгортання сфероподібної поверхні Землі на площині призводить до виникнення спотворень. Розрізняють спотворення довжин, площ і кутів. Для характеристики спотворень використовують еліпси спотворень та ізоколи.

Еліпс спотворень – це нескінченно малий еліпс на карті, який є зображенням нескінченно малого кола на поверхні еліпсоїда. Він характеризує величину часткового масштабу в даній точці за різними напрямками.

Напрямки осей еліпса спотворень співпадають з напрямками найбільшого a і найменшого b лінійних масштабів, які називаються головними (рис. 3.3).

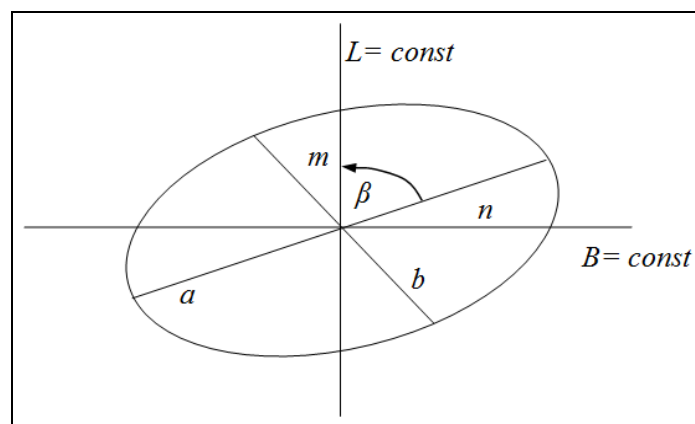


Рисунок 3.3 – Елементи еліпса спотворень (пояснення позначень у тексті)

Визначаючи за картою або обчислюючи за формулами часткові масштаби довжин по меридіанах m і паралелях n , а також кут між ними θ , обчислюють елементи еліпса спотворень – півосі a , b та кут нахилу β :

$$\begin{aligned} a + b &= \sqrt{m^2 + n^2 + 2 \cdot m \cdot n \cdot \sin\theta} \ , \\ a - b &= \sqrt{m^2 + n^2 - 2 \cdot m \cdot n \cdot \sin\theta} \ , \\ \operatorname{tg}\beta &= \frac{b}{a} \sqrt{\frac{a^2 - m^2}{m^2 - b^2}} . \end{aligned} \quad (3.9)$$

Наочну уяву про величину і характер спотворень на проекції дають *ізоколи* – лінії, які з'єднують точки з однаковими значеннями спотворень. Форма ізокол залежить від виду проекції.

Класифікація проекцій. При вивченні картографічних проекцій, природно, виникає питання про їх класифікацію. Для класифікації проекцій потрібно встановити загальний принцип, який закладеться у їх основу. Найбільш розповсюджені ознаки класифікації проекцій – характер спотворень і вид нормальної картографічної сітки.

Картографічні проекції, які використовують для зображення земного еліпсоїда на площині карти, класифікують за такими ознаками:

- характер спотворення;
- вид допоміжної поверхні;
- орієнтування допоміжної поверхні;
- вид нормальної картографічної сітки;
- спосіб отримання та особливості користування.

За характером спотворення картографічні проекції розрізняють рівновеликі, рівнокутні, рівнопроміжні та довільні.

При рівновеликих (або еквівалентних) проекціях відношення площ на карті передається правильно, а спотворюються кути та форми.

При рівнокутних проекціях характерна відсутність спотворення кутів, масштаб довжини в будь-якій точці залишається однаковим по всіх напрямках, а значно спотворюються площі. Ці проекції не дають вірної уяви про розміри фігур, але доволі правильно передають їх форму, тому ще називаються *конформними*.

При рівнопроміжних проекціях масштаб довжини на карті за одним з головних напрямів є постійним, а спотворення кутів й площ врівноважене.

При довільних проекціях на картах в будь-яких відношеннях спотворюються кути та площі.

Немає і не може бути проекції, яка була б одночасно рівнокутною та рівновеликою, тому що ці властивості виключають одна одну – чим більше спотворення кутів, тим менше спотворення площ, і навпаки. Всі довільні картографічні проекції різні за своїми властивостями.

За видом допоміжної поверхні, на яку проектують земний еліпсоїд, розрізняють азимутальні, циліндричні та конічні проекції.

В азимутальних проекціях поверхню еліпсоїда переносять на дотичну до неї або на її січну площину.

В циліндричних проекціях поверхня еліпсоїда переноситься на січну поверхню дотичного до неї або січного її циліндра. Після цієї операції циліндр розрізається по твірній та розгортається в площину.

В конічних проекціях поверхня еліпсоїда переноситься на бічну поверхню дотичного до неї або січної її конуса. Потім конус розрізається по твірній та розгортається в площину.

Поверхні, на які проектують земний еліпсоїд, можуть бути до нього дотичними або перетинати (розсікати) його (рис. 3.4).

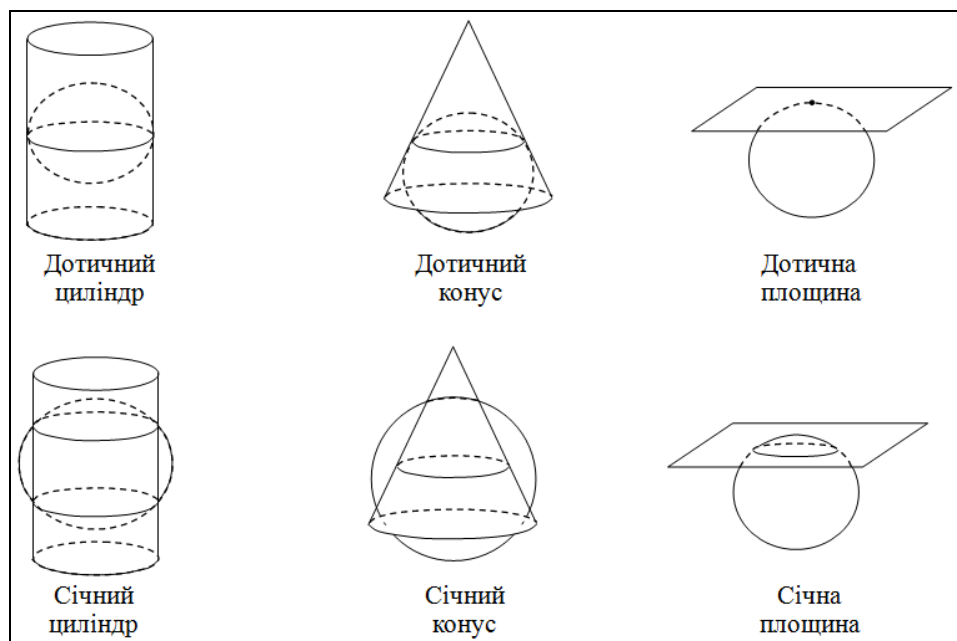


Рисунок 3.4 – Дотичні та січні допоміжні поверхні

Геометрична побудова названих вище проекцій виділяється великою наочністю. Градусна сітка переноситься на дотичну або січну поверхню певної геометричної побудови, яка після цього розрізається по твірній і розгортається у площину. У точках і лініях дотику (перерізу) спотворення відсутні.

За орієнтуванням допоміжної поверхні відносно полярної осі або екватора еліпсоїда розрізняють нормальні, поперечні та косі проекції (рис. 3.5).

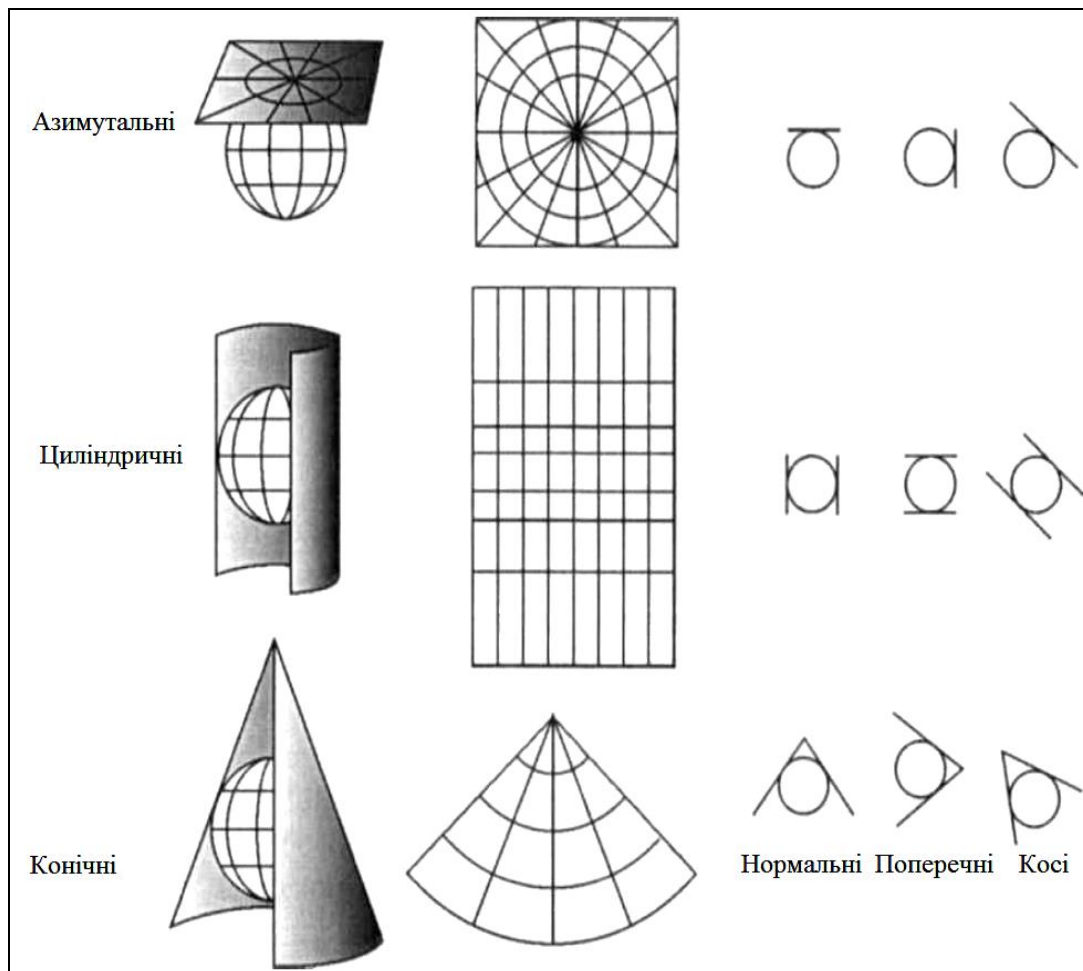


Рисунок 3.5 – Види проекцій за орієнтуванням допоміжної поверхні

В нормальних проекціях вісь допоміжної поверхні збігається з віссю земного еліпсоїда, а в азимутальних проекціях площина перпендикулярна до полярної осі. Інакше кажучи, *нормальними* називаються проекції, при спотворенні яких осі циліндра і конуса суміщаються з полярною віссю земної кулі або площина проектування розміщується дотично до точки полюса.

В поперечних проекціях вісь допоміжної поверхні лежить в площині екватора земного еліпсоїда та перпендикулярна до полярної осі, а в азимутальних проекціях площина перпендикулярна до нормалі, що лежить в екваторіальній площині поверхні.

В косих проекціях вісь допоміжної поверхні збігається з нормаллю, що знаходиться між полярною віссю й площиною екватора земного еліпсоїда, а в азимутальних проекціях площина до цієї нормалі перпендикулярна.

За видом нормальної картографічної сітки є циліндричні, конічні, азимутальні, псевдоциліндричні, псевдоазимутальні, псевдоконічні, поліконічні, поліазимутальні та кругові проєкції (рис. 3.6).

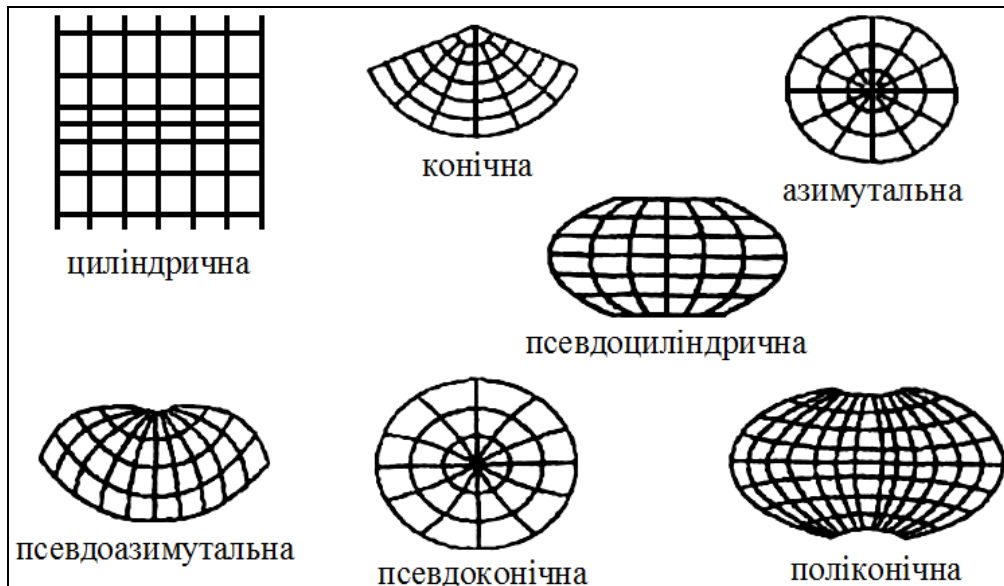


Рисунок 3.6 – Приклади картографічних проєкцій за видом нормальної картографічної сітки

В азимутальних проєкціях паралелі зображують концентричними колами, а меридіани – прямими лініями, які виходять із спільного центра паралелей під кутом, що рівний різниці їх довготи.

В конічних проєкціях паралелі зображують дугами концентричних кіл, а меридіани прямими лініями, які розходяться із спільного центра паралелей під кутом, що пропорційний різниці їх довготи.

В циліндричних проєкціях меридіани зображують рівновіддаленими паралельними прямими, а паралелі – перпендикулярними до них прямими, в загальному випадку не рівновіддаленими.

В псевдоазимутальних проєкціях паралелі зображують концентричними колами, а меридіани – кривими, які сходяться в точці полюса, а середній меридіан – прямий.

В псевдоконічних проєкціях паралелі зображують дугами концентричних кіл, середній меридіан – прямою, що проходить через їх спільний центр, а решта меридіанів – кривими.

В псевдоциліндричних проєкціях паралелі зображують паралельними лініями, середній меридіан – прямою, що перпендикулярна до паралелей, а решта меридіанів – кривими або прямими, які похилені до паралелей.

В поліазимутальних проекціях паралелі зображують ексцентричними колами, меридіани – кривими, які сходяться в точку полюса, а середній меридіан – прямою.

В поліконічних проекціях паралелі зображують дугами концентричних кіл з радіусами тим більшими, чим менша їх широта, середній меридіан – прямою, на якій розміщені центри всіх паралелей, а решта – кривими.

В кругових проекціях меридіани та паралелі зображують колами або їх дугами.

За способом отримання є перспективні, похідні та складені проекції.

Перспективні проекції отримують проектуванням земної поверхні на площину, поверхню циліндра або конуса. Відповідно отримують перспективні азимутальні, циліндричні або перспективні конічні проекції.

Похідні проекції отримують перетворенням однієї або декількох раніше відомих проекцій шляхом комбінування й узагальнення їх рівнянням, введенням в рівняння додаткових констант, деформацією проекцій в одному або декількох напрямках, аналітичним перетворенням рівнянь тощо. Ці картографічні проекції не підходять до якогось певного з перерахованих вище класів. Тому інакше похідні картографічні проекції називають умовними.

Складені проекції мають окремі частини картографічної сітки, які побудовані в одній або в різних проекціях, але з різними параметрами – старими величинами, що входять в рівняння картографічних проекцій.

За особливостями використання розрізняють проекції багатогранні та багатосмугові.

В багатогранних проекціях параметри проекцій підібрані для кожного аркуша або групи аркушів багатоаркушної карти.

В багатосмугових проекціях параметри підібрані для кожної окремої смуги, на які при зображенні розмічають поверхню еліпсоїда.

Для розпізнання проекцій карт використовують такі особливості їх картографічної сітки:

- форму меридіанів і паралелей;
- величини кутів, під якими меридіани і паралелі перетинаються або під якими кутами розходяться меридіани;
- зміну довжини дуг паралелей між сусідніми меридіанами;
- зміну довжини дуг меридіанів між сусідніми паралелями або між ними самими;
- зміну найкоротшої відстані на карті.

Вибір картографічних проєкцій залежить від багатьох чинників, які можна згрупувати наступним чином:

1-а група – чинники, які характеризують об'єкт картографування: географічні особливості картографічної території, її положення на Землі, розміри і конфігурація, форма границь території, ступінь відображення суміжних територій;

2-а група – чинники, які характеризують створювану картографічну проєкцію: призначення та спеціалізацію, масштаб, зміст і тематика карти, передбачуване коло споживачів;

3-я група – чинники, які характеризують способи й умови використання створюваної картографічної проєкції: умови та способи використання карти, завдання та задачі, які вирішуватимуться на карті, умови до точності їх вирішення, умови роботи з картою, способи використання карти й аналізу картографічної інформації;

4-а група – чинники, які характеризують картографічну проєкцію: особливості самої проєкції (характер, величини максимальних спотворень довжини, кутів і площ, а також характер їх розподілу по території, форма меридіанів і паралелей, їхня симетричність, зображення полюсів, кривизна зображення ліній найкоротшої відстані, ступінь правильності передачі форм територій, кривизна зображення ліній картографічної сітки, умови симетрії сітки відносно середнього меридіана та екватора, умови зорового сприйняття зображення тощо).

Перших три групи чинників задаються початково, четверта група – залежить від них. Значимість перелічених чинників може бути різною, отож можливі будь-які комбінації та різні варіанти проєкцій.

Нижче перелічені деякі переважаючі та доволі традиційні проєкції:

– *карти світу* складають у циліндричних, псевдоциліндричних і поліконічних проєкціях;

– *карти півкуль* створюють в азимутальних проєкціях (для західної і східної півкуль беруть поперечні, для південної і північної – нормальні, а в інших випадках, наприклад, для материкової та океанічної півкуль – косі азимутальні проєкції);

– *карти материків* складають у нормальних, косих і поперечних азимутальних проєкціях, а також у псевдоконічних і псевдоциліндричних рівновеликих проєкціях;

– *карти окремих адміністративних областей* створюють у косих рівнокутових і рівновеликих конічних або азимутальних проєкціях;

– *топографічні карти України* складають у поперечно-циліндричній проекції Гаусса-Крюгера, а топографічні карти США і багатьох інших країн – в універсальній поперечно-циліндричній проекції Меркатора (UTM).

Питання для самоперевірки до теми № 3

1. Що таке рівнева поверхня та геоїд?
2. Що прийнято за форму Землі?
3. Що таке референт-еліпсоїд та які параметри має земний еліпсоїд?
4. З чого складається математична основа карти та які математичні елементи є у карти?
5. Чим обумовлено використання різних картографічних проекцій та як вони класифікуються?

4 ТОПОГРАФІЧНІ ПЛАНИ І КАРТИ, МЕТОДИ І ПРИЙОМИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ РІЗНИХ ЗАДАЧ

Топографічним планом називають зменшене і подібне зображення на площині горизонтальних проєкцій ситуації і рельєфу невеликих ділянок місцевості без урахування кривини Землі.

План, на якому зображена тільки ситуація місцевості, називається *ситуаційним* або *контурним*, а план, на якому також показано і рельєф місцевості, називається *топографічним*. *Ситуація* – сукупність контурів і нерухомих предметів місцевості. *Рельєф* – сукупність нерівностей земної поверхні природного чи штучного походження.

Топографічні плани складають у масштабах 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500.

Картою називають зменшене, узагальнене і складене в прийнятій *картографічній проєкції* зображення на площині значної частини земної поверхні або всієї поверхні Землі з урахуванням кривини Землі.

Залежно від масштабу карти ділять на три види:

- *оглядові* з масштабом дрібніше 1:1 000 000;
- *оглядово-топографічні* в масштабах 1:1 000 000, 1:500 000 і 1:200 000;
- *топографічні* в масштабах 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000, які складаються за даними топографічних зніманих територій.

Топографічні карти, як правило, є багатоаркушні. На кожному з цих аркушів зображується частина території земної поверхні.

Система розграфлення і нумерації (позначень) окремих аркушів багатоаркушної карти називається *номенклатурою*.

4.1 Розграфлення та номенклатура топографічних карт і планів

В основу розграфлення топографічних карт покладено аркуш карти масштабу 1:1 000 000. Для складання карти масштабу 1:1 000 000 зображення земної поверхні розбивається меридіанами, починаючи від нульового (Гринвіцького) меридіана, через 6° на 60 *колон* та паралелями через 4° на 22 *ряди* (або *пояси*) від екватору на північ і південь (рис. 4.1).

Колони нумеруються арабськими цифрами, ряди (або пояси) – заголовними буквами латинського алфавіту.

Нумерацію колон ведуть із заходу на схід, починаючи від меридіана з довготою 180°, а нумерацію рядів ведуть від екватора до північного і південного полюсів (рис. 4.1).

Трапеція, укладена в перетині колони та ряду, відповідає розміру аркуша карти масштабу 1:1 000 000, номенклатура якого складається з букви ряду і номера колони, наприклад М-36 (рис. 4.1 та рис. 4.2).

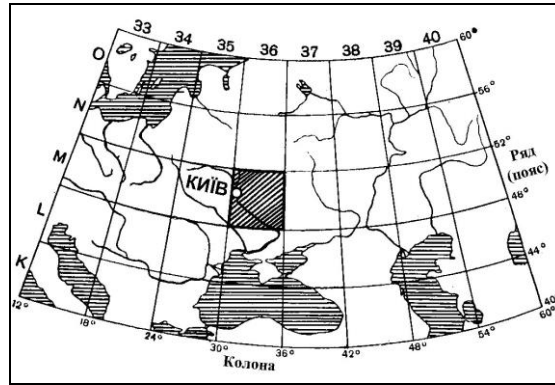


Рисунок 4.2 – Положення аркуша топографічної карти масштабу 1:1 000 000 з номенклатурою М-36

Номенклатура аркуша карти масштабу 1:1 000 000 є основою для подальшого розграфлення карт крупніших масштабів.

Одному аркушу карти масштабу 1:1 000 000 відповідають:

– 4 аркуша карти масштабу 1:500 000, що позначаються літерами А, Б, В, Г, які приписують справа до номенклатури мільйонного аркуша, наприклад, М-36-А (рис. 4.3, а);

– 9 аркушів карти масштабу 1:300 000, що позначаються римськими цифрами I-IX, які приписують зліва номенклатури мільйонного аркуша, наприклад, VI-М-36 (рис. 4.3, а);

– 36 аркушів карти масштабу 1:200 000, що позначаються римськими цифрами I-XXXVI, які приписують справа до номенклатури мільйонного аркуша, наприклад М-36-XXVIII (рис. 4.3, а);

– 144 аркуша карти масштабу 1:100 000, що позначаються арабськими цифрами 1-144, які приписують справа до номенклатури мільйонного аркуша, наприклад М-36-144 (рис. 4.3, б).

Аркуш карти масштабу 1:100 000 є основою для розграфлення і позначення аркушів карт крупніших масштабів. Далі наведено пояснення розграфлення і позначення аркушів карт крупніших масштабів.

Одному аркушу карти масштабу 1:100 000 відповідають 4 аркуші карти масштабу 1:50 000, що позначаються заголовними літерами А, Б, В, Г, які приписують справа до номенклатури стотисячного аркуша, наприклад, М-36-144-А (рис. 4.3, в).

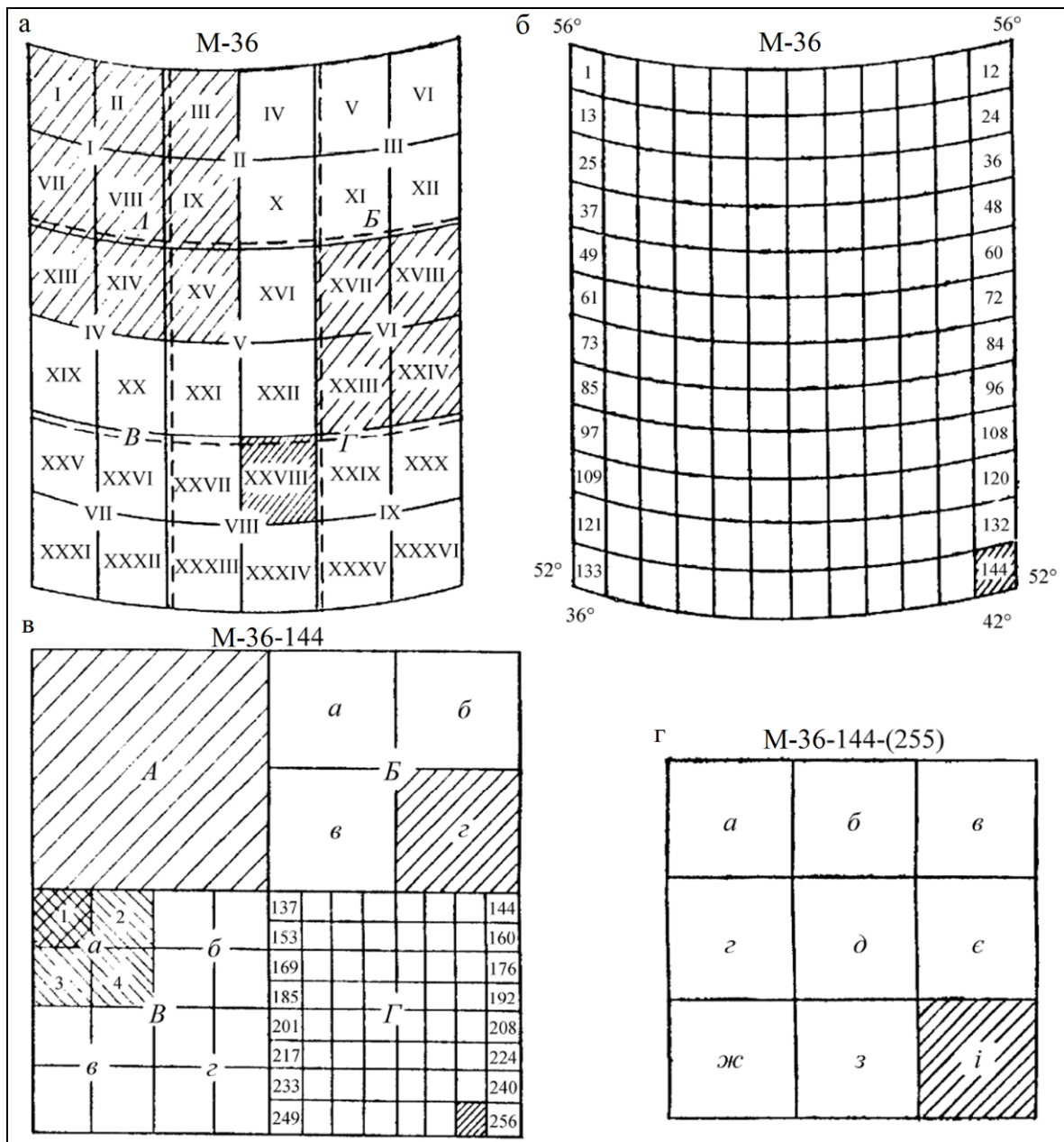


Рисунок 4.3 – Розграфлення та номенклатура топографічних карт різних масштабів

Одному аркушу карти масштабу 1:50 000 відповідають 4 аркуші карти масштабу 1:25 000, що позначаються рядковими літерами а, б, в, г, які приписують справа до номенклатури п'ятидесятитисячного аркуша, наприклад, М-36-144-В-г (рис. 4.3, в).

Одному аркушу карти масштабу 1:25 000 відповідають 4 аркуші карти масштабу 1:10 000, що позначаються арабськими цифрами 1-4, які приписують справа до номенклатури двадцятип'ятитисячного аркуша, наприклад, М-36-144-В-а-1 (рис. 4.3, в).

Аркуш карти масштабу 1:100 000 містить 256 (16×16) аркушів планів масштабу 1:5000, що позначаються арабськими цифрами 1-256, взятими в дужки, які приписують справа до номенклатури стотисячного аркуша, наприклад, М-36-144-(255) (рис. 4.3, в).

Одному аркушу карти масштабу 1:5 000 відповідають 9 аркушів карти масштабу 1:2 000, що позначаються рядковими літерами української абетки а, б, в, г, д, є, ж, з, і, які приписують справа до номенклатури п'ятитисячного аркуша (у дужках), наприклад, М-36-144-(256-і) (рис. 4.3, г).

Приклади номенклатури різних масштабів і розміри аркушів карт і планів приведені в табл. 4.1, а в табл. 4.2 наведені номенклатура і розміри аркушів карт масштабу 1:1 000 000, що покривають територію України і прилеглі до неї території.

Таблиця 4.1 – Номенклатура та розміри аркушів карт і планів

Масштаб карти (плану)		Розміри рамки за:		Приклади номенклатури	Число аркушів
		широтою	довготою		
1	1 000 000	4°	6°	М-36	1
1	500 000	2°	3°	М-36-А	4 в аркуші 1:1 000 000
1	300 000	1° 20'	2°	VI-М-36	9 в аркуші 1:1 000 000
1	200 000	40'	1°	М-36-XXVIII	36 в аркуші 1:1 000 000
1	100 000	20'	30'	М-36-144	144 в аркуші 1:1 000 000
1	50 000	10'	15'	М-36-144-А	4 в аркуші 1:100 000
1	25 000	5'	7' 30"	М-36-144-В-г	4 в аркуші 1:50 000
1	10 000	2' 30"	3' 45"	М-36-144-В-а-1	4 в аркуші 1:25 000
1	5 000	1' 15"	1' 52,5"	М-36-144-(255)	256 в аркуші 1:100 000
1	2 000	25"	37,5"	М-36-144-(255-і)	9 в аркуші 1:5 000

Таблиця 4.2 – Номенклатура і розміри аркушів карт масштабу 1:1 000 000, що покривають територію України і прилеглі до неї території

№ ряду	Літера ряду	Значення широти ряду	№ зони	Значення довготи зони	№ колони
10	J	36-40°	3	12-18°	33
11	K	40-44°	4	18-24°	34
12	L	44-48°	5	24-30°	35
13	M	48-52°	6	30-36°	36
14	N	52-56°	7	36-42°	37

У процесі створення планів для ділянок, які мають площу менше ніж 20 км², застосовується *прямокутне* або *квадратне розграфлення*. Рамки аркушів проводять паралельно осям *XX* і *YY* прямокутної державної або місцевої системи координат. Довжина сторони рамки 50 см.

Розграфлення проводять на основі аркуша масштабу 1:5 000, наприклад, 5 (див. рис. 4.4, *а*). Вихідний аркуш поділяється на чотири аркуші масштабу 1:2 000, наприклад, 5-*А* (див. рис. 4.4, *б*), двохтисячний – на чотири аркуші масштабу 1:1 000, наприклад, 5-*Б-IV* (див. рис. 4.4, *б*), або 16 аркушів масштабу 1:500, наприклад, 5-*Г-16* (див. рис. 4.4, *б*).

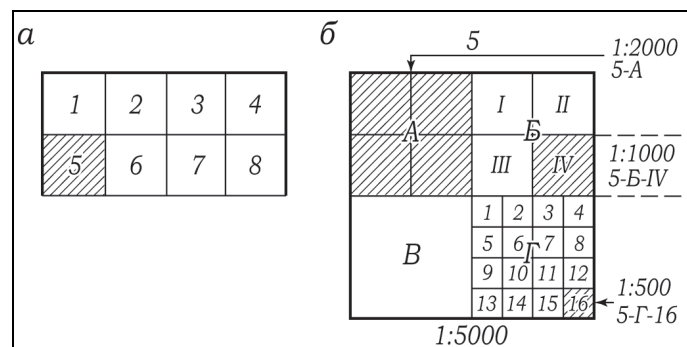


Рисунок 4.4 – Розграфлення аркуша планшета масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500

Отже, аркуші карт будь-якого масштабу позначають певним чином у межах вихідного для розграфлення аркуша. Це позначення аркуша додається до номенклатури аркуша карти (плану) вихідного масштабу.

Номенклатуру аркушів топографічних карт різних масштабів можна визначати двома шляхами (див. рис. 4.5), які пояснені нижче.

1. Вихідний аркуш – основа для розграфлення аркушів кількох масштабів: це аркуші масштабів 1:1 000 000 та 1:100 000 (етапи I та II – див. рис. 4.5). Номенклатура аркушів інших масштабів складається з позначень вихідного аркуша та аркуша конкретного масштабу. Так, аркуш мільйонного масштабу є вихідним для аркушів масштабів 1:500 000, 1:200 000 та 1:100 000. Аркуш стотисячного масштабу є вихідним і для аркушів масштабів 1:50 000 та 1:5 000. *Кількість елементів номенклатури не змінюється від масштабу до масштабу.*

2. Вихідний аркуш – основа для розграфлення аркушів тільки одного масштабу, тому позначення аркушів карт інших масштабів додаються до попередньої номенклатури, внаслідок чого *кількість елементів номенклатури збільшується від масштабу до масштабу*. Цей шлях використовують при складанні номенклатури аркушів карт масштабів 1:50 000, 1:25 000, 1:10 000, 1:5 000 та 1:2 000 (етапи III, IV та V – див. рис. 4.5).

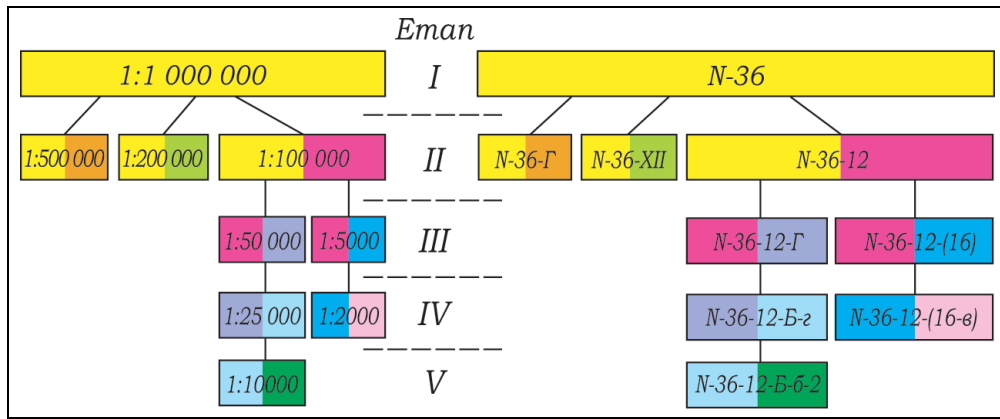


Рисунок 4.5 – Етапи розграфлення та номенклатура аркушів топографічних карт різних масштабів

Визначення номенклатури аркуша карти заданого масштабу.

Задача з визначення номенклатури аркуша карти заданого масштабу може бути вирішена такими двома шляхами:

- 1 – за допомогою збірних таблиць;
- 2 – аналітичним способом (шляхом обчислень);
- 3 – графічним способом.

1. Збірні таблиці – це дрібномасштабні схематичні карти, на яких подані межі аркушів топографічних карт різних масштабів і їхня номенклатура (див. рис. 4.6). Для вирішення задачі досить знайти на такій карті заданий об'єкт і записати номенклатуру аркуша, на якому він знаходиться.

2. За відсутності збірних таблиць номенклатуру аркуша карти можна обчислити, знаючи географічні координати заданого об'єкта.

Визначення номенклатури аркуша топографічної карти будь-якого масштабу починається із встановлення номенклатури аркуша мільйонної карти. Для цього необхідно визначити номер широтного ряду N_p і номер колони N_k , у яких розташовується аркуш. Оскільки розміри аркуша $4^\circ \times 6^\circ$, то

$$N_p = B_0 / 4^\circ + 1 \quad \text{та} \quad N_k = (L_0 / 6^\circ + 1) \pm 30, \quad (4.1)$$

де B_0 та L_0 – географічні координати даного об'єкта.

Ділення B_0 та L_0 на відповідні розміри мільйонного аркуша проводиться до одержання цілого числа в частці. Це число вказує кількість широтних рядів або колон, розташованих перед тими, у яких знаходиться аркуш обумовленої номенклатури, отже, N_p та N_k цього аркуша на 1 більше отриманих при діленні чисел.

Знаючи N_p , легко знайти його буквене позначення (див. табл. 4.3).

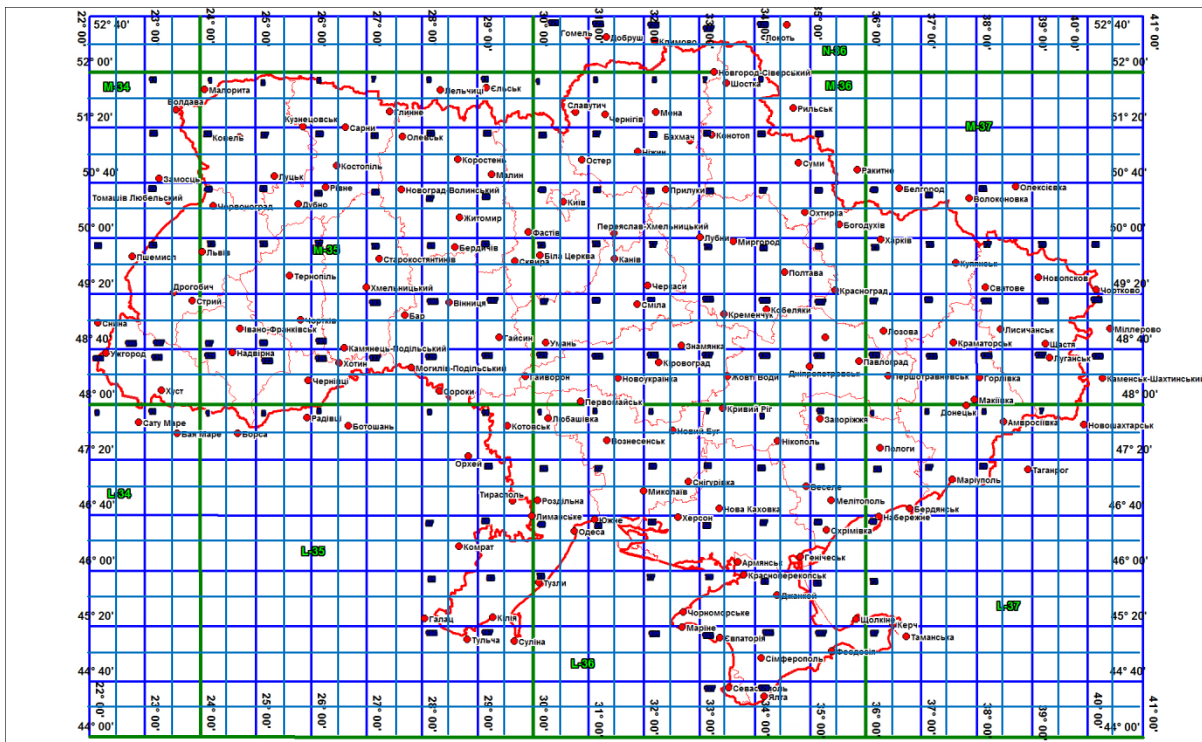
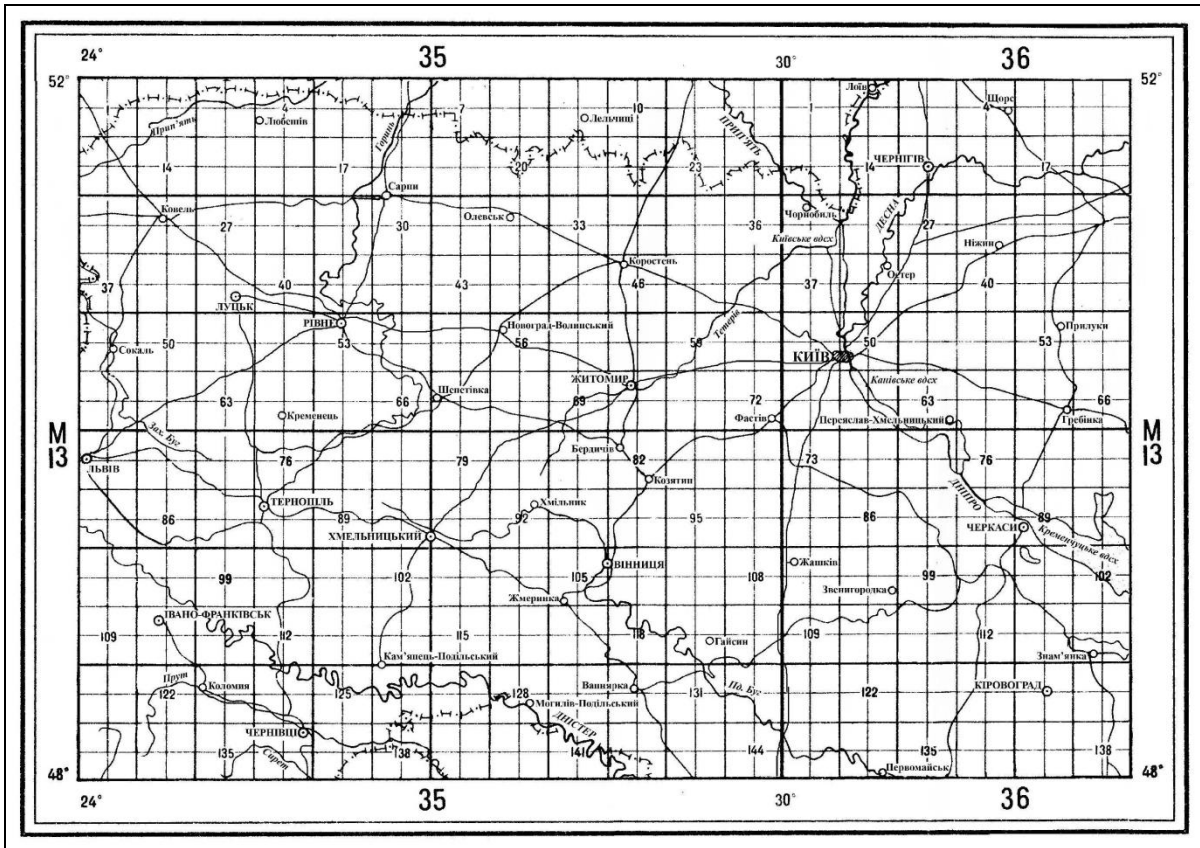


Рисунок 4.6 – Збірні таблиці схематичних карт для окремої території України (зверху, **М** – літера ряду; **13** – номер ряду; **35, 36** – номери колон) та всієї країни (знизу, **М-34, М-35, ... L-36, L-37** – номенклатура аркушів масштабу 1:1 000 000) з межами і номенклатурою аркушів топографічних карт різних масштабів

Таблиця 4.3 – Таблиця номерів та позначень широтних рядів

Номер ряду, N_p	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Буквене позначення ряду	А	В	С	D	Е	F	G	Н	I	J	K	L	M	N	О	Р	Q	R	S	T	U	V

Наприклад, при $B_0 = 21^\circ 15'$ пн. ш. та $L_0 = 13^\circ 20'$ сх. д. за рівняннями формули (4.1) знаходимо: $N_p = 21^\circ 15':4^\circ + 1 = 21,25^\circ:4^\circ + 1 = 5,31 + 1 = 6,31 \approx 6$ та $N_k = (13^\circ 20'/6^\circ + 1) + 30 = (13,33^\circ/6^\circ + 1) + 30 = (2,22 + 1) + 30 = 33,22 \approx 33$. За допомогою табл. 4.3 визначаємо, що 6-й широтний ряд позначається літерою F. Отже, номенклатура обумовленого аркуша топографічної карти масштабу 1:1 000 000 становить F-33 (рис. 4.7).

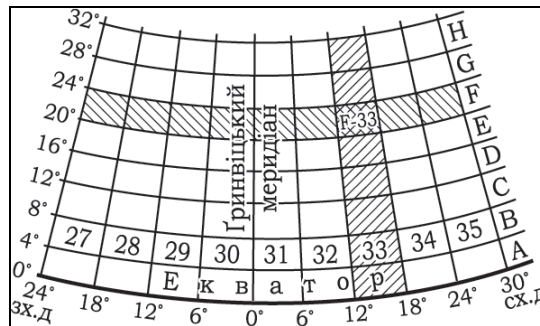


Рисунок 4.7 – Положення і номенклатура F-33 аркуша карти М 1:1 000 000 для об'єкта з географічними координатами $B_0 = 21^\circ 15'$ пн. ш. та $L_0 = 13^\circ 20'$ сх. д.

Перед визначенням номенклатури аркушів карт наступних масштабів необхідно обчислити широту паралелей, що утворять північну B_{nn} і південну B_{nd} рамки аркуша масштабу 1:1 000 000, а також довготу меридіанів, що є східною L_{cx} і західною L_{zx} границями цього аркуша:

$$B_{nn} = N_p \cdot 4^\circ \quad \text{та} \quad B_{nd} = B_{nn} - 4^\circ, \quad (4.2)$$

$$L_{cx} = n \cdot 6^\circ \quad \text{та} \quad L_{zx} = L_{cx} - 6^\circ,$$

де n – номер зони, $n = N_k - 30$ (для східної півкулі).

Наприклад, для аркуша F-33: $N_p = 6$, $n = 33 - 30 = 3$, $B_{nn} = 4^\circ \cdot 6 = 24^\circ$, $B_{nd} = 24^\circ - 4^\circ = 20^\circ$, $L_{cx} = 6^\circ \cdot 3 = 18^\circ$, $L_{zx} = 18^\circ - 6^\circ = 12^\circ$.

Правильність обчислень можна перевірити за рис. 4.7 та рис. 4.8.

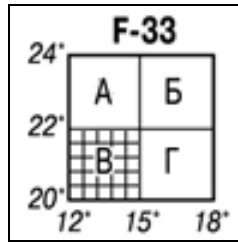


Рисунок 4.8 – Номенклатура аркушів масштабів 1:1 000 000 та 1:500 000

Наступним етапом є побудова схеми розграфлення мільйонного аркуша на аркуші карти масштабу 1:500 000, 1:200 000 або 1:100 000, залежно від поставленої задачі, та обчислення координат сторін рамки (координат кутів рамки), що дає можливість знайти аркуш, на якому зображений даний об'єкт, і його номенклатуру.

Наприклад, для визначення номенклатури аркуша карти масштабу 1:500 000 із зображенням об'єкта, географічні координати якого зазначені вище ($B_0 = 21^{\circ}15'$ пн. ш. та $L_0 = 13^{\circ}20'$ сх. д.), вихідний мільйонний аркуш поділяють на 4 рівні частини (рис. 4.8). Широта проведеної посередині мільйонного аркушу паралелі дорівнює середньому значенню між B_{nn} і B_{nd} , тобто: $B_{сер} = (B_{nn} + B_{nd}) / 2 = (24^{\circ} + 20^{\circ}) / 2 = 22^{\circ}$. Аналогічно, довгота меридіана, проведеного посередині мільйонного аркуша, дорівнюватиме: $L_{сер} = (L_{cx} + L_{zx}) / 2 = (18^{\circ} + 12^{\circ}) / 2 = 15^{\circ}$. Заданий об'єкт розміщується між паралелями із широтою 20° та 22° і меридіанами з довготою 12° та 15° , отже, номенклатура аркуша карти масштабу 1:500 000 становить F-33-B.

3. Графічний спосіб визначення номенклатури аркуша карти (плану) детально пояснений у прикладах до виконання завдань відповідної практичної роботи.

Знаючи систему розграфлення топографічних карт і планів, можна вирішувати наступні задачі:

– за географічними координатами точки визначати номенклатуру аркуша карти чи плану в заданому масштабі графічним способом або шляхом обчислень (аналітичним способом), а також за допомогою збірних таблиць;

– за номенклатурою визначати координати кутів рамки трапеції та номенклатуру суміжних аркушів (якщо відома номенклатура центрального аркуша);

– визначати номенклатуру суміжних аркушів планшета масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500 за їх номенклатурою і схемою розграфлення планшетів населеного пункту й інші задачі.

4.2 Складання топографічних карт і планів. Умовні знаки, написи та підписи на топографічних картах і планах та зображення рельєфу

4.2.1 Складання топографічної карти або плану

Складання топографічної карти або плану – це процес відображення топографо-геодезичної інформації на площині в заданій проекції.

Сьогодні топографічні плани і карти створюються в графічному або цифровому вигляді на паперових та електронних носіях даних. Вихідну топографо-геодезичну інформацію для складання карт і планів отримують як наземним, так і аерофототопографічним методами.

Цифровий топографічний план (карта) – це цифрова модель місцевості, що сформована за певними картографічними законами.

Створення цифрових планів і карт потребує для отримання топографо-геодезичної інформації застосування електронних тахеометрів, світловіддалемірів, кодових теодолітів та нівелірів. Якщо джерелом вихідної інформації є аерофотознімки, то в результаті їх спеціальної обробки отримують зображення місцевості, яке називається *фотопланом*.

У порівнянні з планом або картою фотоплан має ряд переваг:

- на ньому зображуються всі деталі ситуації місцевості без будь-яких пропусків і узагальнень, що завжди допускається при наземному зніманні;
- фотоплан дає більш нові дані про місцевість, тому що на його складання витрачається значно менше часу, ніж на побудову карти.

4.2.2 Умовні знаки топографічних карт і планів

Для позначення на топографічних планах і картах ситуації і рельєфу місцевості застосовуються умовні знаки, які є єдиними і обов'язковими для всіх установ і відомств країни. Вони дають ясне і наочне уявлення про місцевість і предмети, що знаходяться на ній, зовні нагадують вигляд і характер предметів, що зображуються.

Картографічні умовні знаки – це графічні, образно-знакові побудови (позначення) визначеної величини, форми і кольору, за допомогою яких на картах і планах зображуються різні природні та соціально-економічні явища та об'єкти місцевості, а також їхні кількісні і якісні характеристики.

Всі об'єкти місцевості зображуються на топографічних картах і планах в ортогональній проекції (вигляд зверху) за допомогою точок, ліній або контурів.

Умовні знаки розроблені таким чином, щоб їх можна було легко побудувати і викреслити від руки, за допомогою креслярських інструментів або на комп'ютері.

Знання умовних знаків та їхніх властивостей – це необхідна умова розуміння змісту карти, основа вміння «читати» карту, одержувати за її допомогою потрібні відомості про зображену територію, правильно проводити вимірювальні роботи.

Велика розмаїтість об'єктів місцевості за формою та площею обумовлює розподіл умовних знаків. Вони поділяються на *площинні (масштабні або контурні)*, *лінійні*, *позамасштабні* та *пояснювальні*

Площинні (масштабні) умовні знаки застосовуються тоді, коли розміри об'єктів місцевості виражаються в масштабі карти, тобто умовні знаки, за допомогою яких предмети місцевості зображають у масштабі плану або карти з дотриманням їх дійсних розмірів і форми. Сюди слід віднести в першу чергу межі природних і сільськогосподарських угідь (ліси, луки, озера, ріллі, виноградники і т. ін.). Отже, по такому умовному знаку можна визначити не тільки місцеположення даного угіддя або об'єкта, але і його зміст, форму і розміри.

Об'єкти, які спроектовані на карту або план у вигляді обмеженої контуром площі та заповнені всередині умовними знаками чи підписом, називаються площинними або контурними (рис. 4.9). Всередині обмеженої контуром площі умовні знаки розміщують рівномірно в довільному порядку (рис. 4.10) або в строго визначеному порядку (рис. 4.11).

Площинні умовні знаки заповнюють усю площу, не вказують ні місце розташування самих предметів у межах контуру, ні їхню кількість або розмір. Іноді замість умовних знаків, що заповнюють, застосовується фонове або штрихове фарбування.

В окремих випадках на оригіналі карти замість заповнювального умовного знаку усередині контуру дають пояснювальний підпис (рис. 4.12).

До **лінійних** умовних знаків належать умовні знаки об'єктів, що мають лінійну протяжність (рис. 4.13), тобто цими умовними знаками зображають витягнуті предмети ситуації (шляхи сполучення, межі, огорожі, лінії зв'язку та електропередач, трубопроводи тощо), ширину яких не можна виразити в масштабі плану або карти.

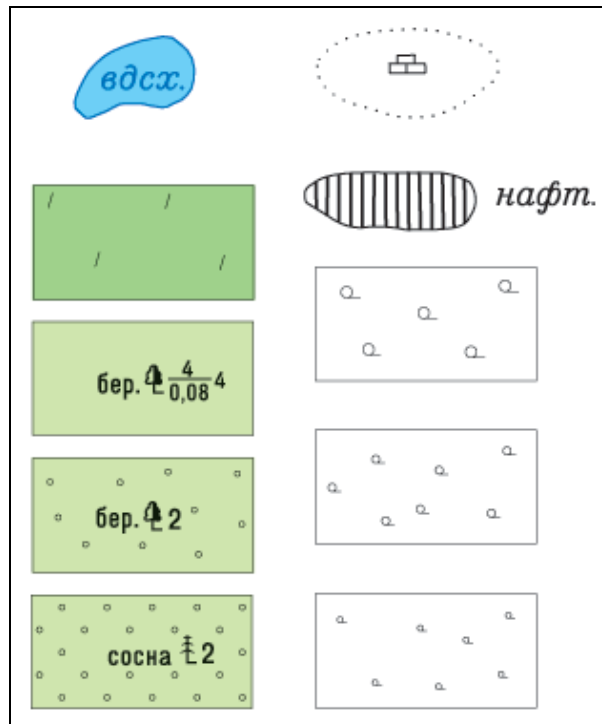


Рисунок 4.9 – Приклади площинних або контурних умовних знаків

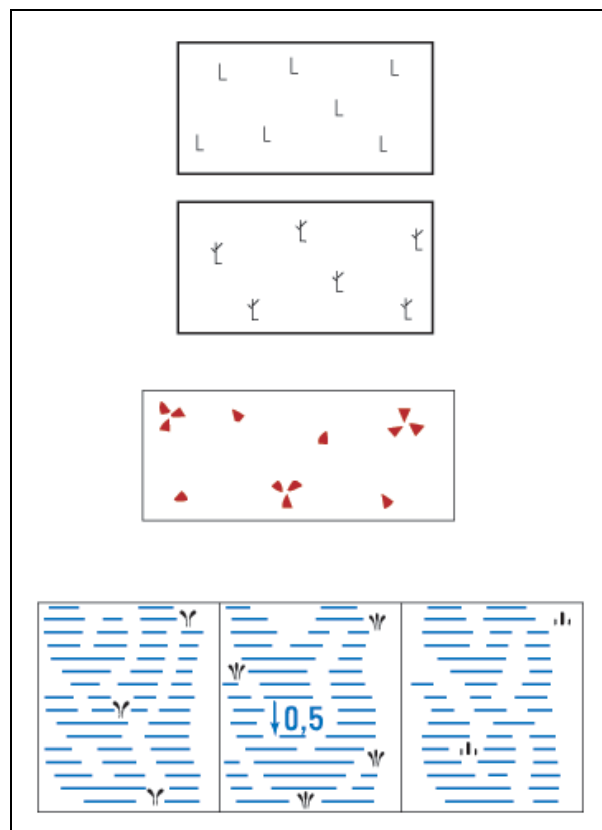


Рисунок 4.10 – Приклади площинних або контурних умовних знаків
в довільному порядку

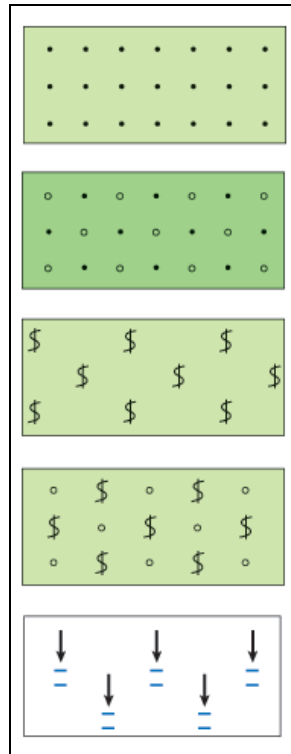


Рисунок 4.11 – Приклади площинних або контурних умовних знаків в строго визначеному порядку

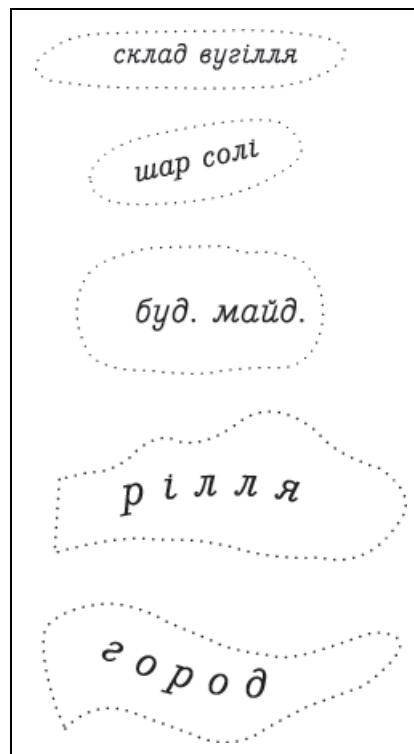


Рисунок 4.12 – Приклади пояснювальних підписів в середині площинних або контурних умовних знаків

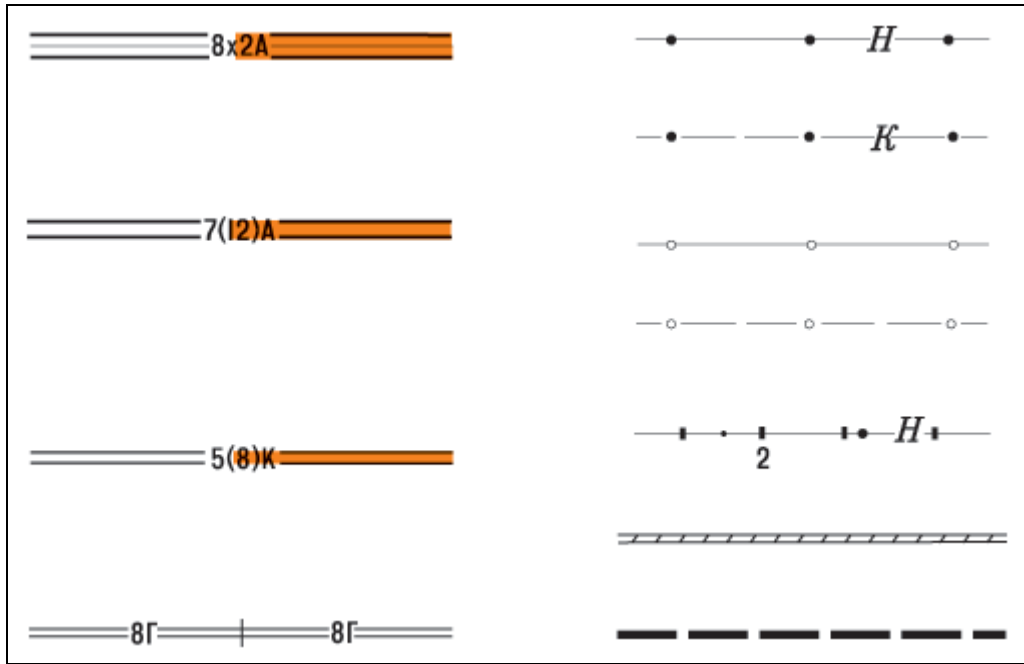


Рисунок 4.13 – Приклади зображення **лінійними** умовними знаками об’єктів, що мають лінійну протяжність

На карті проекції об’єктів, що мають лінійну протяжність (шляхи сполучення, межі, огорожі і т. д.) виглядають як лінії (рис. 4.13).

Лінійні умовні знаки зберігають у масштабі карти довжину того чи іншого об’єкта, а ширина об’єкта збільшена, тобто лінійні умовні знаки по ширині є позамасштабними. Лінійні умовні знаки будуються по осях лінійних об’єктів, але на планах масштабу 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500 і т. д. дороги виражаються в масштабі плану не тільки по довжині, але й по ширині. (рис. 4.14)

НАЗВА ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТІВ	УМОВНІ ЗНАКИ	
	1:5 000, 1:2 000	1:1 000, 1:500
Автомобільні (автостради) та їх характеристики: ширина проїжджої частини в метрах та кількість проїжджих смуг, загальна ширина дорожнього полотна в метрах, матеріал покриття		

Рисунок 4.14 – Приклади **лінійних** умовних знаків для автомобільні (автостради) на планах масштабу 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500

Позамасштабними умовними знаками зображують окремі об'єкти місцевості, рельєф, площа яких не виражається в масштабі карти (рис. 4.15). Такі знаки не дають уявлення про розміри предмета, що зображується, і дозволяють визначати лише його зміст і місцеположення.

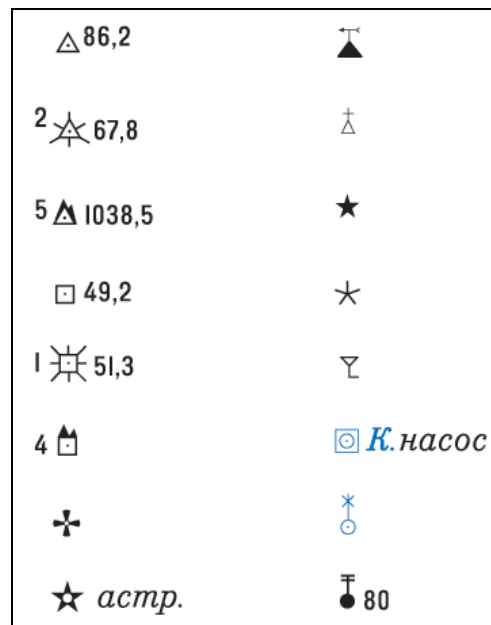


Рисунок 4.15 – Приклади **позамасштабних** умовних знаків

Проекцією цих об'єктів місцевості на карту чи план є точка, щодо якої будується той або інший позамасштабний знак. До таких предметів місцевості можна віднести пункти державної геодезичної мережі, окремі дерева, покажчики доріг, горизонталі і т. д.

Позамасштабний умовний знак центрується на точку по-різному, залежно від його форми і рисунка значка: **1** – якщо умовний знак має вид геометричної фігури, то дійсному положенню на місцевості такого предмета відповідає його геометричний центр; **2** – якщо в рисунку значка умовного знака є прямий кут, то за центр знака беруть вершину кута або основу підошви знака; **3** – якщо умовний знак зображується фігурою із широкою основою, то він центрується на точку серединою основи; **4** – якщо умовний знак є сполученням декількох фігур, то такий знак центрується на точку центром нижньої фігури.

Позамасштабні умовні знаки орієнтують щодо північної і південної рамок карти (плану) чи середнього меридіана, а не щодо контуру, у якому він розміщений. Кілометрові стовпи орієнтуються відносно дороги, тобто вміщуються перпендикулярно до її лінії.

До особливої групи належать **пояснювальні** (буквені (літерні) та цифрові) **умовні знаки**, які дають на карті додаткову якісну або кількісну характеристику. Вони, як правило, застосовуються разом із з площинними, лінійними і позамасштабними умовними знаками (рис. 4.16). Наприклад: порода лісу, середня висота і товщина дерев, віддаль між деревами; глибина, напрям і швидкість перебігу річок; ширина шосейних доріг; позначки геодезичних пунктів, горизонталей, командних висот і ін.

Підписи матеріалу покриття доріг, матеріалу споруди мостів, гребель	А Г К Ц Шл Щ К Зем. Бет. ЗБ
Підписи позначок командних висот	243,8
Підписи: 1) позначок висот, урізів води; 2) часу дії перевалів; 3) номерів автодоріг	1 224,5 23,4 2 (V-IX) 3 M-19 P-4
Підписи кількості жителів у населених пунктах	0,35 54,2 325
Підписи якісних та кількісних характеристик об'єктів місцевості: 1) об'єктів, що зображуються на карті умовними знаками чорного кольору (характеристика автодоріг, гребель, мостів, шлюзів, тунелів, опор ЛЕП, териконів, лісових насаджень тощо); 2) об'єктів рельєфу (горизонталей, обривів, ям, ярів, вимоїн тощо); 3) об'єктів гідрографії (річок, каналів, боліт, водоспадів, ізобат, глибин тощо)	1 5(8)A Зем. 35-3 ЗБ $\frac{12-3}{20}$ Зем. $\frac{250-15}{35}$ 110кВ бер. $\frac{II}{0,14} 5$ 2 240 5 $\frac{65}{7}$ $\frac{4}{2}$ 3 $\frac{52}{1,5П}$ $\frac{4}{1,6}$ 1,5 20

Рисунок 4.16 – Приклади **пояснювальних** (буквених (літерних) та цифрових) **умовних знаків**

Наприклад, у розриві умовного знаку автодороги (рис. 4.17) надається її характеристика, що позначає: **8** – ширина смуги в метрах; **2** – кількість смуг; **A** – матеріал покриття.

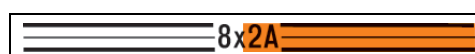


Рисунок 4.17 – Приклад **пояснювального умовного знаку**, застосованого у розриві умовного знаку автодороги (пояснення позначення у тексті)

До пояснювальних умовних знаків теж належать, наприклад, знаки, що позначають переважну породу лісу або чагарнику. Поряд з ними дається кількісна характеристика, що позначає середню висоту, середню товщину дерев, а також густоту лісу (рис. 4.18, зверху). На болотах підписується їхня середня глибина (рис. 4.18, знизу) тощо.



Рисунок 4.18 – Приклади **пояснювальних умовних знаків**, які вказують породу лісу і кількісні характеристики, що позначають середню висоту, середню товщину дерев та густоту лісу (зверху), а також середню глибину боліт (знизу)

Часто пояснювальний підпис на карті подається в скороченому вигляді. Як правило, він розташовується праворуч від умовного знака або на вільному місці там, де його добре видно, наприклад, розташовується ліворуч – «**бер.**», що означає береза (рис. 4.18, зверху). Підпис розміщують на такій відстані від умовного знаку, щоб не виникло сумніву, до якого умовного знаку він відноситься.

Буквені (літерні) та цифрові позначення розташовують паралельно до північної і південної рамок карти. Винятком є підписи будівель на топографічних планах масштабу 1:2 000 і крупніше (рис. 4.19). Ці підписи (наприклад, «КЖ», «3 КЖ», «4КЖ») містяться усередині контуру будівель, посередині, паралельно довгому боку будівлі. Це стосується і підписів площинних умовних знаків, наприклад, «*город*», «*рілля*» (рис. 4.20).

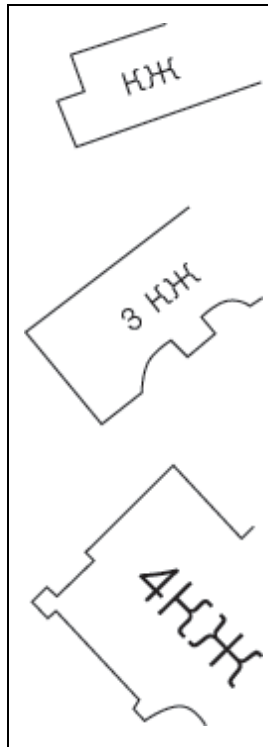


Рисунок 4.19 – Приклади розташування підписів будівель (винятків розтушування **пояснювальних умовних знаків**) на топографічних планах масштабу 1:2 000 і крупніше

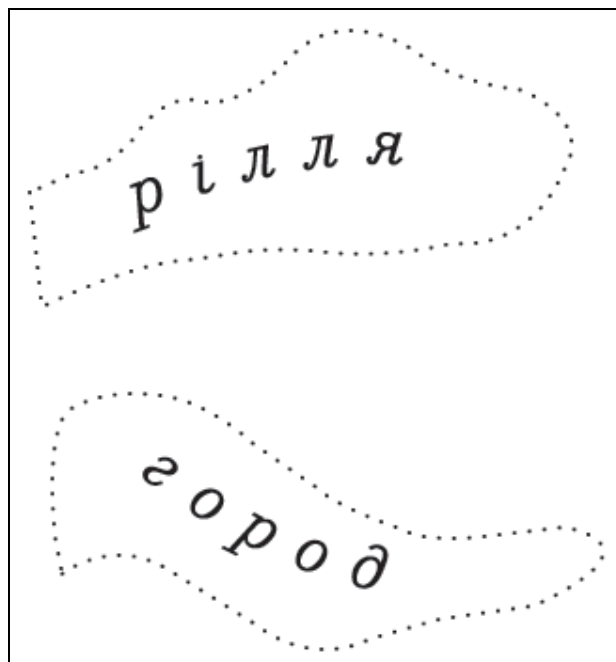


Рисунок 4.20 – Приклади розташування підписів площинних умовних знаків (винятків розтушування **пояснювальних умовних знаків**) на топографічних планах масштабу 1:2 000 і крупніше

Рисунок, колір і розміри умовних знаків для топографічних карт і планів встановлені в спеціальних таблицях умовних знаків.

Таблиці умовних знаків є обов'язковими для усіх відомств, установ і організацій, які проводять знімання чи складання топографічних карт і планів у тому або іншому масштабі. Умовні знаки всіх масштабів є стандартними і, як правило, погодженими між собою за формою рисунку (зображенням) і кольором. Залежно від масштабу змінюється тільки їхній розмір. Така погодженість полегшує спільне використання карт і планів різних масштабів.

Таблиці умовних знаків видаються як окремо для одного масштабу – «Умовні знаки для топографічної карти масштабу 1:10 000», так і для декількох масштабів одночасно – «Умовні знаки для топографічних карт масштабів 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000» та «Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:1500».

В таблицях всі умовні знаки згруповані за розділами відповідно до основних об'єктів місцевості (табл. 4.4). Таке групування таблиць умовних знаків за розділами полегшує користування ними. Крім самих умовних знаків у таблицях наводяться приклади їхніх сполучень, а наприкінці розміщують пояснення до умовних знаків за розділами.

У необхідних випадках умовні знаки подано у двох варіантах:

1 – для позамасштабного зображення топографічних об'єктів (біля знака стоїть літера *a*);

2 – для зображення топографічних об'єктів в масштабі карти, коли розміри об'єктів у цьому масштабі більші за розміри відповідних знаків, зображених у таблицях (біля знака – літера *b*).

Умовні знаки топографічних карт і планів виконуються в основному чорними гостро заточеними графітовими креслярськими олівцями, які для одержання ліній різної товщини мають різну твердість.

Прямі лінії проводять за допомогою лінійок. Гумкою стирають зайві чи помилково проведені лінії.

При зображенні умовних знаків особливу увагу необхідно приділяти розмірам знаків і їх взаємному розташуванню на плані. Також необхідно пам'ятати, що водні об'єкти (річки, озера, струмки, болота, джерела, колодязі, канали тощо) зображуються синім кольором, а рельєф і піски – коричневим.

Для більш точного відтворення умовних знаків на папері треба використовувати таблиці умовних знаків для відповідних масштабів.

Таблиця 4.4 – Структура та зміст умовних знаків для топографічних планів і карт України різних масштабів

<p>Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500 (затверджено наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 03 серпня 2001 р., № 295):</p>	<p>Умовні знаки для топографічної карти масштабу 1:10 000 (затверджено наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 09 липня 2001 р., № 254):</p>	<p>Умовні знаки для топографічних карт масштабів 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 (затверджено наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 28 серпня 2002 р., № 330):</p>
<p>1</p>	<p>2</p>	<p>3</p>
<p>– геодезичні пункти (табл. 1-4); – будівлі, будинки та їх частини (табл. 5-9); – об’єкти культового, культурного та соціального призначення (табл. 10-11); – приклади зображення населених пунктів (табл. 12-15), у тому числі: • частини міста; • селища; • селища (районного центру); – об’єкти промислові, комунальні та сільськогосподарського виробництва (табл. 16-32); – залізниці та залізничні споруди (табл. 33-37); – автомобільні та ґрунтові дороги, стежки (табл. 38-43); – гідрографія (табл. 44-51); – об’єкти гідротехнічні, водного транспорту і водопостачання (табл. 52-66); – мости, шляхопроводи та переправи (табл. 67-72); – приклади зображення мостів і шляхопроводів (табл. 73-75);</p>	<p>– вступ; – кордони, межі та огорожі (табл. 1), у тому числі, приклади зображення державного кордону; – геодезичні пункти (табл. 2); – населені пункти та окремі будівлі (табл. 3-5); – приклади зображення населених пунктів (табл. 6-13), у тому числі: • частини міста (на оригіналі зйомки та кольоровому відбитку); • частини невеликого міста (на оригіналі зйомки та кольоровому відбитку); • населеного пункту дачного типу (на оригіналі зйомки та кольоровому відбитку); • села (на оригіналі зйомки та кольоровому відбитку); • села з безсистемною забудовою (на кольоровому відбитку); • села розосередженого типу (на кольоровому відбитку); – промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об’єкти (табл. 14-18);</p>	<p>– вступна текстова частина; – кордони, межі та огорожі (табл. 1), у тому числі, приклади зображення державного кордону; – геодезичні пункти (табл. 2); – населені пункти (табл. 2-10), у тому числі: • окремі будівлі; • квартали та вулиці; • приклади генералізації зображення забудови кварталів – у великих містах (з населенням 50 000 жителів і більше), у малих містах і селищах, у дачних поселеннях і селах; • приклади зображення міст у масштабах 1:25 000, 1:50 000 та 1:100 000; • приклади зображення сіл у масштабах 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000; • приклади зображення населених пунктів дачного типу у масштабах 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000; • приклади зображення населених пунктів з безсистемною забудовою та розосередженого типу у масштабах 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000;</p>

Продовження табл. 4.4

1	2	3
<p>– рельєф (табл. 76-80);</p> <p>– рослинність (табл. 81-92), у тому числі:</p> <ul style="list-style-type: none"> • деревна рослинність; • чагарникова, напівчагарникова та чагарничкова рослинність; • трав'яна та мохова рослинність; • водяна рослинність; • культурна рослинність; <p>– грунти та мікроформи земної поверхні (табл. 93-94);</p> <p>– болота та солончаки (табл. 95);</p> <p>– приклади поєднання зображень рослинності та ґрунтів (табл. 96-101);</p> <p>– огорожі (табл. 102);</p> <p>– кордони та межі (табл. 103);</p> <p>– зразки шрифтів підписів (табл. 104-107);</p> <p>– пояснення до умовних знаків;</p> <p>– перелік умовних скорочень;</p> <p>– алфавітний покажчик умовних знаків;</p> <p>– зразок оформлення рамки планів масштабів 1:1 000, 1:500;</p> <p>– зразок оформлення рамки планів масштабів 1:5 000, 1:2 000</p>	<p>– залізниці та залізничні споруди (табл. 19-20);</p> <p>– автомобільні та ґрунтові дороги (табл. 21-22);</p> <p>– приклади сполучень умовних знаків дорожньої мережі (табл. 23);</p> <p>– гідрографія (табл. 24-26);</p> <p>– об'єкти гідротехнічні та водного транспорту (табл. 27-31);</p> <p>– об'єкти водопостачання (табл. 32-33);</p> <p>– мости та переправи (табл. 34-36);</p> <p>– рельєф (табл. 37-40);</p> <p>– рослинність (табл. 41-47), у тому числі:</p> <ul style="list-style-type: none"> • деревна рослинність; • чагарникова, напівчагарникова та чагарничкова рослинність; • трав'яна рослинність; • культурна рослинність; <p>– грунти та мікроформи земної поверхні (табл. 48);</p> <p>– болота і солончаки (табл. 49);</p> <p>– приклад зображення боліт (табл. 50);</p> <p>– приклади поєднання зображень рослинності та ґрунтів (табл. 54);</p> <p>– зразки шрифтів підписів (табл. 55-61);</p> <p>– зразки шрифтів (табл. 62);</p> <p>– шкала кольорів фарб, що застосовуються для друкування карт масштабу 1:10 000 (табл. 63);</p>	<p>– промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти (табл. 11-15);</p> <p>– залізниці та залізничні споруди (табл. 16-17);</p> <p>– автомобільні та ґрунтові дороги, стежки (табл. 18-19);</p> <p>– приклади сполучень умовних знаків дорожньої мережі (табл. 20);</p> <p>– гідрографія (табл. 21-23);</p> <p>– об'єкти гідротехнічні та водного транспорту (табл. 23-26);</p> <p>– об'єкти водопостачання (табл. 26-27);</p> <p>– мости та переправи (табл. 27-28);</p> <p>– рельєф (табл. 29-30);</p> <p>– рослинність та ґрунти (табл. 31-35);</p> <p>– приклади поєднання умовних знаків рослинності та ґрунтів (табл. 36-37);</p> <p>– приклади зображення боліт (табл. 38);</p> <p>– об'єкти, які не властиві території України (табл. 39-40), у тому числі:</p> <ul style="list-style-type: none"> • кордони; • окремі будівлі; • автомобільні та ґрунтові дороги; • гідрографія; • рельєф; • рослинність та ґрунти; • приклади поєднань умовних знаків рослинності та ґрунтів; <p>– зразки шрифтів підписів (табл. 41-48);</p>

Продовження табл. 4.4

1	2	3
	<ul style="list-style-type: none"> – зразки графіків закладень рельєфу (табл. 64); – пояснення до застосування умовних знаків; – перелік умовних скорочень для підписів на топографічних картах; – перелік скорочень для підписів назв адміністративно-територіальних одиниць України; – зразок оформлення рамки 	<ul style="list-style-type: none"> – зразки шрифтів (табл. 49); – шкала кольорів фарб, що застосовуються для друкування карт масштабів 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 (табл. 50); – пояснення та вимоги до застосування умовних знаків; – перелік умовних скорочень для підписів на топографічних картах; – перелік скорочень для підписів назв адміністративно-територіальних одиниць України; – зразок оформлення рамки масштабу 1:25 000; – зразок оформлення рамки масштабу 1:50 000; – зразок оформлення рамки масштабу 1:100 000

4.2.3 Написи та підписи на топографічних планах і картах

Написи на карті (плані) – це будь-які літерно-числові позначення, які використовуються самостійно або входять до складу окремих умовних знаків. Нижче представлені пояснення написів, які застосовуються на картах.

Географічні (власні) назви – смислове навантаження несуть шрифт, колір шрифту, розмір літер.

Різними шрифтами передається тип населеного пункту, його адміністративне значення, а розмір літер вказує на людність (число жителів) поселення.

Пояснювальні написи – ставляться поряд з позамасштабними та іншими умовними знаками, часто скорочено, пояснюючи їхній профіль.

Наприклад, поряд з знаком «завод» ставлять: «цукр.» – цукровий, «цем.» – цементний, а поряд з знаком «видатна споруда»: «шк.» – школа, «лік.» – лікарня тощо.

Показуються також переважаючі породи в лісових масивах (бук, сосна, ялина, у більшості випадків також скорочено), якість води джерела (мін. – мінеральне), якість води в озерах (сол. – солоня вода, гірк.-сол. – гірко-солоня), вид покриття доріг (А – асфальт) спеціалізацію сільськогосподарських підприємств (зерн. – зерновий) тощо;

Написи-характеристики – пояснюють, доповнюють зміст власної географічної назви. Наприклад, місто Одеса. Місто – це напис-характеристика. Застосовуються переважно у скороченому вигляді (м. Одеса);

Написи, які входять до складу окремих умовних знаків. Наприклад, «• 235» – позначення абсолютної висоти точки на карті (235 м).

Порядок оформлення графічних елементів написів на картах.

1. Наочність карти багато в чому визначається правильним і вмілим розташуванням позначень та інших пояснювальних написів. Вони багато в чому прикрашають карту (схему, таблицю) і сприяють її наочності.

2. Прямий шрифт застосовується для заголовків, підписів посадових осіб, заповнення таблиць і графіків.

3. Під час оформлення документів на карті (схемі, таблиці) необхідно дотримуватися наступних вимог:

– заголовні літери і цифрові величини перед літерними підписами робляться на 1/3 вище від величини малої літери, при висоті літери до 6 мм ширина її складає 3/4 висоти, але при більшій висоті літери ця пропорція змінюється;

– ширина літер (крім Ж, Ш, Щ, Ю) – не більш $2/3$ їхньої висоти;
– товщина літер (цифр) складає $1/10$ - $1/4$ їхньої ширини або $1/6$ - $1/8$ їхньої висоти, а відстань між словами або цифрами і словами повинна бути не меншою від висоти заголовної літери;

– при курсивному шрифті кут літер і цифр повинен складати 75° до основи рядка.

4. Для топографічних карт масштабу 1:100 000 розміри літер для різних видів шрифту наведені в табл. 4.5.

5. Проміжок між літерами (цифрами) у слові дорівнює товщині літери (цифри).

6. Відстань по вертикалі між рядками приймається 0,50-0,75 висоти літери.

7. Усі написи розташовуються паралельно до нижнього (верхнього) обрізу карти (схеми), літери і цифри пишуться без зв'язувань, а написи можуть бути зроблені на вільному місці карти (схеми) зі стрілкою до умовного позначення.

8. Карти в готовому вигляді повинні мати прямокутну форму, окантовані по периметру багетом, при цьому координатна сітка повинна бути збережена.

9. Підготовлені карти в складеному вигляді повинні мати розміри стандартного аркуша А4.

10. У правому верхньому куті на зворотному боці карти наклеюється титульний лист із необхідними реквізитами.

11. Демонстраційні пояснювальні записки, плакати, схеми, таблиці тощо повинні бути висотою, що дорівнює висоті карт, до яких вони йдуть як додатки чи разом з якими вони демонструються, їх ширина встановлюється довільно, залежно від раціональної необхідності.

12. Графічний документ, виконаний на папері, кальці в довільному масштабі, повинен мати стрілку для позначення напрямку північ-південь.

Загальні відомості про шрифти.

Шрифтове оформлення відіграє важливу роль під час виконання картографічних робіт. Вдалий вибір шрифту і технічно грамотне його виконання з урахуванням вимог художньої естетики надають картографічним творам завершеності та чіткості, допомагають краще сприймати картографічний матеріал. Цього досягають завдяки широкому використанню прийомів технічної естетики, яким притаманні простота, економічність, компактність графічних форм, удосконалений загальний вигляд у користуванні картографічними творами.

Таблиця 4.5 – Розміри літер і цифр на картах масштабу 1:100 000 та схемах

№ п/п	Розміри літер і цифр, мм									Вид
	Склейка з 4-9 аркушів			Склейка з 9-15 аркушів			Склейка з 16 та більше аркушів			
	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>H</i>	<i>B</i>	<i>T</i>	
1	6*	4	1	10	7	2	20	15	4	Прямий
2	6	4	1	10	7	2	20	15	2	Прямий
3	6/4**	4	1	10/15	7	2	20/10	15	4	Прямий
4	6/5	4	1	10/7	5	2	20/15	10	4	Прямий
5	6/5	3	1	8/6	5	1	15/12	10	2	Прямий
6	6/8	4	1	10/12	7	2	20/24	15	4	Прямий
7	6/8	3	1	10/12	7	2	20/24	15	2	Прямий
8	8	5	2	15	9	3	30	20	6	Прямий
9	10/5	3	1	12/7	5	1	25/15	10	2	Прямий
10	10/6	3	1	12/8	5	2	25/15	10	2	Прямий
11	10/5	3	2	12/8	5	2	25/15	10	2	Прямий
12	15	6	4	25	9	5	50	20	8	Прямий
13	15	10	3	20	15	5	40	30	6	Прямий
14	15/8	5	2	20/15	9	3	40/30	20	6	Прямий
15	15/8	7	2	20/15	10	3	40/30	20	6	Прямий
16	20	8	3	30	11	4	60	22	8	Прямий
17	3/2	2	1	3/2	3	1	6/3	6	1	Прямий
18	4/3	2	1	5/4	3	1	8/5	6	1	Нахилений
19	5/4	2	1	6/4	4	1	12/8	8	2	Нахилений
20	7/6	3	1	10/8	5	2	20/15	10	3	Нахилений
21	8/6	4	2	15/10	7	3	30/20	15	6	Нахилений
22	8/6	4	1	15/10	7	2	30/20	15	4	Нахилений
23	10/6	4	1	12/8	5	2	25/15	10	4	Нахилений
24	10/6	4	1	12/10	6	2	25/20	12	4	Нахилений

Примітки:

H – висота літер і цифр;

B – ширина літер і цифр;

T – товщина літер і цифр;

* – з укрупненням масштабу карти на один ступінь розмір літер і цифр пропорційно збільшується;

** – через знак дробу наведено різні висоти літер і цифр в одному рядку.

Останнім часом широко використовують автоматизовані засоби машинної графіки. Однак їх використання для виготовлення шрифтових написів не завжди виправдане. У різних сферах виробництва, пов'язаних зі шрифтовим оформленням, написи переважно виконують вручну.

Читабельність картографічних творів загалом, їхня інформаційна наповненість залежать від вдалого вибору шрифтів для написів. Отож для освоєння картографічної графіки важливо навчитись вільно розрізняти шрифти, знати їхні особливості, вміти їх викреслювати.

Шрифт (нім. «*geschrieben*» – писати) – це графічні форми літер і цифр. Залежно від використання, розрізняють такі види шрифтів:

- 1) *рукописний* – написаний від руки пером або іншими інструментами;
- 2) *рисований* – нанесений пензликом або іншими інструментами;
- 3) *гравійований* – вирізаний або висічений на твердому матеріалі (камені, металі, дереві тощо);
- 4) *типографський* – з рельєфними буквами і знаками, з яких набирають тексти для друкування.

Написи на карті є важливою і невід’ємною складовою її змісту. Здебільшого написи, що використовують на картах, належать до власних назв географічних об’єктів (населених пунктів, річок, урочищ, гірських хребтів тощо). Крім того, різними шрифтами подають умовні позначення та іншу додаткову інформацію.

Для правильного викреслювання написів на карті необхідно знати особливості та правила побудови різних шрифтів, мати добре розвинений окомір і вміти передати характерні особливості шрифту.

Графічні елементи шрифту.

Картографічні шрифти вирізняються рисунком (рис. 4.21), висотою (1), шириною (2) і товщиною (5) елементів букв і цифр.

Кожен знак шрифту відрізняється індивідуальною схемою побудови – графемою.

Знаки шрифтів мають такі головні елементи:

- вертикальні основні штрихи (рис. 4.21, 4);
- штрихи допоміжні та з’єднувальні (рис 4.21, 6);
- засічки або підсічки (рис. 4.21, 2);
- заокруглені елементи (рис. 4.21, в);
- виносні верхні і нижні елементи;
- кутові елементи (рис. 4.21, б);
- кінцеві елементи (рис. 4.21, а);
- проміжки між буквами та всередині букв (рис. 4.21, 3).

Ознаки, за якими характеризуються шрифти.

Контрастність – відношення товщини основного елемента T_o до з’єднувальних T_z ($T_o:T_z$). Чим більша величина цього відношення, тим контрастніший шрифт. Розрізняють контрастні (4:1), середньоконтрастні (2:1) і малоконтрастні (1:1) шрифти.

Щільність – відношення ширини B до висоти H літер. Розрізняють вузькі ($B < 2/3H$), нормальні ($2/3H \leq B < H$) і широкі ($B \leq H$) шрифти.

Нахил – шрифти виконують як у прямому викресленні (гротескові), так і з нахилом вліво або вправо (курсивні). У гротескових шрифтах великі і малі літери мають майже однаковий рисунок, а в курсивних – здебільш різний.

Шрифти, які використовують на картах і планах, мають загальну назву *картографічні*.

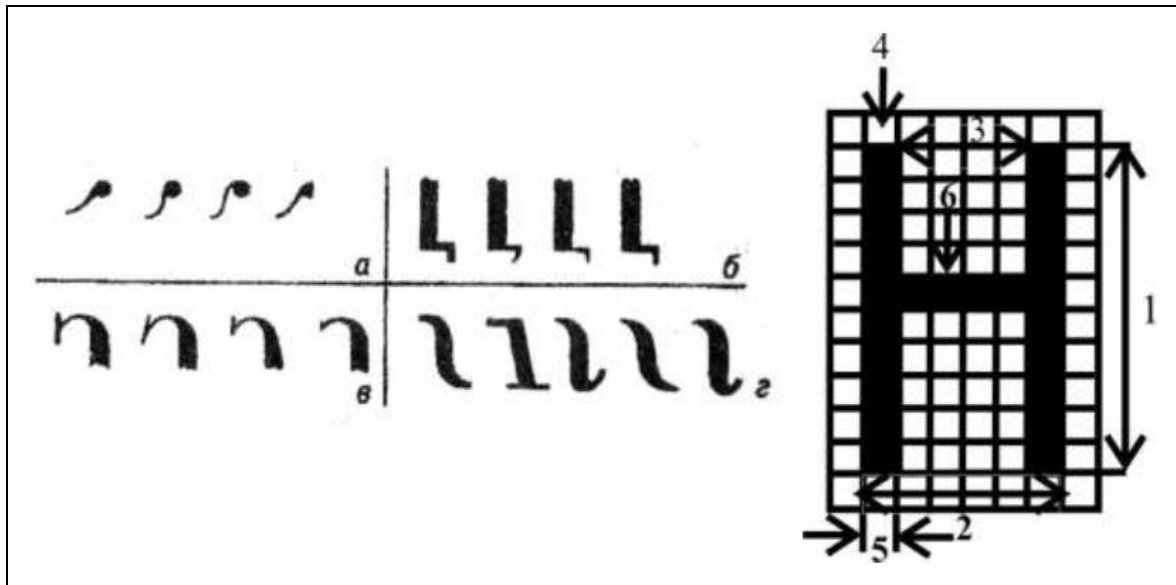


Рисунок 4.21 – Графічні елементи шрифту
(пояснення позначень наведені у тексті)

Топографічний напівжирний шрифт (Т-132). Топографічним напівжирним шрифтом на картах і планах викреслюють назви населених пунктів, позначки рельєфу і рівнів води, характеристики гідротехнічних споруд, позарамкове оформлення та ін. Він простий за викреслюванням і добре читається (рис. 4.22).

Більшість літер складається із прямих елементів правильної прямокутної форми. Всі елементи мають однакову товщину, рівну в прописних літерах і цифрах $1/8$ висоти літери, а в рядкових – $1/6$. Відношення ширини до висоти у більшості літер складає $1:2$.

Висота прописних літер приймається у півтора рази більше рядкових.

Рядкові літери мають однаковий рисунок із прописними за виключенням **а**, **б**, **е**, **р**, **у**, **ф**. Елементи літер **б**, **р**, **у** виступають тільки за верхню або нижню лінію розграфлення на половину висоти літери, а літери **ф** – за обидві.

У прописних літерах **Б, В, Е, Є, З, Н, Ъ, Ю, Я** і рядкових **в, е, є, з, н, ь, ю, я** середній горизонтальний елемент викреслюється в 3/4 товщини основного елемента і вище середньої лінії розграфлення, а у прописних **Р, Ч** і рядкової **ч** – в 3/4 товщини основного елемента і нижче її. Радіус заокруглень овальних літер і цифр складає півтори-дві товщини основного елемента. У літери **Л, л** заокруглення лівого елемента починається з половини висоти літери.

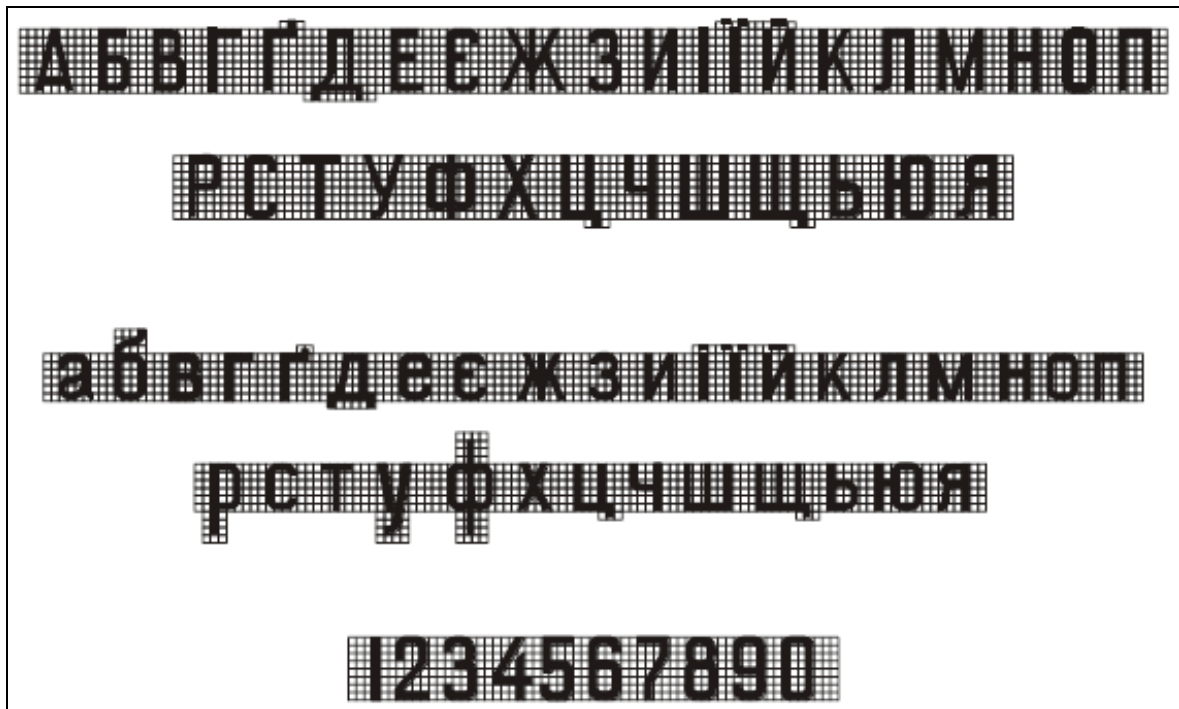


Рисунок 4.22 – Топографічний напівжирний шрифт (Т-132)

Рублений широкий напівжирний шрифт (Р-152). Рубленим широким напівжирним шрифтом на картах і планах викреслюють назви населених пунктів, островів, заповідників, характеристики елементів місцевості (доріг, стежок, окремих маршрутів), позарамкове оформлення та ін. Шрифт отримав свою назву від того, що у нього відсутні підсічки в основних елементах. Їх кінці виглядають мов обрубані. За зовнішнім виглядом, побудовою літер і цифр шрифт близький до топографічного напівжирного і відрізняється від нього тільки більшою шириною та овальністю букв (рис. 4.23).

Рядкові літери (за виключенням, **а, б, е, р, у, ф**) мають однаковий рисунок із прописними. Висота прописних літер приймається у півтора рази більше від рядкових.

Всі елементи мають однакову товщину, рівну в прописних літерах і цифрах $1/8$ висоти літери, а в рядкових – $1/6$. Відношення ширини до висоти складає для переважної більшості літер 3:4. Ширина літер **Ж, Ш, Щ** у півтора рази, а **Д, М, Ф** на $1/6$ більша ширини нормальних літер. У літери **Ю** ширина приймається на $1/6$ частину менше літер із півтораразовою шириною. Верхня частина прописних літер **Б, В, Е, Ж, З, К, Х** дещо звужена. Потовщення елементів у більшості літер (крім **А** і **Х**) виконується всередину літери. Радіус заокруглень овальних літер і цифр складає дві з половиною – три товщини основного елемента.



Рисунок 4.23 – Рублений широкий напівжирний шрифт (Р-152)

БСАМ курсив малокоонтрастний (Б_М-431). Особливості шрифту дають можливість економити площу підпису порівняно із звичайним курсивом до 20%. Застосовується для викреслювання назв водосховищ, лиманів, низовин, боліт, урочищ, лісів, западин, пояснювальних написів біля умовних знаків заводів, фабрик, млинів, залізнодорожних станцій, нумерації лісових кварталів, кілометрових і межових стовпів, підписів окремих угідь і будинків та ін.

Шрифт має нахил 1:3 вправо. За своїм викреслюванням більшість рядкових літер відрізняються від прописних (рис. 4.24).

Товщина основного елемента в прописних літерах і цифрах дорівнює $1/8$, а в рядкових – $1/6$ висоти літери. Відношення ширини до висоти у більшості прописних літер складає $5:8$, а в рядкових – $5:6$. Висота прописних літер у півтора рази більша від рядкових. Характерною особливістю шрифту є наявність прямокутних підсічок, які плавно з'єднуються з іншими елементами літер. Підсічки виступають вправо і вліво на $2/3$ товщини основного елемента і викреслюються вздовж верхньої або нижньої лінії розграфлення. Товщина підсічок повинна становити $1/2$ товщини основного елемента.

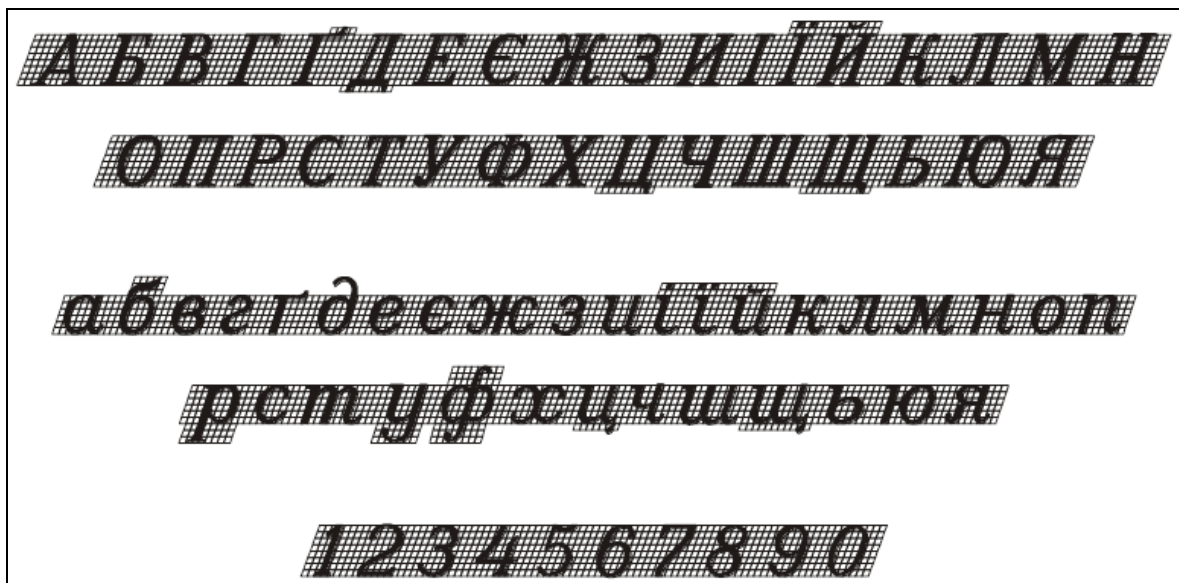


Рисунок 4.24 – БСМ курсив малокоонтрастний (БМ-431)

Середній горизонтальний елемент прописних літер **Б, В, Е, Є, Ж, З, К, Н, Ъ, Ю, Я** і рядкових **ж, з, к, н, ю, я** викреслюють в $1/2$ товщини основного елемента нижнім краєм на середній лінії розграфлення, а в літерах **Р, Ч** нижче її. У прописних літерах **К, Л, У** елементи літер мають краплеподібні закінчення, а в літерах **Д, Ц, Щ** нижній горизонтальний елемент виступає в обидві сторони на одну, а вниз (підсічки) на дві товщини основного елемента літери. Викреслювання заокруглень в рядкових літерах **а, и, і, ї, й, н, п, т, у, ц, ш, щ, ь, я** починається з $1,5$ товщини основного елемента від нижньої чи верхньої лінії розграфлення.

Древній курсив напівжирний (Д-432). Древній курсив напівжирний застосовується для напису назв населених пунктів, гір, хребтів, перевалів, курганів, льодовиків, річок, озер та ін. Древній курсив належить до групи малокоонтрастних шрифтів і будується з нахилом вправо, рівним $1:3$ (рис. 4.25).

Товщина основного елемента в прописних літерах і цифрах дорівнює 1/8 висоти літери, а в рядкових – 1/6. Товщина додаткового елемента становить 2/3 – 3/4 товщини основного. Ширина нормальної прописної літери рівна п'ятиразовій товщини основного елемента, а рядкової – чотириразовій. Висота прописних літер у півтора рази більша рядкових.

Характерними рисами шрифту є відсутність підсічок і правих нижніх заокруглень.

Товщина другорядних елементів у прописних і рядкових літерах дорівнює половині товщини основного елемента.



Рисунок 4.25 – Древній курсив напівжирний (Д-432)

Середній горизонтальний елемент у прописних і рядкових літерах **Б, В, Е, Є, Ж, З, К, Н, Ь, Ю, Я** (за виключенням рядкових **б, ь**) торкається середньої лінії розграфлення своїм нижнім краєм, а у прописної літери **Р** – верхнім. У літерах **Б і Е** та **В і З** верхня частина відповідно на 0,5 та 0,25 товщини основного елемента вужче від нижньої.

Легкі вигини крайніх нижніх елементів рядкових літер **а, ж, и, і, ї, й, к, п, т, ш, я** починаються на висоті в половину товщини основного елемента від нижньої лінії розграфлення і виступають вправо або вліво на 1/3 товщини основного елемента.

4.2.4 Рельєф місцевості та його зображення на топографічних планах і картах

Рельєф – це сукупність нерівностей земної поверхні. Залежно від характеру (складності) рельєфу місцевість ділять на *рівнинну*, *горбисту* (*перетнуту*) і *гірську*. Усі форми рельєфу, що зустрічаються на земній поверхні, можна розділити на *додатні* (*опуклі*) і *від’ємні* (*увігнуті*).

До основних (типових) додатних форм рельєфу відносяться.

Гора – підвищення висотою більше 200 м з ясно вираженими крутими схилами. Вища точка називається *вершиною*, основа – *підшовою*.

Горб – невелике підвищення висотою, що не перевищує 200 м, і пологими схилами.

Хребет – гірське підвищення, що має порівняно великий протяг, з крутими схилами в обидві сторони. Лінію зустрічі скатів у верхній частині називають *вододілом*.

Сідловина – пониження між двома гірськими підвищеннями, що нагадує своєю формою сідло. Найнижчу точку сідловини називають *перевалом*.

До основних від’ємних форм рельєфу відносяться.

Улоговина (западина) – увігнуте пониження рельєфу на земній поверхні, обмежене з усіх боків або розташоване між гірськими масивами (міжгірна улоговина). В улоговини розрізняють: *брівку* – лінію перетину з навколишньою земною поверхнею; *бічні поверхні* – *схили* або *скати*; *дно* – найнижчу частину улоговини.

Лощина – витягнуте в одному напрямі пониження земної поверхні з вельми пологими схилами, що переходять поступово в рівнину. У лощині розрізняють два схили і водозливну лінію (*тальвег*).

Широка лощина з пологим дном називається *долиною*; вузька – з крутими схилами – *ущелиною*. Якщо вона розташована в рівнині, то називається *яром*, *балкою* або *промоїною*.

Існує декілька способів зображення рельєфу на планах і картах: *перспективне зображення*, *штрихування*, *відмивання*, *підписи позначок* точок і за допомогою *горизонталей*. Найдосконалішим способом зображення рельєфу на великомасштабних планах, призначених для будівельного виробництва і землевпорядкування, є спосіб *горизонталей* в поєднанні з підписами позначок, на основі яких проведені горизонталі, і *бергштрихами*. Цей спосіб дозволяє геометрично найточніше передати форму рельєфу і відобразити його особливості.

Горизонталь – це замкнута крива лінія, що з'єднує точки земної поверхні з однаковими висотами. Горизонталі на плані ніколи не перетинаються і не роздвоюються. Виняток становлять зображення нависаючих схилів і круч, але тоді молодші горизонталі проводяться чорним кольором і робляться переривистими.

Поняття про утворення горизонталей можна одержати, якщо уявити собі невеликий острів, який поступово затоплюється водою (рис. 4.26). Берегова лінія, яка оточує острів, буде в цьому випадку горизонталлю.

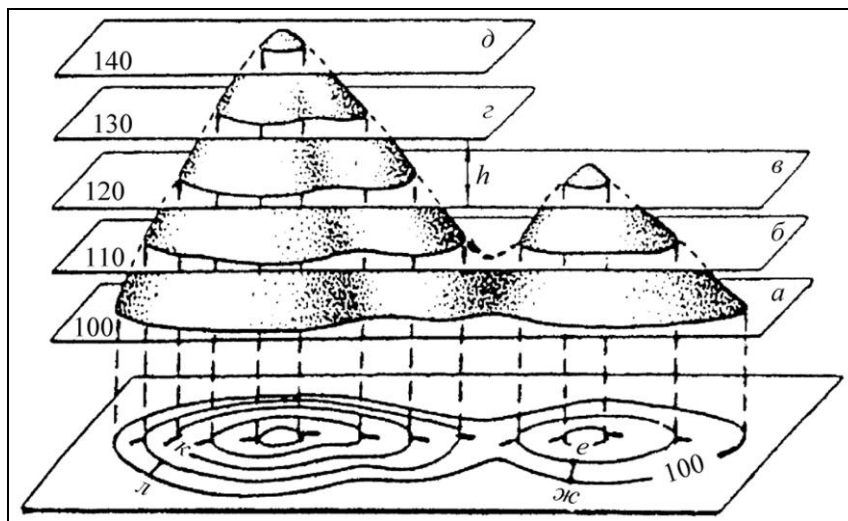


Рисунок 4.26 – Схема утворення горизонталей і бергштрихів

Нехай рівень води *a* відповідає абсолютній позначці 100 м. Потім рівень води *б* підвищився на 10 м і берегова лінія тепер оточує острів на висоті 110 м. Рівень води у положеннях *в*, *г* і *д* дає відповідно горизонталі, що сполучають точки з абсолютними позначками 120 м, 130 м і 140 м. Якщо одержані таким чином берегові лінії спроеціювати на горизонтальну площину і зменшити їх згідно масштабу плану (карти), то одержимо ряд замкнутих кривих, що зображають горизонталі рельєфу.

Інтервал *h* по висоті, через який проводяться сусідні горизонталі (рис. 4.26), називається *висотою перетину* рельєфу, а віддаль між горизонталлями в плані – *закладенням* (*е-ж*, *к-л*).

Для полегшення читання рельєфу і визначення напрямку схилу на планах і картах наносять *бергштрихи* перпендикулярно до горизонталей в напрямі стоку води, а в розривах горизонталей підписують їх позначки, розташовуючи верх цифр по напрямку верху схилу (рис. 4.26). Горизонталі, їх позначки і бергштрихи викреслюються коричневим кольором.

На рис. 4.27 показано зображення горизонталями окремих форм рельєфу місцевості.

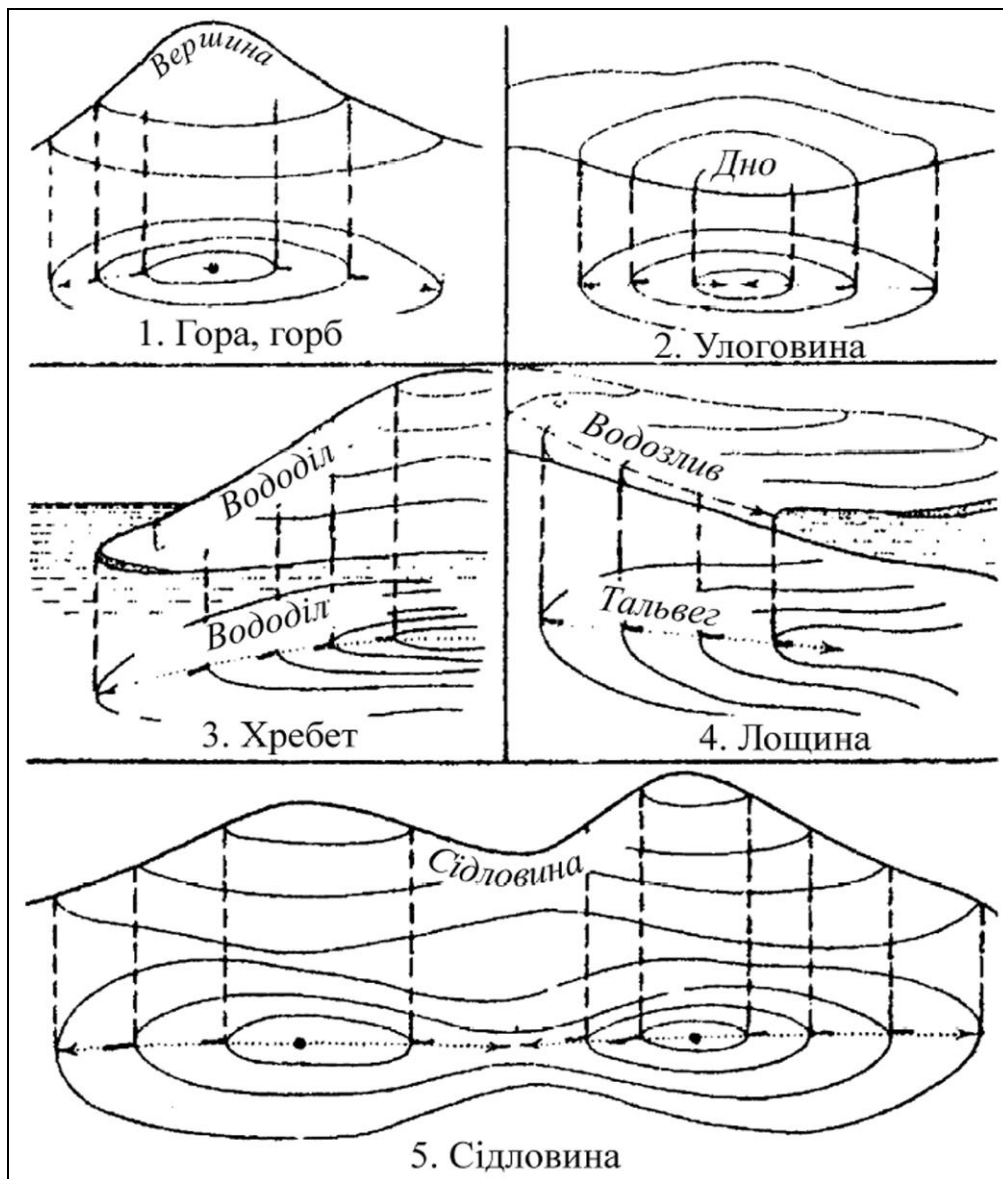


Рисунок 4.27 – Зображення основних форм рельєфу горизонталями (пояснення позначень у тексті)

Як видно з рис. 4.27, гора або горб (1) і улоговина (2) зображуються замкнутими горизонталями і відмінність полягає лише в тому, куди направлені бергштрихи: у першому випадку (для гори) вони направлені від горизонталі до підошви, а в другому – до дна улоговини.

З рис. 4.27 видно, що зовні схожі на плані зображення горизонталями хребта (3) і лощини (4), і лише напрям бергштрихів дозволяє однозначно визначити форму рельєфу.

Сідловина (5) на плані (рис. 4.27) зображується горизонталями, обернутими своїми опуклостями до неї.

Вододіли на хребтах і водозливи в лощинах (рис. 4.27) називаються *характерними лініями*, а вершина гори (горба), дно улоговини і сідловини – *характерними точками* рельєфу.

Наявність зображення рельєфу на топографічних планах і картах дозволяє враховувати його при рішенні задач, пов'язаних з перетворенням рельєфу при проектуванні землевпорядкування і будівництві всіх видів інженерних споруд.

При рішенні подібних задач доводиться враховувати такі елементи рельєфу, як висота перерізу рельєфу (h), закладення (d), кути нахилу (v) і ухили (i) ліній місцевості (рис. 4.28).

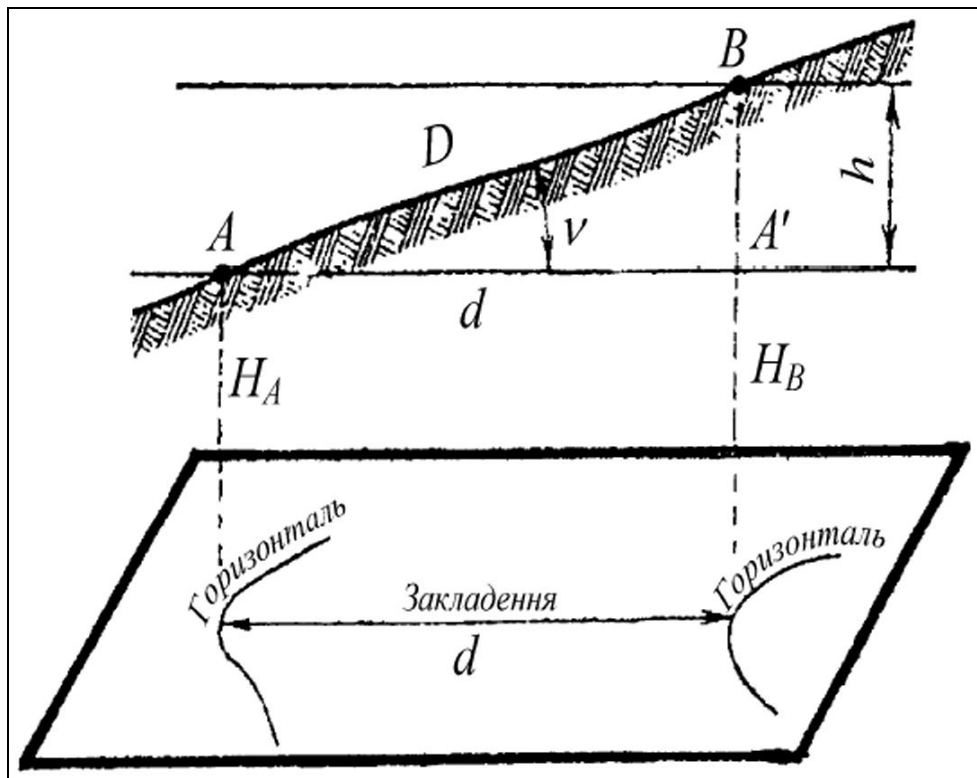


Рисунок 4.28 – Схема елементів рельєфу
(пояснення наведені у тексті)

З рис. 4.28 видно, що висота перерізу рельєфу h є різницею висот H_A та H_B двох суміжних горизонталей A та B , тобто:

$$h = H_B - H_A. \quad (4.3)$$

Висоту перерізу рельєфу h при складанні планів і карт вибирають залежно від масштабу, характеру місцевості (складності рельєфу).

У табл. 4.6 приведені основні висоти перетину рельєфу в залежності від характеру місцевості і масштабу плану або карти.

Таблиця 4.6 – Висоти перерізу рельєфу залежно від масштабу плану або карти і характеру місцевості

Характер місцевості	Висота перерізу рельєфу, м					Максимальний кут нахилу
	1:500	1:1 000	1:2 000	1:5 000	1:10 000	
Рівнинна	0,25	0,25	0,5	0,5	2,5	4°
Перетнута	0,5	0,5	1	1-2	5	10°
Гірська	1	1	2	2	10	30°

Закладення d є горизонтальною проекцією (горизонтальним прокладанням) схилу D між точками A та B за вибраним напрямком і може бути визначене як безпосередньо за планом, так і за виразом:

$$d = D \cdot \cos v, \quad (4.4)$$

де v - кут нахилу відрізка D до горизонту точки A (рис. 4.28).

За величиною закладення на карті чи плані можна судити про крутизну схилу. Чим менше закладення, тим крутіший схил, і навпаки. Крутизна схилу також характеризується кутом нахилу v . Чим більше кут нахилу v , тим крутіший схил.

Для інженерних розрахунків при проектуванні користуються, як правило, ухилом i , який дорівнює тангенсу кута нахилу v (рис. 4.28):

$$i = \operatorname{tg} v = h/d. \quad (4.5)$$

Якщо у формулі (4.5) прийняти $d = 1$, то $i = h$. Отже, ухил – це перевищення, яке припадає на одиницю горизонтальної віддалі.

Наприклад, якщо $h = 0,5$ м, $d = 20$ м, то $i = 0,025$. Це означає, що на кожен метр горизонтальної віддалі припадає 0,025 м перевищення.

Ухил виражається також у відсотках (%) і в проміле (‰). Так, наприклад, $i = 0,025 = 2,5\% = 25\text{‰}$.

4.3 Розв'язання задач по топографічних картах і планах

Перед тим як розпочати розв'язання деяких інженерних задач на топографічних картах (планах), необхідно ретельно *вивчити карту (план)*, шляхом визначення наступних характеристик:

- 1 – масштабу карти (плану);
- 2 – висоту перерізу рельєфу;
- 3 – точності масштабу;
- 4 – оцифровки прямокутної координатної сітки;
- 5 – схилення магнітної стрілки;
- 6 – середнього зближення меридіанів;
- 7 – географічних координат південно-західного кута рамки карти.

Під час вивчення карти (плану) слід вміти читати карту (план). *Читати карту (план)* – означає за зображеннями умовних знаків розкрити смисловий зміст зображуваних ними об'єктів, а також вміти отримати інформацію про ситуацію та рельєф місцевості. Читання та вивчення карти (плану) рекомендують проводити в такій послідовності:

- 1 – установлюють географічне положення зображуваної на карті ділянки місцевості;
- 2 – установлюють геодезичні пункти державної та інших зйомочних мереж;
- 3 – складають характеристику рельєфу (рівнинний, пересічений, гірський, наявність узгір'їв, ярів та крутизна їх схилів);
- 4 – вивчають гідрографію (річки, озера, моря, болота, канали, водосховища);
- 5 – вивчають рослинність (ліси, чагарники, луки);
- 6 – вивчають населені пункти, сільськогосподарські, промислові та енергетичні підприємства;
- 7 – вивчають усі шляхи сполучення (залізниці, автомобільні шляхи, аеродроми, гавані, пристані, трубопровідний транспорт) та лінії зв'язку.

По топографічних картах і планах розв'язують близько двадцяти різних задач, серед них наступні:

- визначення номенклатури аркуша топографічної карти (плану);
- визначення прямокутних координат точки;
- визначення горизонтальної віддалі (горизонтального прокладення);
- визначення географічних координат точок;
- визначення дирекційного кута та азимуту;
- визначення висоти точки;

- визначення напрям і крутизну схилу;
- визначення ухилу заданої лінії;
- побудову профілю місцевості за горизонталями;
- побудову на карті (плані) лінії з заданим ухилом;
- визначення меж водозбірної площі водного об'єкта;
- визначення площі об'єкта місцевості;
- визначення об'єму об'єкта місцевості;
- визначення витрати води річок й інших водотоків тощо.

Нижче наведені пояснення основних з них, які не були розглянуті в попередніх темах цієї дисципліни і раніше в інших навчальних дисциплін.

4.3.1 Визначення довжини кривих (хвилястих) ліній на карті (плані)

Горизонтальне прокладання d_M лінії на місцевості, наприклад, між точками A і B , визначають таким чином:

– за допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки вимірюють довжину d_K (мм) лінії AB на карті (плані);

– шукане горизонтальне прокладання d_M на місцевості (в м) відрізка $d_K = AB$, виміряного на карті (в мм), обчислюють за формулою:

$$d_M = 0,001 \cdot d_K \cdot M, \quad (4.6)$$

де M – знаменник масштабу карти.

Наприклад, потрібно визначити горизонтальне прокладання d_M на місцевості між точками A і B , якщо довжина відрізка AB , виміряного на карті масштабу 1:10 000, дорівнює $d_K = AB = 116$ мм.

Згідно формули (4.6) отримаємо: $d_M = 0,001 \cdot 116 \cdot 10\,000 = 1160$ м.

Вимірювання довжини ламаної лінії на карті (плані) виконується через поступове її випрямлення і нарощування розхилу циркуля-вимірника до тих пір, поки не отримають загальну довжину ламаної лінії у вигляді розхилу циркуля. Довжину ламаної лінії в метрах на місцевості потім визначають за формулою (4.6).

Циркуль-вимірник також можна виставити так, щоб він відповідав цілому числу метрів (або кілометрів) і одразу визначати довжину ламаної лінії в метрах (або кілометрах) на місцевості (рис. 4.29). Відстані, які не вклалися в ціле число, визначають за допомогою лінійного масштабу карти та додають до отриманого числа метрів (або кілометрів).

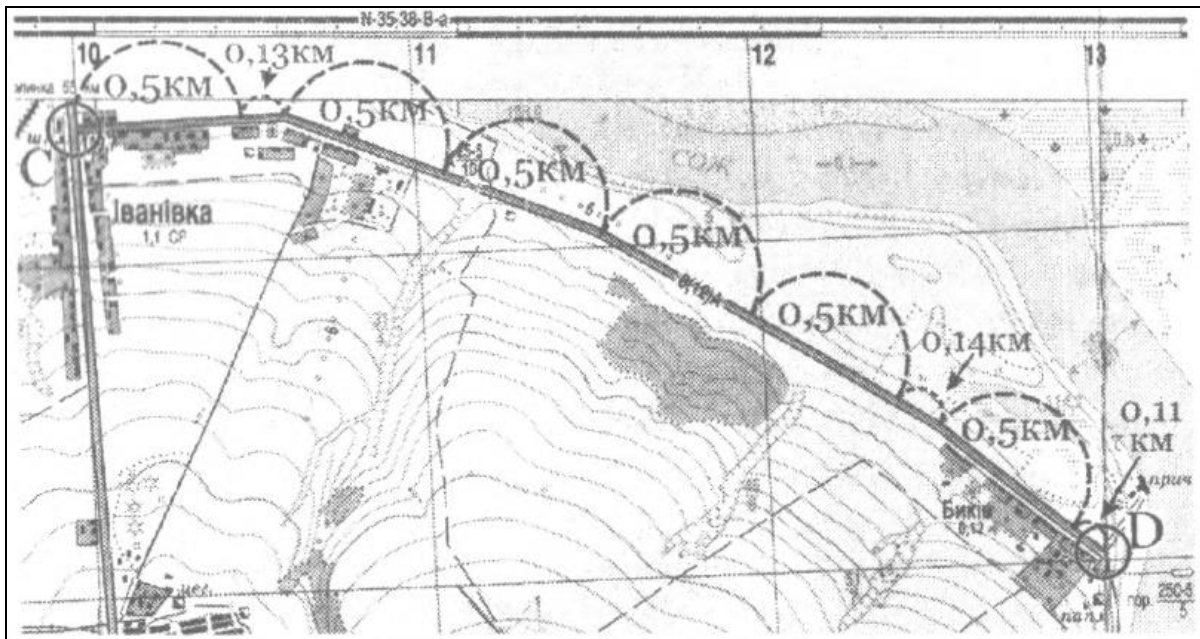


Рисунок 4.29 – Схема визначення визначати довжини ламаної лінії в кілометрах на місцевості за допомогою циркуля-вимірника

Вимірювання довжини хвилястої лінії на карті (плані) виконується шляхом її поділу на приблизно прямолінійні відрізки або послідовним відкладанням на ній циркулем-вимірником відрізка певної довжини, величину якого вибирають у залежності від ступеня хвилястості лінії. Помноживши величину відрізка на кількість його перестановок та додавши залишок, отримують загальну довжину лінії на карті. Довжину хвилястої лінії в метрах на місцевості визначають потім за формулою (4.6).

Для вимірювання хвилястої лінії великої довжини також доцільно використовувати при можливості механічний прилад *курвіметр* (рис. 4.30).

Курвіметр – спеціальний геодезичний прилад, який призначений для вимірювання довжин кривих (хвилястих) ліній на картах і планах, а також на кресленнях.

Курвіметр має мале колесо, яке котиться по вимірюваній кривій лінії і яке у свою чергу зв'язане із стрілкою, що показує на циферблаті довжину кривої лінії в см (рис. 4.30, праворуч) або віддаль на місцевості по шкалі відповідного масштабу (рис. 4.30, ліворуч: стрілка курвіметра показує за шкалою для масштабу 1:25 000 – 4,2 км, для масштабу 1:50 000 – 8,5 км, для масштабу 1:100 000 – 17 км). Справність курвіметра перевіряється вимірюванням на папері ліній наперед відомої довжини, наприклад, сторін квадрату кілометрової сітки карти.



Рисунок 4.30 – Курвіметри (ліворуч – відлік у км, праворуч – відлік у см)

За допомогою сторін квадрату кілометрової сітки карти (або плану), також визначається ціна поділки курвіметра. Наприклад, якщо відрізок довжиною $d_M = 1000$ м міститься в 5-ти поділках ($n = 5$), то одна поділка становить: $m = d_M / n = 1000 \text{ м} / 5 = 200 \text{ м}$.

Перед вимірюванням стрілку курвіметра установлюють на нульовий штрих (рис. 4.31). Далі, утримуючи курвіметр у вертикальному положенні, обводять його вздовж шуканого маршруту таким чином, щоб коліщатко не відривалося від карти, а показники курвіметра збільшувалися (рис. 4.31). Після завершення обведення отриманий результат перемножують на величину ціни поділки курвіметра. Наприклад, якщо виміряний відрізок вміщує 16,1 поділки (див. рис. 4.31), а ціна однієї поділки дорівнює 200 м, то шукана відстань дорівнює: $d_M = m \cdot n = 16,1 \cdot 200 \text{ м} = 3220 \text{ м} = 3,22 \text{ км}$.

2. Між отриманими точками проводять штрихову лінію вододілу (вододільну лінію) 2-1-3.

3. З обох боків лоцини по нормалі до випуклих горизонталей проводять штрихові лінії вододілу 2-4 та 3-5.

4. Від точки *A*, до якої буде стікати вода з водозбірної площі, по нормалі до горизонталей до точок 4 і 5 проводять штрихові лінії *A*-4 та *A*-5 найбільшого нахилу рельєфу місцевості, які є лініями вододілу.

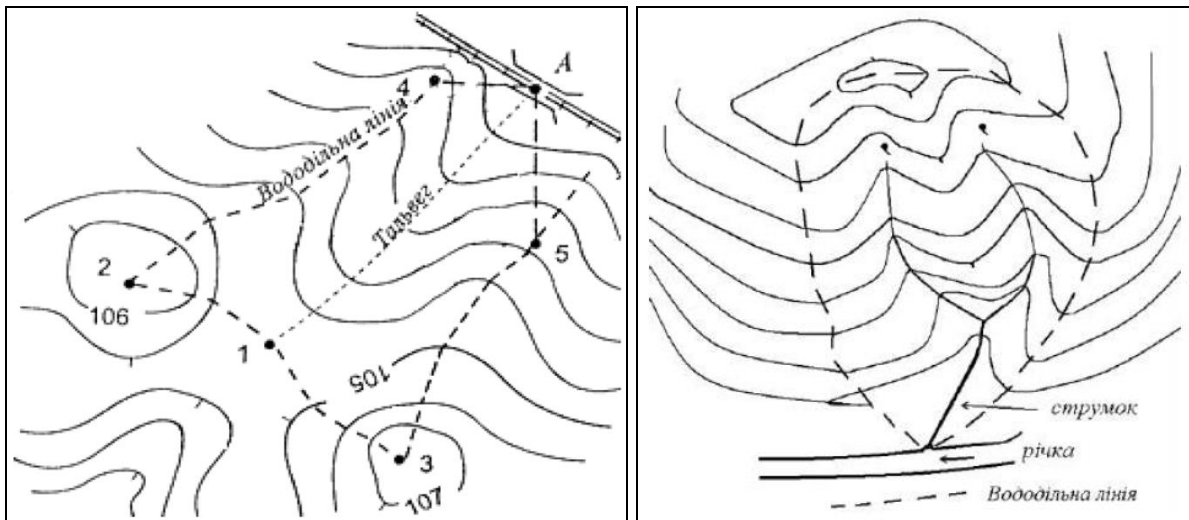


Рисунок 4.32 – Визначення та виділення меж (оконтурювання) водозбірної площі на карті або плані (пояснення позначень у тексті)

Отримана таким чином замкнута штрихова лінія *A*-5-3-1-2-4-*A*, яка перпендикулярна у всіх своїх точках до горизонталей, обмежує водозбірну площу для точки *A*.

Дії на етапах **1-3** виконують при оконтурюванні водозбірних площ струмків (див. рис. 4.32, праворуч), озер та інших водойм і водотоків.

4.3.3 Визначення загального об'єму деревини в лісі на площі 1 га

На топографічній карті (плані) в кожному великому лісовому масиві умовними позначеннями вказується порода, висота, діаметр дерев і відстань між ними.

Допустимо поряд з умовним знаком, який вказує на породу лісу, стоїть оцифровка $\frac{20}{0,30}$ 5. Це означає, що середня висота дерев $h = 20$ м, їх середній діаметр на висоті грудей $d = 0,30$ м, а відстань між деревами 5 м.

Стовбур кожного дерева можна прийняти за конус, об'єм якого V можна обчислити за формулою:

$$V = \pi R^2 \cdot h / 3, \quad (4.7)$$

де R – середній радіус стовбура кожного дерева на висоті грудей ($R = d/2$);

h – середня висота дерев;

π – стала величина ($\pi = 3,14$).

За формулою (4.7), для нашого прикладу обчислимо об'єм одного дерева: $V = 3,14 \cdot (0,30/2)^2 \cdot 20/3 = 0,47 \text{ м}^3$.

Щоб дізнатися, скільки кубометрів деревини є в лісі на площі 1 га (гектар – площа квадрата зі стороною 100 м), спочатку треба визначити загальну кількість дерев, що ростуть на цій площі. В нашому прикладі дерево від дерева росте на відстані в середньому 5 м. Тоді на відстані 100 м буде рости 20 дерев, а на площі 100 м^2 : $20 \times 20 = 400$ дерев. Отже, об'єм деревини на одному гектарі лісу буде дорівнювати: $0,47 \text{ м}^3 \times 400 = 188 \text{ м}^3$. Для визначення загального об'єму деревини в лісі треба об'єм деревини на одному гектарі лісу (188 м^3) помножити на площу ліса S .

4.3.4 Визначення по карті (плану) витрати води річки

Витрата води річки – це об'єм води, яка щосекунди протікає через заданий поперечний переріз річки.

На рис. 4.33, як приклад, показана ділянка річки на карті (плані), яка має всі числові характеристики для обчислення приблизного об'єму води, що протікає щосекунди через поперечний переріз заданої річки.

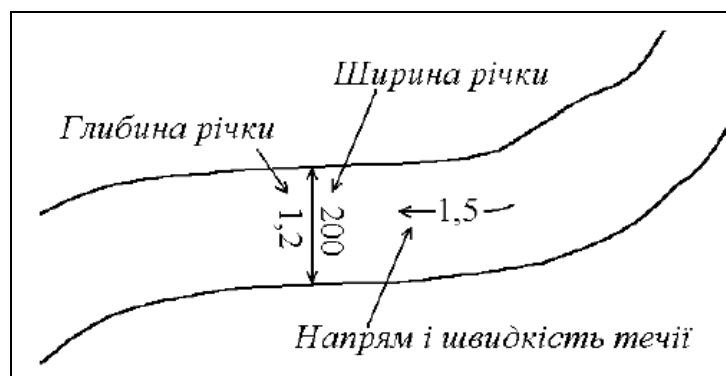


Рисунок 4.33 – Числові характеристики річки на карті або плані

Відомо, що всім річкам, як правило, властиве поступове збільшення глибини. Для наближених розрахунків вважатимемо, що вказана на карті чи плані глибина річки (рис. 4.33) проходить не по всій ділянці поперечного перерізу русла, а тільки по його половині. Таким чином, живий переріз річки має форму не прямокутника, а трапеції з основами 100 м і 200 м та висотою 1,2 м. Площа перерізу дорівнюватиме добутку полусуми основ (150 м) і висоти (1,2 м): $150 \text{ м} \times 1,2 \text{ м} = 180 \text{ м}^2$.

Якщо б швидкість течії річки дорівнювала 1 м/с, то витрата води річки дорівнювала $180 \text{ м}^3/\text{с}$. У нашому прикладі швидкість течії дорівнює 1,5 м/с (рис. 4.33).

Отже, витрата води цієї річки становить: $180 \text{ м}^2 \times 1,5 \text{ м/с} = 270 \text{ м}^3$.

4.3.5 Визначення площ за допомогою топографічних карт і планів

При землеустрої, меліорації і відведеннях земельних ділянок під будівництво виникає необхідність у визначенні їх площ на топографічних картах (планах). При цьому слід зазначити, що на картах або планах обчислюється не похила або звивиста і хвиляста площа місцевості, а її проекція на рівневу поверхню.

У залежності від геометричної форми вимірюваної фігури і потрібної точності застосовуються аналітичний, графоаналітичний, графічний та механічний способи визначення площ, які детально розглянуті нижче.

Аналітичний спосіб. Застосовують у тих випадках, коли фігура обмежена прямолінійним контуром і відомі прямокутні координати його вершин (рис. 4.34).

Для фігури у формі трикутника ABC (рис. 4.34), координати вершин якого обчислені за результатами польових вимірювань або визначені на плані чи карті, площа буде дорівнювати: $S_{ABC} = S_{ABCa} + S_{BCcB} - S_{ACca}$.

Представивши площу кожної трапеції як добуток півсуми абсцис на різницю відповідних ординат і подвоївши одержані результати, після перетворень одержимо: $2 \cdot S_{ABC} = X_a \cdot (Y_b - Y_c) + X_b \cdot (Y_c - Y_a) + X_c \cdot (Y_a - Y_b)$.

Якщо вершини земельної ділянки пронумерувати за напрямом ходу годинникової стрілки, то для загального випадку n -кутника будемо мати:

$$2 \cdot S = \sum X_i \cdot (Y_{i+1} - Y_{i-1}) \quad (4.8)$$

та

$$2 \cdot S = \sum Y_i \cdot (X_{i-1} - X_{i+1}). \quad (4.9)$$

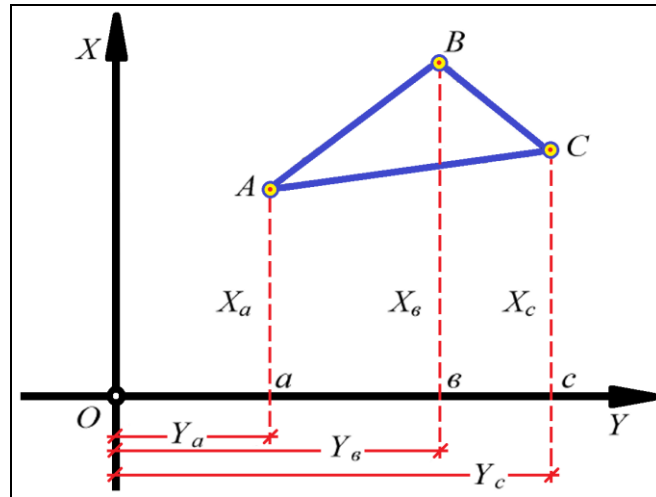


Рисунок 4.34 – Схема обчислення площі аналітичним способом (пояснення позначень у тексті)

Вирази (4.8) та (4.9) називають формулами Гаусса для обчислення площ. Контролем обчислення є те, що суми різниць абсцис $(X_{i-1} - X_{i+1})$ та ординат $(Y_{i+1} - Y_{i-1})$ повинні дорівнювати нулю і що за формулами (4.8) та (4.9) повинна бути отримана одна і та ж подвоєна площа.

Середню квадратичну похибку m_S визначення площі S (м²) земельної ділянки можна обчислити за формулою:

$$m_S = m_t \cdot [S \cdot (1 + k^2) / (2 \cdot k)]^{0.5}, \quad (4.10)$$

де m_t – середня квадратична похибка положення на місцевості вершин контуру, що обмежує земельну ділянку, м;

k – коефіцієнт витягнутості земельної ділянки (відношення її довжини до ширини).

При $k = 1$ (ділянка має квадратну форму), формула (4.10) має вигляд:

$$m_S = m_t \cdot S^{0.5}. \quad (4.11)$$

При $k = 10$ формула (4.10) прийме такий вигляд:

$$m_S = 2,25 \cdot m_t \cdot S^{0.5}. \quad (4.12)$$

Середню квадратичну похибку m_S визначення площі S (м²) земельної ділянки аналітичним способом за координатами вершин її контуру, визначеними графічно на картах або планах різних масштабів, обчислюють за формулою:

$$m_s = 0,001 \cdot m_t \cdot M \cdot S^{0,5}. \quad (4.13)$$

де m_t – якнайменший відрізок, який здатний розрізнити неозброєне око людини на плані або карті, $m_t \approx 0,1$ мм;

M – знаменник чисельного масштабу плану або карти.

З формули (4.13) видно, що точність (середня квадратична похибка) визначення площі будь-якої ділянки прямо залежить від знаменника M чисельного масштабу плану або карти.

У табл. 4.7 наведені вимоги до середніх квадратичних похибок m_t положення межових знаків щодо вихідних пунктів геодезичної мережі в залежності від категорії земель.

Таблиця 4.7 – Вимоги до точності визначення координат точок меж земельних ділянок (положення межових знаків)

№ п/п	Призначення земель	Середня квадратична похибка m_t положення межового знака відносно найближчого пункту вихідної геодезичної основи, не більше, м	Граничні розходження, при контролі межування, м		Вихідна геодезична основа
			ΔS_{ep}	f_{ep}	
1	2	3	4	5	6
1	Землі міст: – ділянки площею більше 2 га; – ділянки площею до 2 га	0,05 0,10	0,2	0,3	ДГМ, ОМЗ-1
2	Землі селищ, приміських зон, дач	0,20	0,4	0,6	ДГМ, ОМЗ-1, 2
3	Землі промисловості та іншого спеціального призначення	0,50	1,0	1,5	ДГМ ОМЗ-1, 2
4	Землі сільськогосподарського призначення (окрім земель, вказаних в пункті 2 цієї таблиці), землі територій і об'єктів, що особо охороняються	2,50	5,0	7,5	ДГМ, ОМЗ, МЗ
5	Землі лісового й водного фондів, заповідників, землі державного запасу	5,00	10,0	15,0	Усе, що перераховане вище

Примітки: ДГМ – державна геодезична мережа; ОМЗ – опорна мережа згущення; МЗ – межові знаки.

Нижче наведені приклади визначення абсолютної та відносної похибок обчислення площі земельної ділянки, яка обчислена різними шляхами.

Приклад 1. Площа ($S = 387650 \text{ м}^2$) земельної ділянки приміської зони, яка обчислена аналітичним способом за координатами, які були отримані шляхом рішення прямої геодезичної задачі.

Потрібно знайти абсолютну m_S та відносну m_S/S похибки обчислення площі цієї земельної ділянки за умови, що коефіцієнт витягнутості даної ділянки $k = 1,7$, а похибка визначення положення межового знака $m_t = 0,20$ (див. табл. 4.7).

1. За формулою (4.10) абсолютна похибка обчислення площі земельної ділянки буде дорівнювати: $m_S = m_t \cdot [S \cdot (1 + k^2) / (2 \cdot k)]^{0,5} = 0,20 \cdot [387650 \cdot (1 + 1,7^2) / (2 \cdot 1,7)]^{0,5} = 133,2 \text{ м}^2$.

2. Відносна похибка m_S/S визначення площі земельної ділянки буде дорівнювати: $m_S/S = 1 / (S : m_S) = 1 / (387650 : 133,2) = 1 / 2910$.

Приклад 2. Площа ($S = 387650 \text{ м}^2$) земельної ділянки приміської зони, яка обчислена аналітичним способом за координатами, які були визначені графічно на топографічній карті масштабу 1:10 000.

Потрібно знайти абсолютну m_S та відносну m_S/S похибки обчислення площі цієї земельної ділянки за умови, що якнайменший відрізок $m_t \approx 0,1 \text{ мм}$.

1. За формулою (4.10) абсолютна похибка обчислення площі земельної ділянки буде дорівнювати: $m_S = 0,001 \cdot m_t \cdot M \cdot S^{0,5} = 0,001 \cdot 0,1 \cdot 10000 \cdot 387650^{0,5} = 622,6 \text{ м}^2$.

2. Відносна похибка m_S/S визначення площі земельної ділянки буде дорівнювати: $m_S/S = 1 / (S : m_S) = 1 / (387650 : 622,6) = 1 / 622$.

Графоаналітичний спосіб. Його застосовують у тих випадках, коли фігура обмежена прямолінійним контуром. Таку ділянку на карті (плані) розбивають на прості фігури: трикутники, прямокутники або трапеції (див. рис. 4.35), і графічно, з урахуванням масштабу карти (плану), вимірюють елементи фігур, а потім за аналітичними формулами геометрії обчислюють їх площі. Загальну площу знаходять як суму площ простих фігур.

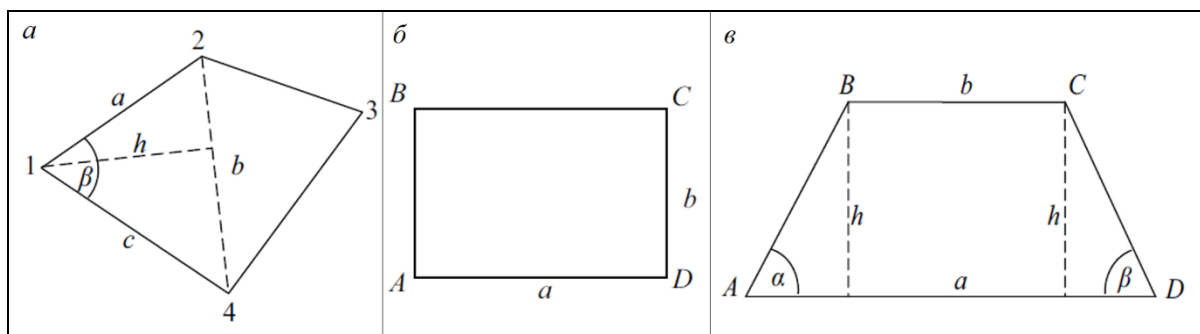


Рисунок 4.35 – Визначення площі за формулами геометрії:

a – трикутник; b – прямокутник; $в$ – трапеція
(пояснення позначень у тексті)

Якщо задана ділянка розбита на трикутники (див. рис. 4.35, a), то площу окремого трикутника S обчислюють за однією з формул:

$$\begin{aligned}
 S &= 0,5 \cdot b \cdot h, \\
 S &= 0,5 \cdot a \cdot c \cdot \sin \beta, \\
 S &= [p \cdot (p - a) - (p - b) \cdot (p - c)]^{0,5},
 \end{aligned}
 \tag{4.14}$$

де a, b, c – сторони трикутника;

h – висота трикутника;

β – внутрішній кут;

p – півпериметр сторін трикутника.

Для контролю площу трикутника визначають двічі, вимірюючи інші основи та висоти. Наприклад, при першому визначенні площі трикутника 1-2-4 (див. рис. 4.35, *a*) вимірюють сторону b і висоту h , а при другому – сторони a, c і кут β .

Розбіжність між двома отриманими результатами (відносна похибка визначення площі) не повинна перевищувати 1:200. Якщо зазначена вище умова виконується, то за кінцевий результат приймають середнє значення.

Якщо задана земельна ділянка має форму прямокутника $ABCD$ (див. рис. 4.35, *б*), то його площу обчислюють за формулою:

$$S = a \cdot b, \tag{4.15}$$

де a, b – відповідно довжина і ширина прямокутника.

Якщо земельна ділянка $ABCD$ має форму трапеції (див. рис. 4.35, *в*), то її площу можна обчислити в залежності від виміряних на карті параметрів за однією з відомих формул:

$$\begin{aligned}
 S &= 0,5 \cdot h \cdot (a + b), \\
 S &= 0,5 \cdot (a^2 - b^2) / (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta), \\
 S &= a \cdot b - 0,5 \cdot h^2 \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta),
 \end{aligned}
 \tag{4.16}$$

Середню квадратичну похибку m_S визначення площі земельної ділянки по карті можна обчислити за формулою:

$$m_S = 0,02 \cdot S^{0,5} \cdot M / 10000, \tag{4.17}$$

де M – знаменник чисельного масштабу топографічної карти або плану;

S – визначена площа ділянки, га.

Відносна похибка визначення площі земельної ділянки становитиме:

$$m_S : S = 1 : (S / m_S). \tag{4.18}$$

Розглянуті нижче приклади дають підставу стверджувати, що зі збільшенням вимірюваної площі S зменшується відносна похибка її вимірювання та, як наслідок, вимірювані фігури на карті будь-якого масштабу повинні бути по можливості більших розмірів.

Приклад 3. Обчислити середню квадратичну похибку m_S визначення площі земельної ділянки по топографічній карті масштабу 1:10 000 та перевірити дотримання умови визначення площі, якщо площа ділянки S дорівнює 9 га.

Згідно з формулою (4.17) середня квадратична похибка m_S складає:

$$m_S = 0,02 \cdot 9^{0,5} \cdot 10\,000 / 10000 = 0,06 \text{ га.}$$

Відносна похибка визначення площі земельної ділянки становитиме:

$$m_S : S = 1 : (S / m_S) = 1 : (9 / 0,06) = 1 : 150.$$

Висновок: умова визначення площі не дотримана, тому що відносна похибка її визначення 1:150 перевищує граничне значення 1:200.

Приклад 4. Обчислити середню квадратичну похибку m_S визначення площі земельної ділянки по топографічній карті масштабу 1:10 000 та перевірити дотримання умови визначення площі, якщо площа ділянки дорівнює $S = 16$ га.

Згідно з формулою (4.17) середня квадратична похибка m_S складає:

$$m_S = 0,02 \cdot 16^{0,5} \cdot 10\,000 / 10000 = 0,08 \text{ га.}$$

Відносна похибка визначення площі земельної ділянки становитиме:

$$m_S : S = 1 : (S / m_S) = 1 : (16 / 0,08) = 1 : 200.$$

Висновок: умова визначення площі дотримана, тому що відносна похибка її визначення 1:200 не перевищує граничне значення 1:200.

Графічний спосіб. При криволінійному контурі ділянки місцевості її площу на карті (плані) швидше можна визначити графічно за допомогою квадратної (сіткової), крапкової або лінійної палетки (рис. 4.36).

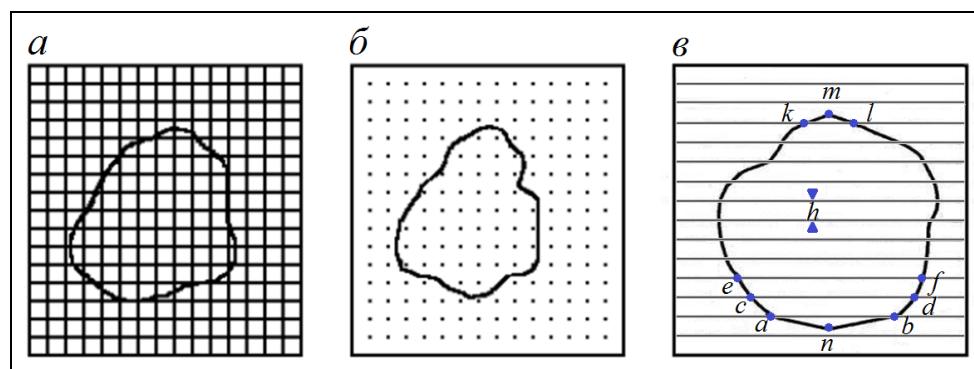


Рисунок 4.36 – Визначення площі за допомогою палетки:

a – квадратна (сіткова) палетка, b – крапкова палетка, v – лінійна палетка
(пояснення позначень у тексті)

Квадратна (сіткова) палетка (рис. 4.36, a) – це сітка дрібних квадратів, як правило, із стороною 2 мм (від 1 до 5 мм), яку наносять на прозорий матеріал (плівку, кальку, пластик).

Визначення площі заданої фігури за допомогою квадратної палетки виконують наступним чином.

1. Сіткову палетку довільно накладають на визначувану площу так, щоб вона покривала весь контур, і підраховують кількість n_n повних квадратів, які покривають цю площу.

2. Лічать кількість n_n неповних квадратів по межі площі контуру. Частки квадратів можна шляхом оцінювання на око перевести у повні квадрати і додати до n_n .

3. Обчислюють загальну площу S шуканої фігури (в гектарах або квадратних метрах чи квадратних кілометрах) за формулою:

$$S = S_0 \cdot (n_n + 0,5 \cdot n_n), \quad (4.19)$$

де S_0 – площа одного квадрата палетки в масштабі карти.

Для контролю площу даної фігури вимірюють повторно, розвернувши палетку приблизно на 45° . Відносна похибка визначення площі палеткою становить 1:50-1:100. При виконанні цієї умови за кінцеве значення площі приймають середнє арифметичне з двох визначень.

Приклад 5. Визначити площу земельної ділянки по карті масштабу 1:10 000, якщо сторона квадрата палетки дорівнює 2,5 мм, кількість повних квадратів $n_n = 168$, а кількість неповних квадратів $n_n = 38$.

Обчислюємо довжину сторони квадрата палетки на місцевості:

$$d_M = 0,001 \times 2,5 \text{ мм} \times 10\,000 = 25 \text{ м.}$$

Обчислюємо площу одного квадрата палетки на місцевості:

$$S_0 = 25 \text{ м} \times 25 \text{ м} = 625 \text{ м}^2 = 0,0625 \text{ га.}$$

За формулою (4.19) обчислюємо загальну площу земельної ділянки:

$$S = 0,0625 \text{ га} \times (168 + 0,5 \times 38) = 11,7 \text{ га.}$$

Для контролю площу визначають двічі, повернувши палетку на 45° відносно першого положення.

Крапкова палетка (рис. 4.36, б) також виготовляється на прозорому матеріалі. Вага кожної крапки дорівнює цінні поділки палетки, тобто площі найменшого квадрата.

Перевага крапкової палетки над сіткою в тому, що немає необхідності оцінювати на око часток квадратів, які входять у межі контуру, а достатньо полічити кількість крапок, які знаходяться всередині (у межі контуру) фігури.

Площу ділянки, виміряну крапковою палеткою, обчислюють за формулою:

$$S = n \cdot c, \quad (4.20)$$

де n – кількість крапок, які знаходяться всередині (у межі контуру) фігури;
 c – вага крапки палетки, m^2 ($км^2$ або га).

Сутність застосування *лінійної палетки* полягає в наступному.

1. На аркуш кальки, целулоїду або плексигласу наносять через рівні інтервали ($h = 2-5$ мм) ряд паралельних ліній (рис. 4.36, в).

2. Палетку накладають на вимірювану ділянку так, щоб крайні точки m і n контуру розмістилися посередині між будь-якими лініями палетки, розділивши таким чином ділянку на фігури, близькі до трапецій з однаковими висотами h і середніми лініями ab, cd, \dots, kl .

3. За допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки визначають довжини ліній ab, cd, \dots, kl .

4. Площу ділянки обчислюють за формулою:

$$S = h \cdot (ab + cd + \dots + kl). \quad (4.21)$$

Площу ділянки визначають двічі, повернувши палетку на 45° або 90° відносно першого положення.

Приклад 6. Визначити площу земельної ділянки по карті масштабу 1:10 000, якщо віддаль між паралельними лініями на палетці дорівнює $h = 3,5$ мм, а загальна довжина всіх середніх ліній трапецій дорівнює 296 мм.

1. Визначаємо віддаль h_M між паралельними лініями на місцевості:

$$h_M = 3,5 \text{ мм} \times 10000 / 1000 = 35 \text{ м.}$$

2. Визначаємо загальну довжину d_M усіх середніх ліній трапецій на місцевості:

$$d_M = 296 \text{ мм} \times 10000 / 1000 = 2960 \text{ м.}$$

3. За формулою (4.21) обчислюємо загальну площу земельної ділянки:

$$S = 35 \text{ м} \times 2960 \text{ м} = 103600 \text{ м}^2 = 10,36 \text{ га.}$$

Слід зазначити, що застосування палеток забезпечує визначення площ з відносною похибкою порядку 1:100-1:150 вимірюваної площі.

Механічний спосіб. При цьому способі застосовують спеціальний прилад – *планіметр*.

Планіметр – це механічний або електронний прилад, який дає можливість шляхом обводу контуру фігури будь-якої форми визначити її площу. Існують лінійні та полярні планіметри. Більш поширеними є полярні планіметри з однією (рис. 4.37) або двома (рис. 4.38) каретками.

Однокаретковий полярний планіметр складається з полюсного і обвідного важелів та каретки (рис. 4.37). На каретці змонтовано відліковий механізм: лічильний ролик з барабаном, який має шкалу на 100 поділок і циферблат з 10 поділками.

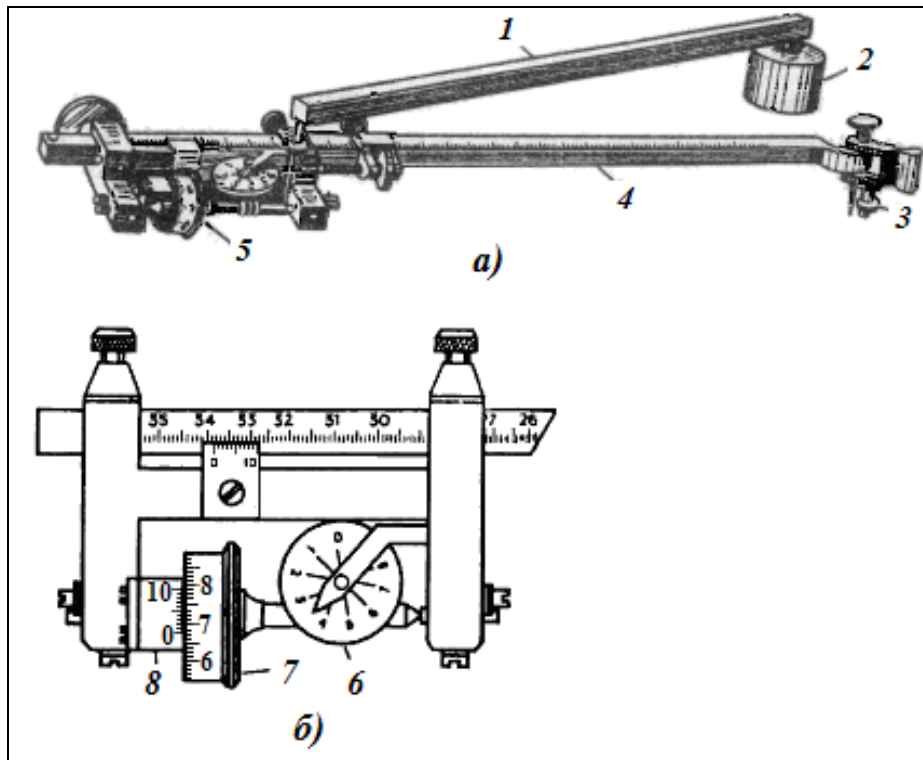


Рисунок 4.37 – Полярний планіметр:
a) – зовнішній вигляд; *б)* – відліковий пристрій (відлік 3682)

Лічильний ролик, перемішуючись по плану (карті) показує кількість поділок, пройдених ним під час обводу контуру фігури. Кількість повних обертів ролика відраховують по циферблату, а його частин – за допомогою верньєра. Полюсний важіль (1) є металевим бруском квадратного перерізу на одному кінці якого прикріплено тягарець-полюс (2), в центрі нижньої частини якого уставлено голку. За допомогою голки полюс закріплюють на плані (карті). Другий кінець полюсного важеля має шарнір (стрижень із кулеподібною головкою), який скріплений з бруском під прямим кутом. Шарнір під час роботи планіметра вільно вставляється у конусний отвір каретки. Полюсний важіль звичайно пофарбований у чорний колір.

Обвідний важіль зроблений з білого металу, має вигляд такого ж бруска, як і полюсний важіль.

На одному кінці обвідного важеля змонтовано обвідний пристрій у вигляді тупого шпиля або обвідного скельця в металевій оправі з точкою у центрі (3). Шпиль або точку обвідного скельця переміщують по плану (карті) за допомогою серги. По обвідному важелю (4) пересувається каретка з відліковим механізмом (5). Залежно від її положення на важелі визначають його довжину, користуючись шкалою верньєра важеля.

У двокареткових планіметрів марки ПП-2К (планіметр полярний двокаретковий) на обвідному важелі змонтовано дві каретки однакової будови (рис. 4.38).

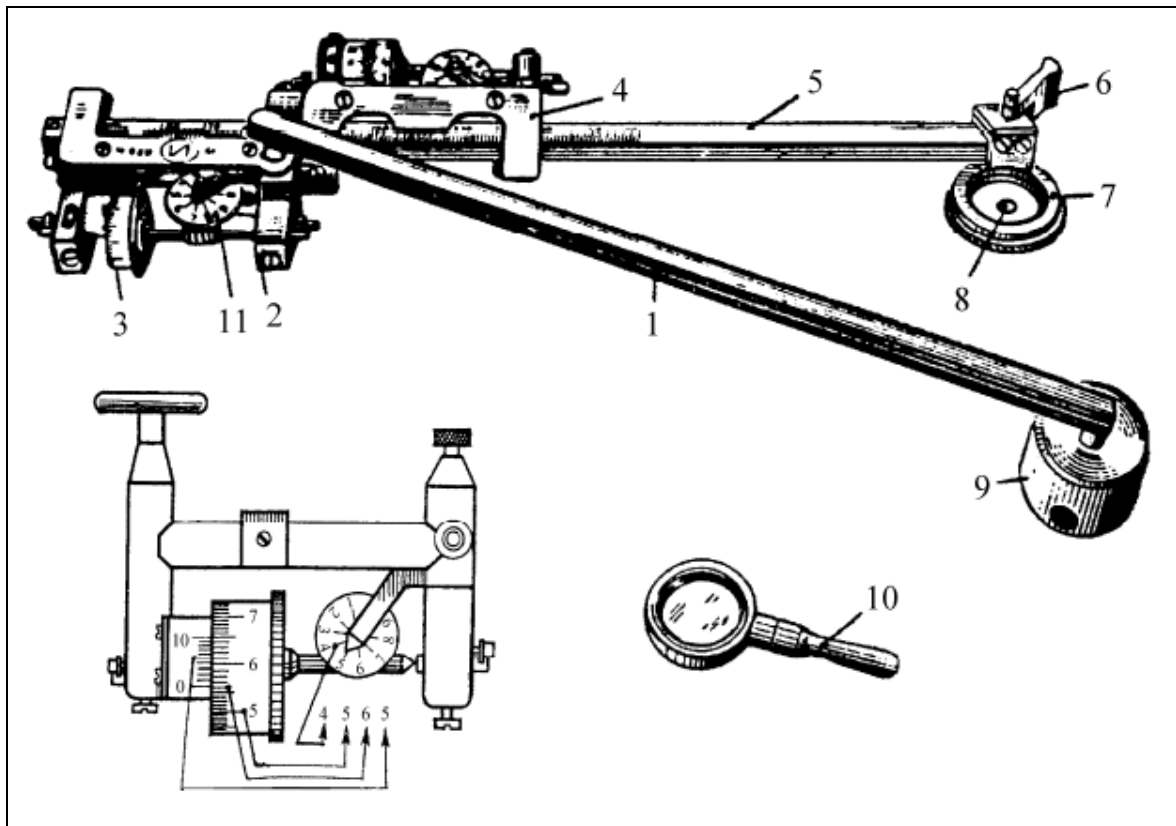


Рисунок 4.38 – Двокаретковий полярний планіметр:

- 1 – полюсний важіль, 2 – каретка з гніздом для полюсного важеля;
- 3 – лічильне колесо; 4 – каретка, 5 – обвідний важіль; 6 – ручка;
- 7 – лупа; 8 – обвідний кружок; 9 – грузило полюса;
- 10 – лупа для відліку поділок колеса, 11 – циферблат

Для користування планіметром треба вміти читати відліки і визначати ціну поділки планіметра – встановлювати, скільком квадратним метрам відповідає одна поділка планіметра при даному масштабі плану.

Відлік на лічильному механізмі складається із 4 цифр.

Першу цифру читають на циферблаті проти нерухомого покажчика (індексу), причому беруть меншу з двох цифр (6).

Другу цифру читають на барабані лічильного ролика – це номер молодшого підписаного штриха, найближчого до нуля верньєра (7).

Третю цифру також читають на барабані ролика – це кількість не підписаних поділок від другої цифри до нуля верньєра лічильного механізму (8).

Четверту цифру читають на верньєрі відлікового механізму – це номер поділки верньєра, рахуючи від нуля, яка точно співпадає з будь-якою поділкою на барабані ролика (8).

Для визначення площі якої-небудь фігури полюс полярного важеля закріплюють за допомогою голки на плані поблизу вимірюваної ділянки. Обвідний пристрій (шпиль або центр обвідного скельця) встановлюють на будь-яку позначену олівцем точку контуру і на відліковому механізмі беруть перший відлік n_1 (до обводу). Потім обвідним пристроєм обводять ділянку по контуру (бажано за годинниковою стрілкою) до повернення у початкову точку і беруть другий відлік n_2 (після обводу). Різниця відліків ($n_2 - n_1$) дасть площу обведеної фігури у поділках планіметра.

Площа фігури (S) визначається за формулою:

$$S = c \cdot (n_2 - n_1) = c \cdot \Delta n, \quad (4.22)$$

де c – ціна поділки планіметра.

Теоретично ціна поділки планіметра (c) визначається за формулою:

$$c = R \cdot t, \quad (4.23)$$

де R – довжина обвідного важеля (відстань від обвідної точки скельця до осі обертання важелів);

t – розмір однієї поділки планіметра.

Зазвичай $R \approx 160$ мм, а $t \approx 0,06$ мм. Тобто, $C = 160 \cdot 0,06 \approx 10 \text{ мм}^2 = 0,1 \text{ см}^2$.

Оскільки величина t дуже мала і одержати її точне значення важко, то ціну поділки планіметра визначають способом, викладеним нижче.

Визначення ціни поділки планіметра проводиться перед початком роботи. На папері такої ж якості, як і папір карти (плану, схеми), будують квадрат із стороною 10 см (або використовують кілометрову сітку карти чи плану), обчислюють його площу на місцевості у м^2 (га або км^2) в масштабі карти (плану, схеми).

Далі встановлюють планіметр у робоче положення, шпиль (або центр скельця) ставлять на одну з вершин квадрата, беруть відлік n_1 (початковий), обводять контур квадрата і дійшовши до початкової точки, беруть другий відлік n_2 (кінцевий). Площу квадрата ділять на різницю відліків ($n_2 - n_1$) і знаходять ціну поділки планіметра у квадратних метрах. Для більш точного визначення ціни поділки планіметра обводять квадрат 2-3 рази і знаходять середню різницю початкових і кінцевих відліків.

Ціна поділки планіметра c залежить від масштабу карти (плану, схеми) і довжини обвідного важеля: *чим більший знаменник чисельного масштабу і чим більша довжина обвідного важеля, тим більшою буде ціна поділки.*

Довжина обвідного важеля R читається на самому важелі проти позначки верньєра відлікового механізму. Цю довжину можна змінити, пересунувши відліковий механізм ближче або далі від обвідного пристрою.

Перед початком роботи планіметр, як і кожний інший геодезичний прилад, треба перевірити. До планіметра пред'являються такі вимоги:

1. Відстань між барабаном лічильного ролика і дугою верньєра повинна бути мінімальною, не більше товщини листа паперу для записів.

2. Вісь лічильного ролика повинна бути паралельною до вісі обвідного важеля (якщо цієї вимоги не дотримати, середні з обводів при «полюсі право» і «полюсі ліво» відрізняться більше ніж на 3 поділки).

3. Різниця відліків двох сусідніх обводів повинна відрізнятись не більше як на 2 поділки верньєра.

4. Лічильний ролик має легко обертатись і не мати люфту підшипників.

5. Ремонт приладу проводять у майстерні.

6. При користуванні приладом геодезист має керуватись цими практичними рекомендаціями, виконання яких сприяє успішному вимірюванню площі ділянок.

7. Перед початком роботи планіметр перевіряють і з відповідною точністю визначають ціну його поділки.

8. Папір з планом/картою ретельно розправляють і прикріплюють до креслярської дошки, яку кладуть на горизонтальну поверхню стола.

9. Положення полюса вибирають поза контуром з таким розрахунком, щоб при обводі фігури кут між важелями планіметра був не менше 30° і не більше 150° , а лічильний ролик відлікового механізму не сходив з плану на дошку. Для цього треба виконати попередній швидкий обвід контуру ділянки.

10. Обвід починають в тому місці контуру, де ролик ковзає або обертається повільно, коли важелі утворюють між собою кут близький до 90° і напрямок початкового та кінцевого руху шпилья (центра скельця) приблизно співпадає з напрямом обвідного важеля.

11. Обвідний пристрій ведуть по контуру плавним і рівномірним рухом за годинниковою стрілкою, уникаючи різких поштовхів і зупинок.

12. Прямолінійні контури обводять від руки, не застосовуючи лінійки, щоб уникнути односторонньої помилки.

13. Для контролю результату кожний контур обводять не менше двох разів і розходження у різницях відліків не повинні перевищувати 3-4 поділки верньєра (в інших випадках обводи повторюють і бажано при іншому положенні полюса).

14. Розтягнуті контури, а також контури великих фігур попередньо розбивають на частини і обчислюють площу кожної частини.

15. Для вимірювання малих площ ціну поділки зменшують у два-три рази шляхом відповідного зменшення довжини обвідного важеля.

При додержанні цих рекомендацій площі вимірюють планіметром з точністю 1:200-1:400 вимірюваної величини.

Нижче наведений приклад обчислення ціни поділки планіметра і визначення площі земельної ділянки по топографічній карті масштабу 1:10 000 двокаретковим полярним планіметром (або полярним планіметром з двома лічильними механізмами).

Приклад 7. Обчислення ціни поділки планіметра і визначення площі земельної ділянки по топографічній карті масштабу 1:10 000 механічним способом за допомогою полярного планіметра з двома лічильними механізмами марки ПП-2К (зав. № 4466).

Результати визначення:

Назва роботи	Відліки:		Різниця: $\Delta n = n_2 - n_1$ та $\Delta n' = n'_2 - n'_1$	Середнє значення різниць, $\Delta n_{сер} =$ $= 0,5 \cdot (\Delta n + \Delta n')$	Ціна поділки, $c = S_0 / \Delta n_{сер}$, м ² (га)	Площа ділянки, $S = c \cdot \Delta n_{сер}$, м ² (га)
	після обводу, n_2 та n'_2	до обводу, n_1 та n'_1				
Визначення ціни поділки планіметра, c	4247	3245	1002	1000,0	1000,00 м ² (0,10 га)	1000000 м ² (100 га)
	7470	6472	0998			
Визначення площі ділянки, S	2657	2270	387	387,5	1000,00 м ² (0,10 га)	387500 м ² (38,75 га)
	5736	5348	388			

Примітка: $S_0 = 1000000 \text{ м}^2 = 100 \text{ га}$.

Питання для самоперевірки до теми № 4

1. Що називається номенклатурою топографічних карт і планів?
2. Що покладено в основу міжнародної розграфки карт?
3. Що таке умовні знаки і яке їх призначення?
4. Що таке рельєф місцевості, які є його форми та основні елементи?
5. Які задачі можуть бути розв'язані за допомогою планів і карт?

5 ЗАГАЛЬНОДЕРЖАВНЕ ТОПОГРАФІЧНЕ І ТЕМАТИЧНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ

У даному розділі пояснений механізм створення та оновлення загальнодержавних топографічних і тематичних карт України у графічній, цифровій, електронній, фотографічній та іншій формі, згідно з «*Порядком загальнодержавного топографічного і тематичного картографування*», який затверджений Постановою Кабінету Міністрів України (КМУ) від 04.09.2013 р. № 661 (із змінами, внесеними згідно з Постановами КМУ від 27.05.2015 р. № 379 та від 01.03.2017 р. № 109).

5.1 Терміни та поняття, які вживаються у загальнодержавному топографічному і тематичному картографуванні

Нижче наведені терміни, які вживаються при створенні та оновленні державних топографічних і тематичних карт України.

Аналогові карти – карти, що видаються на поліграфічних матеріалах методом офсетного або цифрового друку.

База топографічних даних – це сукупність взаємопов'язаних складноструктурованих геопросторових даних, керування якою здійснюється централізовано.

Базова топографічна карта – топографічна карта, що є основою для географічної прив'язки та визначення координат усіх даних, які надходять до геоінформаційної системи.

Геологічна карта – карта, що відображає геологічний склад земної кори.

Геопросторові дані – набір даних про геопросторовий об'єкт.

Геопросторовий об'єкт – об'єкт реального світу, що характеризується певним місцезнаходженням на Землі і визначений у встановленій системі просторово-часових координат.

Державна тематична карта – цілісний картографічний твір багатоцільового призначення, що уніфікований за математичною та географічною основами, основним змістом якого є подання елементів, що розкривають конкретну тему.

Державна топографічна карта – цілісний картографічний твір багатоцільового призначення, що уніфікований за математичною основою, змістом, оформленням і зображенням геопросторових об'єктів.

Метадани – довідкова інформація про геопросторові дані та сервіси геопросторових даних.

Набори топографічних даних – сукупність цифрових записів про топографічні об'єкти.

Набори цифрових карт – сукупність цифрових картографічних матеріалів.

Оперативна база топографічних даних – сукупність засобів системи керування бази даних, геоінформаційних систем та спеціалізованих програмних засобів і обладнання для ефективного керування процесами формування наборів геопросторових даних у базі топографічних даних, у тому числі здійснення контролю за вхідними даними, координатно-топологічним узгодженням цифрових моделей топографічних об'єктів, формуванням метаданих для зареєстрованих об'єктів місцевості, забезпечення доступу до даних та їх надання для використання у геоінформаційних системах, а також накопичення інформації у сховищі бази топографічних даних.

Ортофотокарта – фотографічне зображення місцевості в ортогональній проекції, створене з урахуванням вимог до топографічної карти відповідного масштабу в умовних знаках.

Підсистема здійснення контролю якості даних – підсистема проведення перевірки або контрольних дій з метою оцінки відповідності контрольованого об'єкта стандартам та нормативно-технічній документації.

Природоохоронні карти – карти, що відображають взаємодію живих організмів і середовища, соціально-економічних та природних екосистем.

Сервіси геопросторових даних – операції, які здійснюються за допомогою комп'ютерних програм з даними, що містяться у наборах геопросторових даних або пов'язаних з ними метаданих.

Спеціальна карта – карта, що за своїм змістом призначена для певних користувачів і вирішення певних завдань.

Спеціальне картографування – комплекс наукових, організаційних та техніко-технологічних заходів, спрямованих на створення та оновлення спеціальних карт.

Сховище бази топографічних даних – сховище, створене та описане згідно з вимогами стандартів до структури баз геопросторових даних в об'єктно-реляційній системі керування бази даних у незалежних від конкретної інструментальної геоінформаційної системи внутрішніх форматах даних.

Тематичне картографування – комплекс наукових, організаційних і техніко-технологічних заходів, спрямованих на створення та оновлення тематичних карт.

Топографічне картографування – комплекс наукових, організаційних і техніко-технологічних заходів, спрямованих на створення та оновлення топографічних карт.

Топографічні дані – дані або набори даних про топографічні об'єкти.

Топографічні об'єкти – предмети, явища або процеси, зображені на топографічній карті.

Топографічний моніторинг – постійне, регламентоване, безперервне топографічне вивчення сучасного стану та змін місцевості, оперативне картографування зафіксованих змін на цифровій топографічній основі та реєстрація виявлених змін у базі даних змін об'єктів місцевості.

5.2 Класифікація державних топографічних карт

Загальнодержавне топографічне картографування здійснюється в масштабах 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:250 000, 1:500 000 і 1:1 000 000. Топографічні карти цих масштабів є державними. Основними державними топографічними картами є топографічні карти масштабів 1:10 000, 1:50 000, 1:100 000 і 1:250 000. Державною базовою топографічною картою є топографічна карта масштабу 1:10 000.

На основі державних топографічних карт створюються тематичні і спеціальні карти.

Топографічні карти за змістом поділяються на карти:

– з *уніфікованим змістом*, що містять інформацію про об'єкти місцевості та їх характеристики, доступну для відкритого опублікування, і призначені для широкого доступу користувачів;

– з *розширеним змістом*, що створені на основі карт з уніфікованим змістом та доповнені інформацією про об'єкти місцевості та їх характеристики і призначені для заінтересованих користувачів;

– з *спрощеним змістом*, що створені на основі карт з уніфікованим змістом, з яких вилучено інформацію відповідно до нормативних документів, що встановлюють вимоги щодо зображення на картах об'єктів місцевості та зазначення їх характеристик.

Топографічні карти з спрощеним змістом є топографічною основою для створення тематичних і кадастрових карт та геоінформаційних систем.

Топографічні карти за способом створення і подання геопросторових даних про природні та штучні об'єкти місцевості, явища та взаємозв'язки між ними поділяються на аналогові, цифрові та електронні.

На аналогових топографічних картах інформація про місцевість подається як графічне зображення у паперовому вигляді в умовних знаках, прийнятих відповідно до встановлених класифікацій топографічних об'єктів, місце яких на карті обумовлено її масштабом, а також роздільно-візуальним сприйняттям.

Цифровими топографічними картами є цифрові картографічні моделі, які відповідають змісту аналогової карти певного типу та масштабу, є базами геопросторових даних та метаданих, створюються за допомогою спеціалізованих програмно-технічних засобів з урахуванням класифікації топографічних об'єктів та явищ шляхом кодування їх розміру, форми, розташування та метаданих (якісних, кількісних та структурних характеристик) у прийнятих системах координат, висот, розграфлення, масштабах, проекціях. Цифрові топографічні карти зберігаються у базах цифрових картографічних даних.

Електронними топографічними картами є цифрові топографічні карти, що візуалізовані або підготовлені до візуалізації в умовних знаках, встановлених для певного масштабу карти, і створені з використанням конкретних електронних чи оптико-електронних пристроїв та відповідних програмних засобів.

Ортофотокarti (фотокarti) створюються з метою оперативного забезпечення окремих територій картографічними матеріалами, а також використання в геоінформаційних системах як геопросторової інформації топографічних карт шляхом трансформування зображень, отриманих за результатами аерозйомки та космічної зйомки з нанесенням мінімальної кількості штрихових елементів, що дає змогу отримувати точну інформацію про відстані, площі, кути, дороги, елементи рельєфу, рослинність тощо.

Масштаби ортофотокарт (фотокарт), їхня система координат, розграфлення та точність зображення відповідають встановленим вимогам до топографічних карт. Вимоги до змісту та графічного оформлення ортофотокарт встановлюються нормативно-технічною документацією у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності.

Періодичність оновлення ортофотокарт (фотокарт) становить не більше п'ять років.

5.3 Загальнодержавна система топографічного картографування

Топографічні дані є основою для координатно-просторової прив'язки тематичних даних, які отримані за результатами проведення інженерно-геодезичних, інженерно-геологічних та інженерно-гідрогеологічних вишукувань, земельно-кадастрових робіт, територіального планування, статистичних досліджень та інших спеціальних робіт і обстежень.

Створення та оновлення топографічних карт здійснюється із застосуванням геоінформаційних технологій, які уніфікують засоби формування і використання баз топографічних і картографічних даних у топографо-геодезичному і картографічному виробництві.

До загальнодержавної системи топографічного картографування входять такі функціональні підсистеми:

- збирання даних;
- ведення оперативної бази топографічних даних;
- ведення сховища бази топографічних даних;
- ведення спеціалізованої геоінформаційної системи адміністрування бази топографічних даних;
- здійснення контролю якості даних;
- ведення автоматизованої геоінформаційної системи картографування.

Підсистема збирання даних включає топографічні матеріали і дані для виготовлення наборів топографічних даних.

Джерелами вхідних топографічних даних є:

- топографо-геодезичні матеріали і дані;
- дані дистанційного зондування Землі;
- аналогові топографічні карти;
- набори цифрових карт;
- довідкові та інші матеріали;
- достовірні, актуальні і точні дані про об'єкти місцевості.

У підсистемі збирання даних отримуються:

- набори цифрових векторних та растрових даних;
- набори даних цифрової моделі рельєфу;
- цифрові ортофотокарти, які після здійснення контролю якості даних та оброблення завантажуються в оперативну базу топографічних даних для подальшої реєстрації і накопичення у сховищі бази топографічних даних та/або бази оперативного використання.

База топографічних даних призначена для формування, накопичення, зберігання цифрових топографічних даних у системі

керування базами даних та геоінформаційних систем для забезпечення якісними цифровими топографічними даними картографічного виробництва і геоінформаційних систем різного призначення.

Спеціалізована геоінформаційна система адміністрування бази топографічних даних призначена для забезпечення оперативного доступу та адміністрування інформаційних ресурсів сховища бази топографічних даних, у тому числі для:

- ведення реєстру наборів топографічних даних;
- актуалізації векторних моделей та атрибутів топографічних об'єктів і цифрових моделей рельєфу;
- створення каталогів цифрових ортофотокарт (фотокарт), цифрових і електронних карт;
- формування та оновлення метаданих для наборів топографічних даних і об'єктів та їх атрибутів;
- здійснення контролю якості даних для обміну даними із зовнішніми системами;
- укладення, візуалізації і друку електронних карт.

Контроль якості даних здійснюється з дотриманням вимог нормативно-технічної документації у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності до якості топографічних даних, зокрема координатно-топологічної узгодженості, точності, повноти та відповідності даних системі класифікації і кодування типів об'єктів та їх атрибутів у базі топографічних даних, а також узгодженості топографічних даних із сучасним станом місцевості.

Здійснення контролю якості даних є обов'язковим для отримання, включення до бази топографічних даних, реєстрації та виключення із зазначеної бази топографічних даних.

Підсистема здійснення контролю якості даних застосовується для проведення комплексної оцінки якості наборів топографічних даних, контролю окремих показників якості даних на відповідних етапах їх отримання, включення до бази топографічних даних, оброблення або обміну даними.

5.4 Зміст державних топографічних карт

На державних топографічних картах з відповідною масштабу карти точністю та генералізацією зображуються:

- елементи математичної основи;
- пункти Державної геодезичної мережі;
- гідрографічна мережа та гідротехнічні споруди;
- населені пункти;
- промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти;
- дороги та дорожні споруди;
- рельєф;
- рослинність та ґрунти;
- кордони та межі;
- магнітне схилення.

Крім того, на картах масштабів 1:500 000 і 1:1 000 000 зображуються ізогони, точки та райони аномалій магнітного схилення (аеронавігаційні дані), морські шляхи, полярні кола і тропіки.

На картах біля об'єктів місцевості відповідно до нормативно-технічної документації у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності наноситься їх найменування, пояснювальні підписи та якісні і кількісні характеристики.

Державний кордон України наноситься за офіційними договірними документами – матеріалами делімітації та демаркації кордонів, а у разі їх відсутності – за великомасштабними топографічними картами з нанесеними кордонами колишніх республік СРСР з обов'язковою перевіркою за Черговою довідковою картою масштабу 1:100 000.

Державні кордони іноземних держав наносяться згідно з відповідними договірними документами або за великомасштабними національними топографічними картами.

Вимоги до змісту державних топографічних карт встановлюються нормативно-технічною документацією у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності.

Під час зображення об'єктів місцевості на державній топографічній карті повинні дотримуватися такі вимоги:

- достовірне і з відповідною масштабу карти точністю та повнотою відображення стану місцевості на рік створення карти;
- наочність і зручність у користуванні;
- оцінювання інформації про місцевість та орієнтування на ній;
- визначення з відповідною масштабу карти точністю прямокутних та географічних координат, абсолютних і відносних висот об'єктів місцевості, їх якісних і кількісних характеристик, проведення інших картометричних робіт тощо;

- зведення за рамками і всіма елементами змісту суміжних аркушів карт одного масштабу;
- наявність просторової схеми-опису внутрішньої конструкції моделі місцевості;
- топологічна узгодженість геометрії елементів місцевості;
- проведення топографічного моніторингу, в тому числі періодичного та пооб'єктового, на основі спеціальних виконавчих зйомок;
- узгодженість топографічних даних з даними державних реєстрів та кадастрів;
- здійснення картометричних та аналітичних операцій геоінформаційного моделювання;
- узгодженість основних елементів змісту аркушів карт суміжних масштабів.

Вимоги до змісту, редагування, оновлення топографічних карт та умовних знаків для них встановлюються нормативно-технічною документацією у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності.

Стандартизація загальнодержавного топографічного картографування здійснюється шляхом гармонізації національних стандартів з міжнародними стандартами серії ISO 19100 «*Географічна інформація/Геоматика*».

Періодичність оновлення державних топографічних карт становить не більш як п'ять років.

5.5 Математична основа державних топографічних карт

Математичною основою топографічних карт є сукупність елементів карти, що визначають математичний зв'язок між картою та земною поверхнею, яка на ній зображена.

До математичних елементів топографічних карт належать:

- система координат;
- картографічна проекція;
- масштаб;
- координатна сітка;
- геодезична основа;
- система розграфлення та елементи компонування.

Державні топографічні карти створюються в Державній геодезичній референційній системі координат УСК-2000 та Балтійській системі висот 1977 року.

Державні топографічні карти створюються в проекції Гаусса-Крюгера в шестиградусних зонах. Осьовими меридіанами шестиградусних зон є меридіани з довготою 21° , 27° , 33° , 39° . Відлік довготи ведеться від Грінвіцького меридіана в градусному вимірі. Довгота осьового меридіана L обчислюється за такою формулою:

$$L = 6^\circ \cdot n - 3^\circ, \quad (5.1)$$

де n – номер зони.

Початком плоских прямокутних координат у кожній зоні є перетин осьового меридіана зони з екватором, значення абсциси приймається за нуль метрів, а значення ординати на осьовому меридіані – 500000 м.

Масштаб карти зберігається на осьовому меридіані кожної зони. У напрямку від осьового меридіана до крайніх меж зони спотворення масштабу зростає, але не перевищує графічної точності карти.

Основою розграфлення державних топографічних карт масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:250000, 1:500000 і 1:1000000 є міжнародне розграфлення аркушів карти масштабу 1:1000000 розміром 4° за широтою та 6° за довготою. Аркуші топографічних карт більших масштабів формуються в межах карти 1:1 000 000 шляхом її ділення на трапеції.

Геодезичною основою державних топографічних карт є пункти Державної геодезичної мережі:

– у плановому положенні – це пункти геодезичної (планової) і нівелірної (висотної) мереж, геодезичних мереж згущення і точки знімальної мережі, плоскі координати яких обчислені в проекції Гаусса-Крюгера у шестиградусних зонах у Державній геодезичній референційній системі координат УСК-2000;

– у висотному положенні – це пункти геодезичної (планової) і нівелірної (висотної) мережі, геодезичних мереж згущення і точки знімальної мережі, висоти яких визначені у Балтійській системі висот 1977 року.

Середні і граничні похибки в плановому положенні зображень об'єктів та чітких контурів місцевості стосовно найближчих пунктів і точок геодезичної основи, середні і граничні похибки висот об'єктів, що підписуються на топографічних картах, та середні і граничні похибки в положенні горизонталей за висотою стосовно найближчих пунктів і точок геодезичної основи встановлюються нормативно-технічною документацією у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності.

5.6 Загальнодержавне тематичне картографування

Загальнодержавне тематичне картографування передбачає створення та використання картографічних творів як моделей геосистем, забезпечення взаємозв'язку їх компонентів, послідовності, динаміки і функціонування.

Основні напрями загальнодержавного тематичного картографування представлені нижче.

Картографування компонентів природи – створення геологічних карт, карт ґрунтів, рослинності, ландшафтних карт тощо.

Картографування суспільства – створення політико-адміністративних, адміністративних, демографічних карт, карт промисловості, сільського господарства, транспорту тощо.

Картографування взаємодії природи та суспільства – створення екологічних, природоохоронних карт тощо.

Одним з основних напрямів загальнодержавного тематичного картографування є регіональне картографування з використанням картографічного методу дослідження проблем окремих регіонів для забезпечення їх соціально-економічного розвитку.

Державні тематичні карти за способом створення та представлення графічної інформації поділяються на аналогові, цифрові та електронні.

Державні тематичні карти створюються державними підприємствами та організаціями, які належать до сфери управління Мінагрополітики, Держгеокадастру, та галузевими науково-дослідними і науково-технічними установами, підприємствами та організаціями на основі топографічних карт відповідних масштабів з урахуванням потреб науки, освіти та культури для забезпечення можливості вирішення конкретних завдань.

Основними масштабами державних тематичних карт є 1:50000, 1:100000, 1:250000 і 1:500000.

Державні тематичні карти створюються у розграфленні державних топографічних карт відповідних масштабів.

Зміст державних тематичних карт повинен відповідати масштабу і призначенню карти.

Загальногеографічна складова частина державних тематичних карт забезпечує високу точність просторової прив'язки географічних об'єктів та їх меж.

Державні тематичні карти є наочними і зручними у користуванні.

Видання державних тематичних карт здійснюється відповідно до державних науково-технічних програм для конкретних видів карт.

Державні тематичні карти створюються за матеріалами заінтересованих центральних органів виконавчої влади, установ та організацій з питань, що належать до їх компетенції. На всіх етапах створення тематичних карт здійснюється їх наукове та картографічне редагування.

Під час створення державних тематичних карт використовуються результати польових досліджень, спеціальних зйомок і спостережень, космічних зйомок та дистанційного зондування Землі, статистичні матеріали, що повинні мати однорідні показники, класифікації об'єктів тощо.

Для створення державних тематичних карт застосовуються геоінформаційні технології, дані дистанційного зондування Землі та навігаційних супутникових систем тощо.

Створення державних тематичних карт здійснюється згідно з нормативно-технічними документами, затвердженими Міноборони, Мінприроди, Мінінфраструктури, Мінагрополітики, Мінрегіоном та Національною академією наук відповідно до їх компетенції.

Періодичність перевидання державних тематичних карт встановлюється заінтересованими центральними органами виконавчої влади, які їх створюють.

5.7 Спеціальне загальнодержавне картографування

Спеціальне загальнодержавне картографування є окремим видом загальнодержавного тематичного картографування.

Державні спеціальні карти створюються державними підприємствами і організаціями та галузевими науково-дослідними і науково-технічними установами, підприємствами і організаціями.

Державними спеціальними картами є:

- навігаційні карти (авіаційні, космічні, морські, річкові тощо);
- кадастрові карти (земельного, водного, лісового, містобудівного кадастру тощо);
- технічні карти (підземних комунікацій, інженерно-будівельні тощо);
- проектні карти (у складі проектної документації).

Державні спеціальні карти створюються відповідно до нормативно-технічних документів, затверджених Міноборони, Мінприроди, Мінінфраструктури, Мінагрополітики, Мінрегіоном та Національною академією наук відповідно до їх компетенції.

Морські навігаційні карти створюються та видаються відповідно до стандартів Міжнародної гідрографічної організації, а авіаційні навігаційні карти – відповідно до стандартів Міжнародної організації цивільної авіації.

Зміст державних спеціальних карт повинен відповідати їх призначенню.

Державні спеціальні карти за способом створення та подання графічної інформації поділяються на аналогові, цифрові та електронні.

Питання для самоперевірки до теми № 5

1. Який нормативний документ пояснює механізм створення та оновлення загальнодержавних топографічних і тематичних карт України?
2. Що таке державна тематична та державна топографічна карта?
3. Яким чином здійснюється класифікація державних топографічних карт?
4. З яких функціональних підсистем складається загальнодержавна система топографічного картографування?
5. Які є напрями загальнодержавного тематичного картографування та які карти належать до державних спеціальних карт?

6 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ СТВОРЕННЯ, ОНОВЛЕННЯ, РЕДАГУВАННЯ ТА УЗГОДЖЕННЯ ДЕРЖАВНИХ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ В УКРАЇНІ

В Україні створення, оновлення, редагування та узгодження державних топографічних карт здійснюється згідно з «*Основними положеннями створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000*», які затверджені наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру України № 156 від 31.12.1999 р., а також погоджені з Воєнно-топографічним управлінням Генерального штабу Збройних сил України. Зазначене вище положення є обов'язковими для всіх підприємств, організацій та установ, які виконують топографо-геодезичні та картографічні роботи, незалежно від форм власності та їхньої відомчої залежності.

6.1 Загальні вимоги до геодезичної основи, точності та змісту загальнодержавних топографічних карт всіх масштабів

Топографічні карти призначені для забезпечення потреб органів державної влади, господарства, оборони, науки, освіти і громадян країни, а також є основою для створення геоінформаційних систем, спеціальних, тематичних та інших карт і планів.

Топографічні карти створюються в графічній, цифровій та електронній формах у єдиній системі координат і висот за уніфікованими та погодженими між собою умовними знаками та класифікаторами.

Основним масштабним рядом топографічних карт є: 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000.

Незалежно від призначення, форми та масштабу *топографічні карти повинні задовольняти такі основні вимоги:*

- достовірно і з відповідною до масштабу точністю й повнотою відображати стан місцевості на рік створення карти в діючих умовних знаках;
- забезпечувати визначення з відповідною до масштабу точністю прямокутних та географічних координат, абсолютних і відносних висот об'єктів місцевості, їх кількісних та якісних характеристик, а також давати можливість проводити інші картометричні роботи;
- бути зведеними по рамках за всіма елементами змісту між суміжними аркушами карт одного масштабу;

– бути узгодженими за основними елементами змісту між аркушами карт суміжних масштабів;

– бути наочними і зручними в користуванні, давати можливість сприйняття та оцінки інформації про місцевість та орієнтування на ній.

Топографічні карти в графічній формі створюються методами топографічних зйомок аналоговими або цифровими технологіями – первинні карти та методом складання – похідні карти.

Основним методом зйомки є аерофототопографічна зйомка. Інші методи зйомок (мензульна, тахеометрична тощо) застосовуються у виняткових випадках у разі відсутності матеріалів аерофотозйомки, а також під час зйомки невеликих ділянок.

Аерофототопографічна зйомка виконується наступними методами:

1) *стереофототопографічним методом* – у відкритих районах, де з відповідною точністю забезпечується фотограмметричне визначення планово-висотного положення точок земної поверхні;

2) *комбінованим методом* – у пласкорівнинних та заліснених районах, де фотограмметричне визначення планово-висотного положення точок земної поверхні не забезпечує відповідної точності тому, що форми рельєфу на аерофотознімках стереоскопічно не читаються.

Вибір методу топографічної зйомки визначається фізико-географічними умовами району робіт, обсягами і термінами їх виконання та економічною доцільністю. Кожен метод зйомки може застосовуватися окремо або в комбінації з іншими методами, визначених технічним проектом.

Створення похідних топографічних карт методом складання виконується з використанням оригіналів топографічних карт і планів більшого масштабу чи інших картографічних матеріалів за аналоговими або цифровими технологіями.

Оновлення топографічних карт здійснюється з метою приведення їх змісту у відповідність до сучасного стану місцевості та вимог діючих нормативно-технічних документів. Топографічні карти оновлюються за матеріалами нових аерокосмічних зйомок або за сучасними картографічними матеріалами. Періодичність оновлення топографічних карт залежить від фізико-географічного районування території, техногенного навантаження та кількості змін на місцевості і становить:

- для промислово розвинутих густонаселених територій – 5-7 років;
- для сільськогосподарських середньонаселених територій – 8-10 років;
- для гірських, лісових і степових малонаселених територій – 10-15 років.

Підготовка до видання та видання (друк) топографічних карт включає комплекс технологічних процесів, які дозволяють поліграфічними чи іншими технічними засобами відтворити необхідну кількість примірників карт. Методи створення, оновлення, підготовки до видання та видання топографічних карт регламентуються відповідними нормативно-технічними документами по кожному виду робіт.

Топографічні карти в цифровій та електронній формах створюються за наявними топографічними картами або за первинними матеріалами топографічних зйомок.

Незалежно від методу створення та оновлення, *цифрові топографічні карти повинні відповідати таким основним вимогам:*

- забезпечувати можливість автоматизованого визначення даних про місце розташування об'єктів та їхніх характеристик;
- включати цифрове значення кількісних та якісних характеристик і кодів об'єктів у прийнятій системі класифікації і кодуванні картографічної інформації;
- мати таку структуру подання інформації, яка б забезпечувала можливість внесення змін і доповнень, можливість її конвертації у топологічні або нетопологічні формати геоінформаційних систем та виділення незалежних моделей визначених елементів змісту карт (гідрографії, населених пунктів, доріг і придорожніх споруд, рельєфу, рослинного покриву та ґрунтів).

Зміст і точність цифрових топографічних карт має відповідати змісту й точності топографічних карт відповідного масштабу. Створення та оновлення топографічних карт у цифровій та електронній формах регламентується окремими нормативно-технічними документами.

Для створення та оновлення топографічних карт використовуються такі основні матеріали (вихідні дані):

- каталоги (списки) координат і висот пунктів геодезичної та зйомочної мереж;
- матеріали найбільш сучасних аерокосмічних зйомок;
- сучасні картографічні матеріали на райони зйомочних робіт (видавничі оригінали, тиражні відбитки тощо);
- формуляри карт, матеріали планово-висотної прив'язки аерознімків та матеріали фотограмметричних робіт, за якими створювалась карта, що оновлюється;
- спеціальні, тематичні та інші картографічні матеріали;
- офіційні статистичні, довідкові, енциклопедичні та інші джерела.

Порядок збору, систематизації та використання перелічених вихідних матеріалів регламентується відповідними нормативно-технічними документами.

Незалежно від методу створення чи оновлення топографічних карт на кожен номенклатурний об'єкт (масив – при створенні цифрових карт) ведеться формуляр встановленого зразка, де відображується технологічна послідовність створення чи оновлення карти.

Дотримання основних вимог до змісту, оформлення та якості топографічних карт під час їх створення та оновлення забезпечується єдиною системою редакційних робіт, які проводяться на всіх етапах створення чи оновлення карт.

На всіх технологічних етапах створення та оновлення топографічних карт здійснюється їх контроль і приймання. Порядок контролю і приймання робіт регламентується відповідними нормативно-технічними документами.

6.2 Математична основа топографічних карт

Математичною основою топографічних карт є сукупність математичних елементів що визначають математичний зв'язок між картою та поверхнею землі, яка на ній зображена.

До математичних елементів державних топографічних карт належать:

- картографічна проекція;
- масштаб;
- координатні сітки;
- система розграфки та елементи компоновки.

Топографічні карти всіх масштабів створюються в рівнокутній поперечно-циліндричній *картографічній проекції* Гаусса, яка обчислюється за параметрами еліпсоїда Красовського в шестиградусних зонах. Рахунок довгот ведеться від Гринвіцького меридіана в градусній мірі. Довготи осьових меридіанів L обчислюються за формулою:

$$L = 6^\circ \cdot n - 3^\circ, \quad (6.1)$$

де n – номер зони.

Початком плоских прямокутних координат проекції є перетин осьового меридіана зони та екватора. Додатний напрямок осі X спрямований на північ, додатний напрямок осі Y – на схід.

Значення ординати осьового меридіана кожної зони приймається рівним 500000 м.

Масштаб карти зберігається на осьовому меридіані кожної зони. В напрямку від осьового меридіана до крайніх меж зони спотворення масштабу зростає, але не перевищує графічної точності карти.

Аркуші топографічних карт мають форму трапеції, сторонами яких є меридіани та паралелі з розмірами сторін у градусній мірі (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Розміри сторін (у градусній мірі) трапецій аркушів державних топографічних карт різних масштабів

Масштаб карти	Розміри сторін (у градусній мірі) трапецій аркушів державних топографічних карт	
	по широті	по довготі
1:10 000	2,5'	3,75'
1:25 000	5'	7,5'
1:50 000	10'	15'
1:100 000	20'	30'
1:200 000	40'	1°
1:500 000	2°	3°
1:1 000 000	4°	6°

На території, що розташовані від екватора до паралелі 60° північної та південної широт, топографічні карти видаються одинарними аркушами.

На території, що обмежені паралелями 60° і 76° північної та південної широт, аркуші карт видаються здвоєними по довготі, а в межах 76-84° – зчетвереними, за винятком карт масштабу 1:200 000, аркуші яких видаються строєними по довготі.

Компоновка здвоєних та зчетверених аркушів карт масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 та 1:500 000 проводиться в межах одинарного та відповідно здвоєного аркушів карти дрібнішого масштабу. Компоновка строєних аркушів карти масштабу 1:200 000 проводиться в межах аркуша карти масштабу 1:500 000.

На топографічних картах показуються картографічна та прямокутна (кілометрова) *координатні сітки*.

Основою *системи розграфки* та номенклатур аркушів топографічних карт масштабів 1:10 000-1:500 000 є міжнародна розграфка та номенклатури аркушів карти масштабу 1:1 000 000. Аркуші цієї карти по паралелях створюють пояси, кожен по 4° широти, а по меридіанах – колони, кожна по 6° довготи. Пояси позначаються великими літерами латинського алфавіту (від А до V), починаючи від екватора на північ та на південь, а колони – арабськими цифрами (від 1 до 60) від меридіана 180° з заходу на схід.

Аркуш карти масштабу 1:1 000 000 містить: 4 аркуші карти масштабу 1:500000, які позначаються великими літерами А, Б, В, Г; 36 аркушів карти масштабу 1:200000, які позначаються римськими цифрами від I до XXXVI; 144 аркуші карти масштабу 1:100 000, які позначаються арабськими цифрами від 1 до 144.

Аркуш карти масштабу 1:100 000 містить 4 аркуші карти масштабу 1:50000, які позначаються великими літерами – А, Б, В, Г.

Аркуш карти масштабу 1:50 000 містить 4 аркуші карти масштабу 1:25000, які позначаються малими літерами – а, б, в, г.

Аркуш карти масштабу 1:25 000 містить 4 аркуші карти масштабу 1:10 000, які позначаються арабськими цифрами – 1, 2, 3, 4.

У межах аркуша карти масштабу 1:1 000 000 розміщення цифр та літер при позначенні аркушів карт масштабу 1:10 000-1:500 000 проводиться зліва направо по рядках та в напрямку до Південного полюса. Початковий ряд прилягає до північної рамки аркуша.

Номенклатура аркуша карти масштабу 1:1 000 000 складається з літери, яка позначає пояс і номер колони (наприклад, М-36).

Номенклатури аркушів карт масштабів 1:500 000, 1:200 000 та 1:100 000 складаються з номенклатури аркуша карти масштабу 1:1 000 000 з наступним додаванням позначень аркушів карт відповідних масштабів. Номенклатури аркушів карт масштабів 1:50 000, 1:25 000 та 1:10 000 складаються з номенклатури аркуша карти масштабу 1:100 000 з наступним додаванням позначень аркушів карт відповідних масштабів.

Номенклатури здвоєних, строєних або зчетверєних аркушів карт містять позначення всіх окремих аркушів. Нижче (табл. 6.2) наведений приклад номенклатури таких аркушів топографічних карт для Північної півкулі.

Таблиця 6.2 – Приклади номенклатури здвоєних та зчетверєних аркушів топографічних карт для Північної півкулі

Масштаб карти	Номенклатури аркушів карти		
	Одинарного	Здвоєного	Зчетверєного
1:1 000 000	М-36	Р-47, 48	Т-45, 46, 47, 48
1:500 000	М-36-Б	Р-47-А, Б	Т-45-А, Б, 46-А, Б
1:200 000	М-36-IV	Р-47-I, II	Т-47-I, II, III
1:100 000	М-36-12	Р-47-9, 10	Т-47-133, 134, 135, 136
1:50 000	М-36-12-А	Р-47-9-А, Б	Т-47-133-А, Б, 134-А, Б
1:25 000	М-36-12-А-а	Р-47-9-А-а, б	Т-47-12-А-а, б, Б-а, б
1:10 000	М-36-12-А-а-1	Р-47-9-А-а-1, 2	Т-47-12-А-а-1, 2, б-1, 2

На аркушах топографічних карт Південної півкулі праворуч від номенклатури розташовується підпис (ПП), наприклад, N-37 (ПП).

На аркушах Західної півкулі за внутрішньою рамкою до оцифровки меридіана в північнозахідному куті розташовується підпис: «*на захід від Гринвіча*».

На аркушах топографічних карт усього масштабного ряду поряд з номенклатурами розташовуються їхні кодові цифрові позначення (шифри), необхідні для автоматизованого обліку карт. Кодові цифрові позначення встановлюються згідно з вимогами спеціальних нормативно-технічних документів.

6.3 Геодезична основа і точність топографічних карт

Геодезичною основою топографічних карт усіх масштабів є:

– у *плановому відношенні* – пункти державної геодезичної мережі, геодезичних мереж згущення і точки планової зйомочної мережі, плоскі прямокутні координати яких обчислені на площині в конформній проекції Гаусса-Крюгера в шестиградусних зонах у державній системі координат;

– у *висотному відношенні* – пункти та репери висотної геодезичної мережі, пункти державної геодезичної мережі та геодезичних мереж згущення, а також точки висотної зйомочної мережі, висоти яких приведені до прийнятого вихідного рівня у Балтійській системі висот.

На кожній зйомочній трапеції (аркуші карти) масштабу 1:10000 повинно бути не менше одного пункту планово-висотної геодезичної основи, включаючи пункти державної геодезичної мережі, геодезичних мереж згущення і точки зйомочних мереж, закріплених на місцевості центрами.

На території України на кожній зйомочній трапеції (аркуші карти) масштабу 1:25000 повинно бути не менше трьох, а для карт масштабів 1:50000-1:100000 – не менше чотирьох пунктів планово-висотної геодезичної основи, включаючи пункти державної геодезичної мережі, геодезичних мереж згущення і точки зйомочних мереж, закріплених на місцевості центрами.

Точки планової зйомочної мережі визначаються в плані відносно найближчих пунктів державної геодезичної мережі з середньою похибкою, що не перевищує 0,1 мм у масштабі карти.

Точки висотної зйомочної мережі визначаються відносно пунктів висотної геодезичної мережі з середніми похибками, які не повинні перевищувати величин (у метрах), наведених у табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Середні похибки визначення висот точок (у метрах) висотної зйомочної мережі в залежності від району робіт і масштабу карти

Райони робіт	Масштаби карт			
	1:10 000	1:25 000	1:50 000	1:100 000
	Середні похибки визначення висот точок, м			
Плоскорівнинні із схилами місцевості до 2°	±0,1	±0,25	±0,8	±1,5
Те саме в залісених районах	±0,2	±0,5	±0,8	±1,5
Рівнинні, пересічені та горбисті райони з переважаючими схилами місцевості до 6°, а також райони піщаних пустель	±0,25	±0,5	±0,8	±1,5
Те саме у відкритих районах із схилами місцевості до 4°	±0,25	±0,25	±0,8	±1,5
Низькогірні та середньогірні райони	±0,5	±0,5	±1,2	±2,5
Високогірні райони	–	±1,0	±2,6	±5,0

Примітка: наведені в таблиці різновидності гірського рельєфу характеризуються такими морфометричними показниками:

- *низькогір'я* – абсолютні висоти 500-1000 м, відносні висоти 200-500 м і переважаючі схили 5-15°;
- *середньогір'я* – абсолютні висоти 1000-2000 м, відносні висоти 500-1000 м і переважаючі схили 10-25°;
- *високогір'я* – абсолютні висоти понад 2000 м, відносні висоти понад 1000 м і переважаючі схили 20-45°.

Похибки в плановому положенні масштабних умовних знаків, пунктів і точок геодезичної основи, а також кутів рамок трапецій, перетинів ліній прямокутної і картографічної сіток на оригіналах аркушів карт усіх масштабів не повинні перевищувати 0,2 мм. Довжини сторін рамок оригіналів карт не повинні відрізнятися від теоретичних більше ніж на ±0,2 мм, діагоналей – більше ніж на ±0,3 мм.

На первинних топографічних картах масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000 і 1:100 000 середні помилки в плановому положенні зображень об'єктів та чітких контурів місцевості відносно найближчих пунктів і точок геодезичної основи не повинні перевищувати 0,5 мм, а на картах низькогірних, середньогірних та високогірних районів – 0,75 мм.

Середні помилки в плановому положенні зображень контурів рослинного покриву і ґрунтів, за винятком чітких вигинів, що є характерними точками, не повинні перевищувати 1 мм.

На похідних топографічних картах масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000 і 1:1 000 000 середні похибки в плановому положенні зображень об'єктів та контурів місцевості відносно їх зображення на картографічних матеріалах, за якими склалися карти, не повинні перевищувати 0,2 мм, якщо необхідність показу на карті близько розташованих об'єктів не вимагає їхнього більшого зміщення.

Середні похибки висот, що підписуються на первинних топографічних картах масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, відносно найближчих пунктів і точок геодезичної основи не повинні перевищувати величин (у метрах), наведених у табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Середні похибки визначення висот точок (у метрах) на первинних топографічних картах в залежності від району робіт і масштабу карти

Райони робіт	Масштаби карт			
	1:10 000	1:25 000	1:50 000	1:100 000
	Середні похибки висот, м			
Плоскорівнинні райони із схилами місцевості до 2°	±0,2	±0,6	±2,5	±5,0
Те саме у залісених районах	±0,4	±0,9	±5,0	±10,0
Рівнинні, пересічені та горбисті райони з переважаючими схилами місцевості до 6°, а також райони піщаних пустель	±0,6	±1,6	±3,0	±7,0
Те саме при схилах місцевості до 4°	±0,6	±0,6	±3,0	±7,0
Те саме у залісених районах	±0,9	±2,4	±6,0	±14,0
Низькогірні та середньогірні райони	±2,5	±2,5	±5,0	±10,0
Те саме у залісених районах	±3,7	±3,7	±10,0	±20,0
Високогірні райони	–	±5,0	±10,0	±20,0

Позначки висот, що підписуються на похідних картах, наносяться з первинних карт, за якими проводиться картоскладання.

На первинних топографічних картах масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 середні похибки в положенні горизонталей по висоті відносно найближчих пунктів і точок геодезичної основи не повинні перевищувати величин (у метрах), наведених у табл. 6.5.

Таблиця 6.5 – Середні похибки в положенні горизонталей по висоті (у метрах) відносно найближчих пунктів і точок геодезичної основи на первинних топографічних картах в залежності від району робіт і масштабу карти

Райони робіт	Масштаб карти			
	1:10 000	1:25 000	1:50 000	1:100 000
	Середні похибки в положенні горизонталей по висоті, м			
Плоскорівнинні райони із схилами місцевості до 2°	±0,3	±0,8	±3,0	±6,0
Те саме у залісених районах	±0,5	±1,2	±6,0	±12,0
Рівнинні, пересічені та горбисті райони з переважаючими схилами місцевості до 6°, а також райони піщаних пустель	±0,8	±2,0	±4,0	±9,0
Те саме у відкритих районах із схилами місцевості до 4°	±0,8	±0,8	±4,0	±9,0
Те саме у залісених районах	±1,2	±3,0	±8,0	±18,0

На топографічних картах горизонталі повинні правильно відображати форми рельєфу і узгоджуватися з підписаними на карті позначками висот. Горизонталі на похідних картах проводяться відповідно до їх положення на основних картографічних матеріалах. Разом з тим, для кращого відображення форм рельєфу допускається їх зміщення:

– на картах масштабів 1:25 000-1:200 000 у рівнинних та піщаних пустельних районах – до одної чверті, а в гірських – до половини основної висоти перерізу рельєфу;

– на картах масштабів 1:500 000 і 1:1 000 000 у рівнинних та піщаних пустельних районах – до половини основної висоти перерізу рельєфу, а в гірських районах – до висоти перерізу рельєфу.

При цьому положення основних структурних ліній і характерних точок рельєфу (вододілів, тальвегів, сідловин, схилів, вершин, брівок тощо) повинні відповідати їхньому положенню на картографічних матеріалах.

Похибки, які в два рази перевищують величини, які наведені вище в таблицях і тексті цього пункту, вважаються граничними. Їх кількість не повинна бути більшою, ніж 10 %.

6.4 Зміст топографічних карт

На топографічних картах, з відповідною масштабу карти точністю та генералізацією зображуються:

- математичні елементи;
- пункти геодезичної основи;
- гідрографія та гідротехнічні споруди;
- населені пункти;
- промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти;
- дороги та дорожні споруди;
- рельєф;
- рослинний покрив та ґрунти;
- кордони та межі;
- відомості про схилення магнітної стрілки.

Крім того, на карти масштабів 1:500 000 та 1:1 000 000 наносять ізогони, точки і райони аномалій магнітного схилення (аеронавігаційні дані), морські шляхи, полярні кола і тропіки.

На карті масштабу 1:200 000 окремим кольором виділяються характеристики найважливіших об'єктів і розміщується довідка про місцевість, відпрацьована за відповідною програмою.

Зображення на картах об'єктів місцевості у необхідних випадках супроводжуються підписами їхніх власних назв, пояснювальними підписами та підписами якісних і кількісних характеристик.

6.4.1 Математичні елементи карт

До математичних елементів, які зображуються на топографічних картах, належать: рамка аркуша, картографічна та прямокутна (кілометрова) сітки або виходи їхніх ліній по рамках.

Картографічна сітка на топографічних картах масштабів 1:10 000-1:200 000 зображується лініями паралелей та меридіанів, які є сторонами внутрішньої рамки карти та виходами по рамках ліній меридіанів і паралелей, кратних одній хвилині. На карті масштабу 1:200 000, крім того, за внутрішньою рамкою даються виходи ліній паралелей по широті через 10' і меридіанів по довготі через 15' з відповідною оцифровкою. Хвилинні відрізки по рамках карт масштабів 1:10 000-1:100 000 діляться на 10-секундні відрізки, а на здвоєних та зчетверених аркушах карт хвилинні відрізки по довготі діляться відповідно на 20- і 30-секундні відрізки.

Картографічна сітка на топографічних картах масштабів 1:500 000 та 1:1 000 000 проводиться всередині аркушів з частотою відповідно 30' та 1° по довготі і 20' та 1° по широті. На зчетверених аркушах карти масштабу 1:500 000 та аркушах карти масштабу 1:1 000 000, розташованих на північ (у Південній півкулі – на південь) від паралелі 64°, лінії картографічної сітки по довготі проводяться з частотою відповідно 1 і 2°. Лінії паралелей і меридіанів, що є внутрішніми рамками карти, діляться на 5-хвилинні відрізки, а на аркушах карти масштабу 1:1 000 000, розташованих на північ (у Південній півкулі – на південь) від паралелі 64°, лінії паралелей діляться на 10-хвилинні відрізки.

Оцифровка картографічної сітки на топографічних картах усього масштабного ряду наноситься біля її виходів по рамках карти. Крім того, на аркушах карт масштабів 1:50 000-1:200 000 наноситься перетин середніх паралелі та меридіана і вказується їхня оцифровка в градусах і хвилинах, а на аркушах карт масштабів 1:500 000 та 1:1 000 000 картографічна сітка оцифровується всередині карти.

Прямокутна (кілометрова) сітка наноситься і оцифровується на топографічних картах масштабів 1:10 000-1:200 000. Лінії сітки проводяться на картах масштабів 1:10 000 і 1:25 000 відповідно через 10 і 4 см, а на картах масштабів 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000 – через 2 см. Оцифровка перетинів ліній прямокутної сітки всередині аркуша карти дається в дев'яти найбільш вільних та рівномірно розміщених місцях, крім карт масштабу 1:10000, де вона не дається, та карти масштабу 1:25000, на яких оцифровка дається у 4-х місцях, у найближчому до північно-західного кута перетину – повністю, у решті випадків – двома останніми цифрами.

На картах масштабів 1:500 000 та 1:1 000 000 по їхніх рамках даються і оцифровується виходи ліній прямокутної сітки через 2 см.

На рамках аркушів карт масштабів 1:25 000-1:200 000 наносяться і оцифровуються виходи ліній прямокутної сітки суміжних західної або східної зон, якщо карти розташовані від граничних меридіанів шестиградусних зон на захід і на схід у межах:

- 1° – на аркушах карт між широтами 0-28°;
- 2° – на аркушах карт між широтами 28-76°;
- 3° – на аркушах карт між широтами 76-84°.

На картах масштабу 1:10 000 виходи прямокутної сітки суміжних зон даються лише на аркушах карт, що межують з граничним меридіаном.

6.4.2 Геодезичні пункти

На топографічні карти масштабів 1:10 000-1:100 000 наносять пункти державної геодезичної мережі, геодезичних мереж згущення, точки зйомочної мережі, закріплені на місцевості центрами, а також репери та марки державної висотної мережі (за винятком стінних та тимчасових).

На топографічні карти масштабів 1:200 000-1:500 000 наносять лише пункти державної геодезичної мережі 1, 2, 3 і 4 класів, при цьому на карти масштабу 1:500 000 – лише при картографуванні малообжитих районів.

На топографічні карти усіх масштабів наносять не більше 10 геодезичних пунктів на 1 дм² карти. При цьому в першу чергу наносяться геодезичні пункти вищих класів, а також пункти, які зображені на картах дрібніших масштабів. Репери та марки, що розташовані вздовж нівелірного ходу частіше ніж через 3-4 см (у масштабі карти), наносять вибірково.

Умовні знаки пунктів державної геодезичної мережі, геодезичних мереж згущення та точок зйомочної мережі супроводжуються підписами позначок висот верхніх центрів, а умовні знаки нівелірних реперів та марок – підписом позначки висоти головки репера або центра марки. На картах масштабів 1:500 000 (на обжиті райони) та 1:1 000 000 геодезичні пункти, пункти нівелювання і точки зйомочної мережі зображуються умовними знаками позначок висот, якщо вони необхідні для характеристики рельєфу.

Значення висот геодезичних пунктів, точок зйомочної мережі та пунктів нівелювання підписуються на картах масштабів 1:10 000-1:100 000 з точністю до 0,1 м, а на картах масштабів 1:200 000-1:1 000 000 – до 1 м, при цьому десяті частки метра не враховуються.

6.4.3 Гідрографія та гідротехнічні споруди

На топографічних картах зображуються:

- берегова лінія та акваторія морів, озер, водосховищ та інших водойм, припливно-відпливні смуги, берегові обмілини та мілини й острови;
- річки, канали, струмки та канали;
- природні та штучні джерела (в тому числі мінеральні й гарячі), колодязі, споруди для збирання та зберігання води;

– шлюзи, греблі, гідровузли, поромні переправи, перевози, броди, набережні, дамби та берегові вали, водопроводи, дюкери на лініях водоводів, акведуки;

– водосховища на стадії будівництва, площі розливів річок і ділянок, які затоплюються в період дощів та повеней;

– морські та річкові порти, пристані, якірні стоянки, морські пороми і канали, моли та причали, морські та річкові навігаційні знаки, об'єкти, що характеризують акваторію і прибережну смугу морів та найбільших озер (скелі, камені, рифи, небезпечні береги, банки, хвилеломи і буни, знаки, що вказують напрямок морських течій);

– рельєф дна морів, великих озер, водосховищ, судноплавних річок;

– інші об'єкти гідрографії та гідротехнічні споруди, що знаходяться на території, яка картографується.

При зображенні елементів гідрографії та гідротехнічних споруд необхідно із врахуванням генералізації, що визначається масштабом карти та особливостями території картографування, достовірно та наочно відображувати:

– берегову лінію морів, озер, водосховищ, типи берегів, форми озер та островів, а також характерні особливості узбережжя та прибережжя;

– системи водотоків та водойм, відносну густоту річкової мережі, зрошувальних та осушувальних систем, щільність розташування озер та островів, ступінь та характер звивистості річок;

– водні рубежі та їхні характеристики (в кожній річковій системі – головну річку, притоки різного значення і витoki великих річок), характер гирла річок, берегів і річкових заплавл (притоки, рукави, стариці), їхня прохідність (заболоченість, характер ґрунту, рослинність);

– судноплавність річок та каналів з чітким позначенням єдиних судноплавних систем;

– колодязі та джерела (особливо з прісною водою) в засушливих та пустельних районах, а також характеристики до них, як до джерел водопостачання (крім карт масштабу 1:1 000 000);

– гідротехнічні споруди та переправи (греблі, дамби, шлюзи, поромні переправи, перевози і т. ін.), а на картах масштабів 1:10 000-1:200 000 ще й характеристики до них.

Зображена на картах *берегова лінія моря* повинна відповідати лінії урізу води при найбільш високому її рівні під час припливу, а в разі відсутності припливу – при найбільш високому її рівні під час прибою.

Берегова лінія озер та ставків, а також річок, що зображується із збереженням їхньої дійсної ширини в масштабі карти, повинна відповідати лінії рівня води в меженний період (тобто рівень води в сезон найбільш низького її стояння), а берегова лінія великих водосховищ – лінії нормального підпірного рівня.

Річки та струмки (постійні та пересихаючі), канали та канами в залежності від ширини водотоку в масштабі карти зображуються однією або двома лініями.

Річки та струмки наносять:

– на картах масштабів 1:10 000-1:25 000 – всі, незалежно від їх довжини;

– на картах масштабів 1:50 000-1:200 000 – як правило, довжиною в масштабі карти 1 см та більше;

– на картах масштабів 1:500 000-1:1 000 000 – як правило, довжиною 1,5 см та більше в масштабі карти.

Озера та інші природні й штучні водойми наносяться на картах масштабів 1:10 000-1:100 000 площею в масштабі карти 1 мм² і більше, а масштабів 1:200 000-1:1 000 000 – площею в масштабі карти 2 мм² і більше. Водойми менших розмірів показують у випадках, коли вони характеризують особливості території, що картографується, є орієнтирами або мають інше важливе значення.

Острови на морях, озерах, водосховищах та річках показують на картах масштабів 1:10 000-1:100 000, як правило, всі, а масштабів 1:200 000-1:1 000 000 – площею в масштабі карти 0,5 мм² і більше. В залежності від характеру території, що картографується, на карти масштабів 1:200 000-1:1 000 000 можуть бути нанесені острови меншого розміру. Острови, що розташовані окремо, віддалік від берегів, показують, як правило всі, незалежно від їхньої величини.

Позначки рівнів (урізів) води річок, каналів, озер, водосховищ, ставків та інших водойм підписуються на картах масштабів 1:10 000-1:100 000 з точністю до 0,1 м. Урізи води на картах масштабів 1:200 000-1:1 000 000 підписуються з точністю до цілого метра.

Підписи урізів води при зображенні річок розміщуються через 10-15 см, як правило, біля злиття річок, у гирлах, поблизу великих населених пунктів та в інших характерних місцях. Позначки урізів води озер, водосховищ, ставків та інших водойм підписуються, якщо площа цих об'єктів складає в масштабі карти 1 см і більше.

Позначки урізів води відкритих морів та океанів на картах не підписуються.

Значення урізів води Чорного та Азовського морів становить 0,3 м.

Рельєф дна морів, великих озер, водосховищ, судноплавних річок (останні лише на картах масштабів 1:10 000-1:100 000 при їх ширині в масштабі карти 1,5 см і більше) зображується ізобатами з позначеннями глибин.

Ізобати проводять:

- на картах масштабів 1:10 000-1:100 000 за шкалою: 2, 5, 10, 20, 50 і 100 м;
- на карті масштабу 1:200 000 за шкалою: 2, 5, 10, 20, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 700, 1000 і далі через 1000 м;
- на карті масштабу 1:500 000 за шкалою: 10, 20, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 700, 1000 і далі через 1000 м;
- на карті масштабу 1:1 000 000 за шкалою: 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 700, 1000 і далі через 1000 м.

Позначки глибин даються в такій кількості на 1 дм² площі карти:

- на картах масштабів 1:10 000-1:100 000: 5-15 позначок (при глибині до 5 м позначки глибин підписуються з тією точністю, з якою вони підписані на морських картах, а при більших глибинах з точністю до цілого метра);
- на картах масштабу 1:200 000 при глибинах до 20 м – 10-15 позначок, глибше 20 м – 5-10 позначок;
- на карті масштабу 1:500 000: у прибережній смузі – 10-15, на решті площі акваторії – 5-8 позначок;
- на карті масштабу 1:1 000 000: у прибережній смузі – 5-10, на решті площі акваторії – 2-5 позначок;

На картах масштабів 1:200 000-1:1 000 000 всі позначки підписуються з точністю до цілого метра.

На зображенні акваторії озер та водосховищ позначки глибин підписуються при їх площі 10 см² і більше, а рельєф дна зображується ізобатами при площі 20 см² і більше.

При наявності матеріалів топографічної зйомки дна морів, озер, водосховищ та великих річок на картах масштабів 1:10 000-1:100 000 рельєф дна зображується горизонталями і позначками висот, приведеними до прийнятого вихідного рівня. При цьому переріз рельєфу на аркушах карт шельфу встановлюється в технічному проекті або в технічних умовах замовника.

6.4.4 Населені пункти

Населені пункти зображують на топографічних картах з поділом їх за типами, за кількістю жителів та за політико-адміністративним значенням.

На топографічних картах відображуються такі типи населених пунктів:

- міста;
- селища та прирівняні до них поселення;
- села та прирівняні до них поселення, в тому числі й ті, які офіційно не віднесені до селищ, а також окремі двори.

За кількістю жителів населені пункти зображуються на картах з поділом на:

1) міста з кількістю жителів:

- 1000000 і більше;
- від 500000 до 1000000;
- від 100000 до 500000;
- від 50000 до 100000;
- від 10000 до 50000;
- до 10000.

2) селища та прирівняні до них поселення з кількістю жителів:

- понад 10000;
- від 5000 до 10000;
- від 1000 до 5000;
- до 1000.

3) села і прирівняні до них поселення з кількістю жителів:

- понад 3000;
- від 1000 до 3000;
- від 500 до 1000;
- від 100 до 500;
- до 100;

4) окремі двори.

Поділ населених пунктів за типами поселення та за кількістю жителів, прийнятий на картах великих масштабів, може узагальнюватися при відображенні їх на картах дрібніших масштабів.

Політико-адміністративне значення населених пунктів відображується на картах виділенням столиць держав, адміністративних центрів та населених пунктів, у яких розташовані органи державної влади чи місцевого самоврядування.

Типи населених пунктів, їх градація за чисельністю населення і політико-адміністративним значенням відображуються на картах формою рисунка та розміром шрифтів, які застосовуються для підписів їхніх власних назв згідно з таблицями умовних знаків.

При зображенні населених пунктів необхідно з врахуванням ступеня генералізації, що визначається масштабом топографічної карти, правильно відображати:

– розташування населених пунктів у відповідності до їхнього положення на місцевості, а на картах масштабів 1:500 000-1:1 000 000 – відносну густоту їх розташування з виділенням найважливіших;

– тип населених пунктів, їх політико-адміністративне значення та належність до відповідної градації за кількістю жителів;

– структуру населених пунктів (характер планування та забудови з чітким виділенням магістральних і головних вулиць та проїздів, будівель і споруд, які є орієнтирами);

– зовнішній контур населених пунктів та підходи до них, форму кварталів та їх орієнтацію, а також відносну щільність забудови у кварталах.

На картах масштабів 1:10 000-1:50 000 зображуються всі населені пункти, що є на місцевості; в густонаселених районах з великою кількістю окремих дворів частина дворів на карті 1:50 000 не показується.

На картах масштабів 1:100 000 та 1:200 000 показуються, як правило, всі населені пункти, що зображені на вихідних картографічних матеріалах. Як виняток, під час картографування густонаселених районів частину дрібних сіл та прирівняних до них поселень (з кількістю жителів менше 100) дозволяється показувати карті масштабу 1:100 000 без підписів, а на карті масштабу 1:200 000 – не показувати зовсім.

На картах масштабів 1:500 000 та 1:1 000 000 навантаження зображеннями населених пунктів визначається залежно від характеру району, густоти розташування населених пунктів на місцевості, їхньої величини, значимості й типу.

Приблизні норми навантаження карт зображеннями населених пунктів наведені в табл. 6.6.

Максимальне навантаження карт зображеннями населених пунктів (до 140 на 1 дм²) застосовують при картографуванні густонаселених районів із середніми (від 500 до 1000 жителів) і малими (менше 500 жителів) населеними пунктами.

Таблиця 6.6 – Приблизні норми навантаження карт зображеннями населених пунктів

Тип району за чисельністю населення	Кількість населених пунктів на місцевості, що відповідає за площею 1 дм ² на картах масштабу		Кількість населених пунктів, які показуються на 1 дм ² карт масштабів	
	1:500 000	1:1 000 000	1:500 000	1:1 000 000
Густонаселений	Понад 375	Понад 1 500		120-140
Середньонаселений	125-375	500-1500		80-120
Малонаселений	25-125	100-500	25-80	60-80
Рідконаселений	5-25	20-100	Всі	20-60
Малообжитий	Менше 5	Менше 20	Всі	Всі

Для відображення малообжитих районів (лісових, гірських, пустельних) на картах масштабу 1:10 000-1:100 000 наносяться, як правило, всі житлові та нежитлові будівлі, а на картах масштабів 1:200 000-1:1 000 000 – всі житлові, окремо розташовані будівлі, а також нежитлові будівлі (літники, зимівники і т. ін.), якщо вони можуть бути орієнтирами.

На картах масштабів 1:10 000-1:50 000 міста, селища, села та прирівняні до них поселення з квартальною та рядовою забудовою зображуються з детальним відображенням характеру планування і забудови.

Великі міста (з населенням понад 50000 жителів) зображуються на карті 1:50 000 із збереженням детального планування, але з узагальненим відображенням щільної внутрішньоквартальної забудови та нанесенням всередині кварталів визначних будівель і споруд.

На картах масштабів 1:100 000 та 1:200 000 великі міста, а також малі міста (з населенням до 50000 жителів) та селища зображують із збереженням характеру планування, але з узагальненим відображенням щільної внутрішньоквартальної забудови та нанесенням всередині кварталів тільки визначних будівель та споруд, а села з квартальною та рядовою забудовою зображуються з виділенням всередині кварталів забудованих ділянок (рядів).

На картах масштабів 1:500 000-1:1 000 000 населені пункти зображуються із збереженням зовнішнього контуру, але з узагальненим відображенням характеру планування та щільної внутрішньоквартальної забудови, а населені пункти, площа яких не виражається в масштабі карти, зображуються позамасштабними знаками (пунсонами).

Населені пункти з розосередженою дачною та безсистемною забудовою на картах всього масштабного ряду відображуються умовними знаками окремих будівель та дворів.

6.4.5 Промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти

Залежно від масштабу на топографічні карти наносять такі промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти:

- заводи, фабрики, електростанції всіх типів, електричні підстанції;
- аеродроми, гідроаеродроми, посадочні площадки; ділянки доріг, які обладнані для посадки літаків;
- нафтові та газові промисли, нафтові та газові вишки та свердловини, виходи нафти, нафтові басейни та ями, виходи шахтних стовбурів та штолень, шахти, рудники та копальні, місця добування корисних копалин відкритим способом (кар'єри); торфорозробки, соляні розробки, терикони, відвали порід;
- наземні та підземні нафтопроводи, газопроводи та інші трубопроводи, дюкери на лініях трубопроводів;
- склади пального, газгольдери, бензоколонки та заправні станції;
- лінії електропередач, лінії зв'язку, підводні та підземні кабелі;
- радіостанції та телевізійні центри, телефонні станції, телевізійні башти, телевізійні, радіо- та радіорелейні щогли, телеграфні та радіотелеграфні установи та їх відділення, метеорологічні станції;
- елеватори, лісопилки, млини, вітряки, вітряні двигуни, капітальні споруди баштового типу (водонапірні, силосні башти і т. ін.), градирні, вишки легкого типу (спостережні, прожекторні і т. ін.);
- господарські будівлі та майстерні сільськогосподарських і лісогосподарських організацій;
- школи, лікарні, санаторії, стадіони, скульптурні фігури, меморіали, пам'ятники, братські могили, цвинтарі, культові будівлі та споруди і т. ін.;
- заклади лісогосподарських та дорожньо-експлуатаційних організацій, будинки лісників, рибні промисли, павільйони, овочесховища, оранжереї, теплиці, парники, пасіки, скотомогильники, загони для худоби, старовинні історичні стіни та різні загорожі (кам'яні, цегляні стіни, металеві огорожі, дерев'яні паркани і т. ін.);

– інші промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти, що знаходяться на території, яка картографується.

На карти масштабів 1:10 000 та 1:25 000 зазначені промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти наносяться всі, а на картах масштабів 1:50 000-1:100 000 деякі другорядні об'єкти всередині населених пунктів можуть не показуватися.

На карти масштабу 1:200 000 промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти, розташовані поза населеними пунктами чи на околицях, як правило, наносяться вибірково.

Всередині населених пунктів наносять найбільші промислові підприємства, електростанції, радіо- та телевізійні щогли, церкви, капітальні споруди баштового типу тощо, які різко виділяються серед навколишніх об'єктів за формою та розмірами, якщо їх позначення не заважатимуть відображенню особливостей планування та зовнішніх обрисів населених пунктів. Найбільш детально зображуються об'єкти, розташовані вздовж залізниць та автомобільних шляхів.

На картах 1:500 000 та 1:1 000 000 показують тільки найбільш значні промислові та соціально-культурні об'єкти залежно від їх важливості в економічному та воєнному значенні, а також від значення їх як орієнтирів або перешкод при аеронавігації.

Найбільші та найважливіші заводи і фабрики, рудники та копальні, електростанції, лінії електропередач (ЛЕП), а також радіо- і телевізійні щогли, церкви, споруди баштового типу наносяться на карти масштабу 1:500 000 при розташуванні їх за межами населених пунктів, а на карти масштабу 1:1 000 000 ці об'єкти наносяться тільки при картографуванні малонаселених, рідконаселених та малообжитих районів.

Магістральні нафто- та газопроводи (наземні та підземні), підводні кабелі міжнародного значення, а також кабелі, що з'єднують материки та острови, наносять усі.

Знаки аеродромів і гідроаеродромів, а на карті масштабу 1:500 000 і знаки посадочних площадок, розміщуються на картах з найбільшим наближенням до дійсного розташування цих об'єктів на місцевості.

Церкви, костьоли, кірхи, мечеті та інші культові споруди, а також братські могили та пам'ятники наносяться на карти масштабу 1:500 000 вибірково, а на карти масштабу 1:1 000 000 тільки в тих районах, де відсутні населені пункти та інші чіткі орієнтири, а густина середньонаселених районах – тільки у випадку історичного значення цих об'єктів.

На картах масштабів 1:10 000-1:1 000 000 зображення заводських, фабричних та інших труб, заводів та фабрик з трубами, радіо- та телевізійних щогл, споруд баштового типу, висотних споруд, териконів та інших об'єктів заввишки 50 м і більше, розташованих у населених пунктах та поза ними (на карті масштабу 1:1 000 000 тільки поза населеними пунктами), супроводжуються підписами висот цих об'єктів у метрах. За наявності великої кількості таких споруд показуються найвищі.

6.4.6 Дороги та дорожні споруди

Залежно від масштабу на топографічних картах зображують такі дороги та дорожні споруди:

- залізниці всіх типів;
- монорейкові та підвісні дороги, фунікулери, трамвайні лінії та наземні ділянки ліній метрополітену;
- автомагістралі (автостради), автодороги з удосконаленим покриттям, автодороги з покриттям, автодороги без покриття та автодороги з дерев'яним покриттям;
- ґрунтові (путівці), польові та лісові дороги, зимові дороги;
- пішохідні та інші стежки;
- залізничні вокзали та станції, входи на станції метрополітену, роз'їзди, платформи, пункти зупинок та обгону, вантажно-розвантажувальні площадки;
- депо, блок-пости та шляхові пости, пости при залізничних переїздах з охороною, поворотні круги, станційні колії, тупики, перехідні містки та підземні переходи, світлофори, семафори;
- тунелі, галереї, шахтні стовбури на тунелях, мости і шляхопроводи, естакади, насипи та виїмки;
- транспортні розв'язки, з'їзди з доріг, труби, пішохідні мости, стоянки автотранспорту на автодорогах, легкі придорожні споруди (павільйони, навіси);
- гірські перевали, огорожі та обсадки вздовж доріг, кілометрові знаки та номери автодоріг;
- інші дорожні споруди.

При зображенні на топографічних картах дорожньої мережі та дорожніх споруд необхідно з врахуванням масштабу карти зображувати:

- густоту та якісну характеристику дорожньої мережі;

- місцезнаходження, клас, стан та конфігурацію кожної дороги, що показується на карті;
- перетини доріг, транспортні розв'язки, з'їзди, підходи доріг до населених пунктів, переправи, перевали та місця, де об'їзди ускладнені;
- дорожні споруди з їхніми характеристиками;
- ділянки доріг з великими ухілами та малими радіусами повороту (тільки на картах масштабів 1:10 000-1:200 000).

Залізниці наносять на карти з поділом їх:

- *за шириною колії*: ширококоліїні (1435 мм і більше) та вузькоколіїні (до 1435 мм);
- *за видом тяги*: електрифіковані та не електрифіковані;
- *за кількістю колій*: одноколіїні, двоколіїні і т. д.;
- *за станом*: діючі, недіючі (законсервовані), в стані будівництва, розібрані.

При картографуванні територій, де основні залізниці мають колію шириною менше ніж 1435 мм, ширококоліїними зображуються залізниці з шириною колії 1000 мм і більше.

Ширококоліїні залізниці (в т.ч. ділянки ліній метрополітену, що проходять по поверхні) і монорейкові залізниці наносяться на карти масштабів 1:10 000-1:100 000 всі. На картах масштабів 1:200 000-1:1 000 000 при зображенні територій з густою мережею залізниць виключаються деякі під'їзні шляхи та тупики, окремі короткі за довжиною ділянки, що йдуть до другорядних об'єктів.

Вузькоколіїні залізниці на картах масштабів 1:10 000 та 1:25 000 наносяться всі, а на картах масштабів 1:50 000 та 1:100 000 у промислових районах – вибірково в місцях, де вони утворюють густу мережу. На картах масштабів 1:200 000-1:1 000 000 вузькоколіїні залізниці, як правило, наносяться при довжині в масштабі карти понад 2 см.

Підвісні дороги, трамвайні лінії та фунікулери наносяться на картах масштабів 1:10 000 та 1:25 000 всі, а масштабів 1:50 000-1:200 000 – тільки ті, що проходять поза населеними пунктами при довжині в масштабі карти підвісних доріг та фунікулерів 1 см і трамвайних ліній 2 см та більше, а на картах масштабів 1:500 000 та 1:1 000 000 їх зовсім не показують.

Автомагістралі, автодороги з удосконаленням покриттям, автодороги з покриттям на карти масштабів 1:10 000-1:100 000 наносять всі. На карти масштабів 1:200 000-1:1 000 000 наносяться всі автомагістралі та автодороги з удосконаленням покриттям, а автодороги з покриттям у районах з густою мережею доріг – вибірково.

При зображенні автомобільних доріг всіх типів крім технічних характеристик даються номери доріг.

Дороги нижчих класів (автодороги без покриття, ґрунтові (путівці), польові та лісові дороги), а також пішохідні та інші стежки наносяться вибірково в залежності від масштабу карти, характеру території картографування та густоти дорожньої мережі. Пішохідні та інші стежки на карти масштабів 1:10 000-1:200 000 наносяться лише при зображенні територій, де вони є основними шляхами сполучення або в тих випадках, коли вони є єдиними шляхами підходу до населених пунктів та інших важливих об'єктів.

На картах всього масштабного ряду виділяються автомагістралі та дороги з покриттям, що будуються, а на картах масштабів 1:10 000-1:200 000, крім цього, показуються автодороги без покриття, що будуються.

6.4.7 Рельєф

Рельєф на топографічних картах зображується горизонталями в поєднанні з умовними знаками обривів, скель, ярів, вимоїн, осипів, зсувів, сухих русел, карстових вирв, фірнових полів та ін. Зображення рельєфу доповнюється позначками висот характерних точок місцевості, підписами горизонталей, відносних висот (глибин) та розмірів окремих форм рельєфу. На картах масштабів 1:500 000 і 1:1 000 000 зображення гірського рельєфу доповнюється відмивкою основних його форм у поєднанні з гіпсометричним пофарбуванням.

Зображення рельєфу на картах повинне відповідати таким основним вимогам:

- наочно передавати характер рельєфу та морфологічні особливості різних його типів (рівнинноерозійного, горбисто-моренного, гірського, карстового, вулканічного та ін.), а також ступінь розчленування рельєфу;
- правильно відображувати розташування, розміри та форми нерівностей місцевості, що характеризують її прохідність, маскувальні та захисні властивості, а також забезпечувати можливість орієнтуватися за об'єктами рельєфу на місцевості; в районах бідних на орієнтири, з особливими подробицями й точністю відображувати деталі рельєфу;
- точно та чітко передавати основні орографічні лінії (вододіли, тальвеги, уступи, сідловини і т. ін.) та характерні точки рельєфу;

– чітко вказувати напрямки схилів, їх стрімкість, а також різкі вертикальні порушення поверхні (обривів, осипів, ярів, вимоїн та ін.);

– забезпечувати можливість швидко визначати з точністю, яка допускається масштабом карти, абсолютних висот точок місцевості та перевищень одних точок над іншими.

Для зображення рельєфу горизонталями на топографічних картах установлюються такі основні висоти перерізу (в метрах) згідно з даними табл. 6.7 та схемою районування території України за характером рельєфу (рис. 6.1).

При створенні карт масштабів 1:50 000 і 1:100 000 на плоскорівнинні райони основні висоти перерізу рельєфу можуть бути встановлені рівними відповідно 5 м і 10 м, що визначається додатковими вказівками.

Основні висоти перерізу рельєфу для карт масштабів 1:500 000 та 1:1 000 000 установлюються згідно з висотними поясами за такою змінною шкалою (табл. 6.8).

Таблиця 6.7 – Основні висоти перерізу рельєфу (в метрах) для карт різних масштабів в залежності від характеристики району

Характеристика району	Основна висота перерізу рельєфу (в метрах) для карт масштабів				
	1:10 000	1:25 000	1:50 000	1:100 000	1:200 000
Плоскорівнинні райони із схилами місцевості до 2°	1	2,5	10	20	20
Те саме у залісених районах	2	5	10	20	20
Рівнинні, пересічені та горбисті райони з переважаючими схилами місцевості до 6° та райони піщаних пустель	(2,0); 2,0	5	10	20	20
Те саме у відкритих районах із схилами місцевості до 4°	(2,0); 2,5	2,5	10	20	20
Низькогірні та середньогірні райони	5	5	10	20	40
Високогірні території (або прирівняні до них)	–	10	20	40	80

Примітка: наведені в таблиці величини перерізу рельєфу (2,0 м) відносяться до територій, на яких у минулому створені топографічні карти масштабу 1:10 000 з таким перерізом рельєфу.

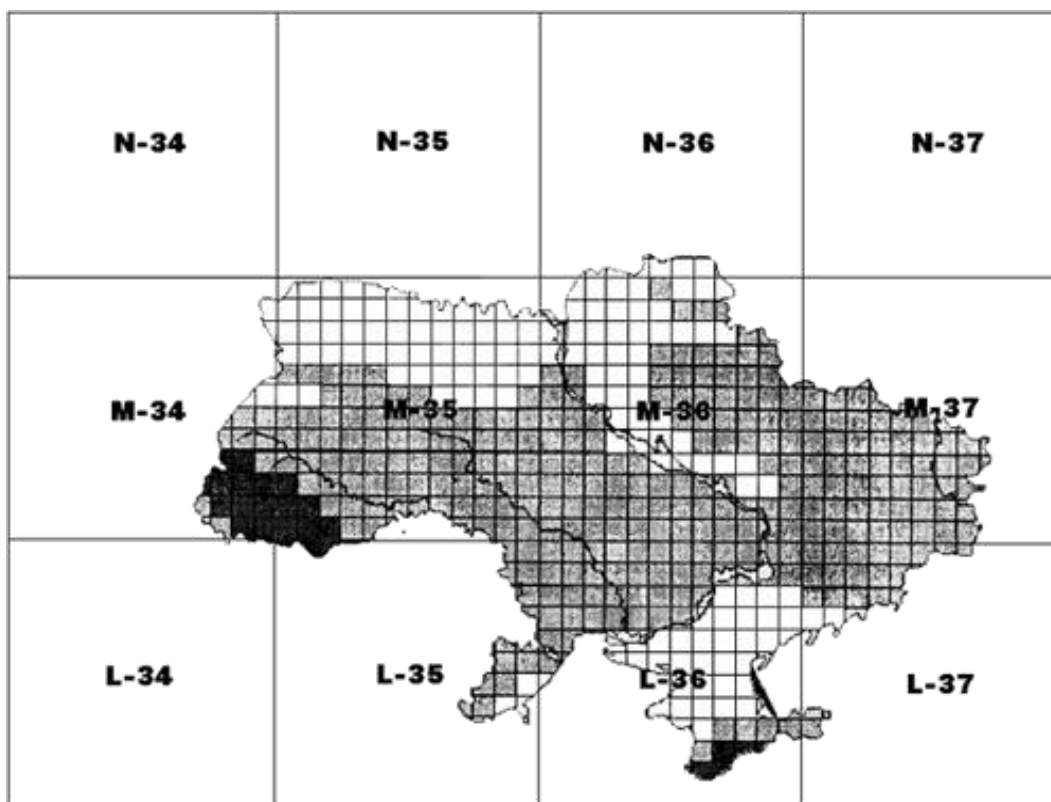


Рисунок 6.1 – Схема районування території України за характером рельєфу:
 □ – плоскорівнинні райони із схилами до 2°; ▒ – рівнинні, пересічні та горбисті райони з переважаючими схилами до 6°; ■ – низькогірний та середньогірний райони із схилами місцевості 5-25°

Таблиця 6.8 – Основні висоти перерізу рельєфу для карт масштабів 1:500000 та 1:1 000 000 в залежності від висотного поясу

Висотний пояс, м	Висота перерізу, м
Від 150 (нижче рівня моря) до 500	50
Від 500 до 1000 (від 500 до 2000 для карти 1:500 000)	100
Вище 1000 (вище 2000 для карти 1:500 000)	200

Для кращого відображення форм рельєфу, стрімкості схилів та окремих його деталей на картах, а також для забезпечення зведення аркушів з різною висотою перерізу по рамках трапецій застосовуються додаткові горизонталі (напівгоризонталі), а для відображення окремих характерних деталей рельєфу – допоміжні горизонталі.

Позначки висот характерних точок місцевості підписуються на топографічних картах масштабів 1:10 000-1:100 000 з точністю до 0,1 м.

На картах масштабів 1:200 000-1:1 000 000 позначки висот підписуються з точністю до 1 м, при цьому десяті частки метра не враховуються. Кількість позначок висот на 1 дм² площі аркуша карти, включаючи позначки висот геодезичних пунктів та урізів води, залежить від характеру території, що картографується, та встановлюється згідно з табл. 6.9.

Таблиця 6.9 – Кількість позначок висот, що наносяться на 1 дм² площі карт різних масштабів, в залежності від характеристики району

Характеристика районів	Кількість позначок висот, що наносяться на 1 дм ² площі карт масштабів		
	1:10 000-1:200 000	1:500 000	1:1 000 000
Рівнинні, пересічені, горбисті, а також низькогірні райони та піщані пустелі	8-10	8-10	до 10
Середньогірні та високогірні території	10-15	5-20	15-20

Для окремих плоскорівнинних районів (з дрібними формами рельєфу) кількість позначок висот може бути збільшена на 50 %. Крім позначок висот характерних точок на картах даються підписи горизонталей, які розташовуються таким чином, щоб можна було визначити по карті висоту будь-якої точки місцевості.

Для відображення висотної характеристики рельєфу на картах масштабів 1:500 000 та 1:1 000 000 застосовуються шкали гіпсометричного забарвлення залежно від висоти гірських районів, починаючи з 500 м.

Відмивання гірського рельєфу проводиться при абсолютних висотах понад 500 м та перевищеннях понад 300 м, а рельєфу високогірних районів – при перевищеннях понад 500 м.

6.4.8 Рослинний покрив та ґрунти

На топографічних картах в залежності від масштабу зображуються такі види рослинного покриву та ґрунтів:

- деревна (ліси, окремі гаї та окремі дерева);
- чагарникова;

- напівчагарникова, мохова і лишайникова (тільки на картах масштабів 1:10 000-1:100 000);
- чагарнички (тільки на картах масштабів 1:10 000-1:25 000);
- трав'яниста (тільки на картах масштабів 1:10 000-1:200 000);
- очеретяні та інші зарості;
- штучні насадження (деревні, чагарникові, трав'янисті), а також рисові поля (тільки на картах масштабів 1:10 000-1:500 000);
- рілля та городи (тільки на карті масштабу 1:10 000);
- болота;
- солончаки;
- піски;
- кам'янисті розсипи та щебеневі поверхні;
- інші види рослинності та ґрунтів, які є на території, що картографується.

Крім того, на картах масштабів 1:10 000-1:200 000 зображуються такі поверхні: купинясті, галькові, гравійні, кам'янисті тощо.

Зображення рослинного покриву та ґрунтів на картах повинне відповідати таким основним вимогам:

- правильно та наочно відображувати різні види рослинного покриву та ґрунтів, які є важливими для характеристики природних умов, прохідності, захисних та маскувальних властивостей місцевості;

- достатньо детально відображувати на топографічних картах масштабів 1:10 000-1:100 000 межі поширення різних видів рослинності та ґрунтів і чітко виділяти різкі кути повороту контурів, що мають значення орієнтирів, а на топографічних картах масштабів 1:200 000-1:1 000 000 правильно передавати розташування та співвідношення площ різних видів рослинності і ґрунтів та їх особливості, які визначаються положенням території, що картографується;

- містити кількісні та якісні характеристики різних видів рослинності й ґрунтів, які передбачені для карт відповідного масштабу.

Деревна рослинність при зображенні на картах поділяється:

- за групами порід – на листяні, хвойні та змішані ліси;
- за висотою – понад 4 м (ліси) та нижче 4 м (поросль лісу, лісові розсадники та молоді посадки лісу).

Крім того, виділяють рідкі ліси, низькорослі (карликові), горілі та сухостійні ліси, вузькі смуги лісу та захисні лісонасадження, окремі та пальмові гаї, обсадки, окремі дерева.

При зображенні лісу на картах масштабів 1:10 000-1:200 000 вказуються переважаючі породи та характеристики деревостою згідно з умовними знаками; на карті масштабу 1:500 000 – тільки переважаючі породи дерев.

На картах показуються, як правило, ділянки лісу та поляни в лісі площею в масштабі карти понад 10 мм².

Чагарникова рослинність зображується з поділом на суцільні зарості, групи кущів та окремі кущі. Виділяються колючі чагарники.

Ділянки суцільних чагарників виділяються, як правило, на картах масштабів 1:10 000-1:200 000 при їхній площі в масштабі карти понад 25 мм², масштабу 1:500 000 – понад 0,5 см², а на карті масштабу 1:1 000 000 – понад 1 см². При зображенні цих ділянок у безлісій місцевості їхні площі можуть бути зменшені.

Піски зображуються при площі в масштабі карти понад 1 см². На картах масштабів 1:500 000-1:1 000 000 вони зображуються з поділом на піски рівні, горбисті, грядові, дюнні, ямкові і чарункуваті, барханні. На картах масштабів 1:10 000-1:25 000 всі типи пісків зображуються умовним знаком рівних пісків, а їхній рельєф відображається горизонталями.

Болота, солончаки і такири зображуються при площі в масштабі карти понад 25 мм². На картах масштабів 1:10 000-1:200 000 підписується глибина боліт.

6.4.9 Кордони та межі

На топографічні карти всіх масштабів наносять:

- державні кордони;
- межі виключних (морських) економічних зон та полярних володінь;
- межі адміністративних одиниць першого порядку (автономних республік, країв, областей тощо);
- межі державних заповідників та національних парків.

Крім цього, на топографічні карти території України наносять:

- межі районів та міст обласного підпорядкування (тільки на карти масштабів 1:10 000-1:200 000);
- межі міських земель, районів у містах, межі селищних та сільських рад (тільки на карти масштабів 1:10 000-1:25 000).

Державний кордон України наноситься за найновішими офіційними договірними матеріалами делімітації та демаркації кордонів, а в разі їх відсутності – за великомасштабними топографічними картами з нанесеними кордонами колишніх республік СРСР з обов'язковою перевіркою за черговою довідковою картою масштабу 1:100 000.

Державні кордони іноземних держав наносяться відповідно до міжнародних договірних документів між суміжними державами, які визнаються Україною (наносяться за договірними документами або за великомасштабними національними картами).

При зображенні кордонів необхідно дотримуватись таких основних правил:

- державні кордони показуються з мінімальними узагальненнями в межах графічної точності карти;
- з особливою ретельністю опрацьовуються повороти та прямолінійні ділянки, всі чітко виражені повороти фіксуються крапками умовного знака;
- всі об'єкти місцевості, по яких проходять кордони, відображуються з допустимою масштабом карти детальністю;
- якщо кордон проходить між населеними пунктами, островами та іншими об'єктами, то умовний знак кордону проводиться так, щоб не виникало сумнівів щодо належності цих об'єктів до тієї чи іншої держави;
- якщо кордони або межі різного порядку співпадають, то показується кордон або межа вищої політико-адміністративної одиниці;
- при зображенні державного кордону України на картах масштабів 1:10 000-1:50 000 показуються всі прикордонні знаки, на картах масштабу 1:100 000 – також всі, якщо відстань між знаками в масштабі карти 3 мм і більше, а на карті масштабу 1:200 000 – вибірково, але не частіше, ніж через 4-6 см;
- положення на картах умовних позначень прикордонних знаків повинно відповідати їхнім координатам у каталогах.

На картах масштабів 1:500 000-1:1 000 000 прикордонні знаки не показуються.

6.4.10 Відомості про схилення магнітної стрілки. морські шляхи. Полярні кола і тропіки

На топографічних картах масштабів 1:10 000-1:200 000 вказується величина схилення магнітної стрілки та дані про річні зміни схилення. При наявності магнітних аномалій схилення вказується діапазон його значень.

На аркушах карт масштабів 1:500 000-1:1 000 000 проводять ізогони через 1° магнітного схилення.

На аркушах карт, де ізогони зображені часто, їх наносять з розрядкою – не ближче ніж 2-3 см одна від одної, при цьому ізогони, кратні 100, проводяться у всіх випадках. Точки та райони магнітних аномалій магнітного схилення зображуються всі, починаючи з відхилення в 1°.

Підписи значень ізогон, точок та районів аномалій магнітного схилення даються в цілих градусах зі знаком «плюс» – для східного схилення та зі знаком «мінус» – для західного.

На картах масштабів 1:500 000-1:1 000 000 показують морські та водні шляхи (останні зображують на великих озерах та водосховищах). Їх зображення супроводжують підписами назв кінцевих портів та відстаней між ними в кілометрах.

Полярні кола і тропіки показуються на епоху 2000 р. Значення широти полярних кіл приймається рівним $\pm 66^{\circ}33'38,6''$, а тропіків – $\pm 23^{\circ}26'21,4''$.

6.4.11 Зображення об'єктів, що мають значення орієнтирів

На картах масштабів 1:10 000-1:200 000 виділяються місцеві об'єкти, характерні точки, форми та деталі рельєфу, що можуть бути використані для орієнтування на місцевості, а саме:

– *місцеві об'єкти, що помітні здалеку* (високі будинки та споруди баштового типу, труби заводів та фабрик, радіо- і телевізійні щогли, церкви, терикони, пам'ятники, могили тощо);

– *характерні контурні точки* (перехрестя доріг, різкі кути контурів, характерні вигини доріг, струмків, річок тощо);

– *характерні форми та деталі рельєфу* (окремі вершини, перегини схилів, сідловини, скелі останці, горби, кургани, ями тощо).

Об'єкти та характерні точки місцевості, що мають значення орієнтирів, повинні наноситися на карту при відпрацюванні кожного елемента змісту в першу чергу і з найбільшою детальністю та точністю.

При зображенні об'єктів, що мають значення орієнтирів, підписуються: тип цих об'єктів (при наявності – їхні власні назви), значення висоти біля визначних за висотою місцевих об'єктів, а також позначки висот біля характерних точок, форм та деталей рельєфу.

Найбільш важливі орієнтири в необхідних випадках дозволяється зображувати умовними знаками збільшеного розміру.

6.4.12 Підписи

На топографічних картах усіх масштабів застосовуються такі підписи:

– *власні назви географічних об'єктів* – населених пунктів, залізничних станцій, пристаней, морів, річок, озер, островів та інших об'єктів гідрографії, гірських систем, хребтів, вершин, перевалів, боліт, пісків, лісів, солончаків тощо;

– *пояснювальні* – для додаткової характеристики або пояснення суті зображених на карті об'єктів та елементів місцевості (матеріал побудови гребель, покриття доріг, породи дерев, характеристика якості води в озерах, колодязях та джерелах і т. ін.);

– *числові* – характеристики висот геодезичних пунктів та характерних точок місцевості, урізів води, глибин водойм, горизонталей, горбів, обривів, водоспадів, виїмок, колодязів, ширини річок, доріг, ярів та просік, висот дерев, вантажопідйомність мостів, поромів і т. ін., а також найвищих об'єктів що виділяються на місцевості, висоти яких підписуються на картах.

Назви географічних об'єктів підписують на картах за офіційними довідковими, картографічними, статистичними та іншими джерелами в сучасній українській орфографії у відповідності до вимог спеціальних нормативно-технічних документів з написання географічних назв.

Всі власні назви географічних об'єктів підписуються на картах у повній формі. Підписи, що означають тип об'єкта (номенклатурні терміни) та пояснювальні підписи даються у повній або скороченій формах згідно з діючими умовними знаками.

Підписи назв населених пунктів, позначок висот, вершин, перевалів, мисів, невеликих озер та інших водойм, островів та півостровів розташовуються, як правило, паралельно північній (південній) стороні рамки карти справа від зображення об'єктів, до яких вони відносяться.

Підписи назв видовжених об'єктів (морів, озер, гір, річок, урочищ та ін.) розміщуються на зображенні цих об'єктів або вздовж них по прямих або плавних кривих лініях у напрямку їх найбільшого простягання.

Всі підписи на картах повинні бути розташовані так, щоб не виникало сумнівів, до якого об'єкта вони відносяться; вони не повинні закривати умовних знаків важливих об'єктів та орієнтирів, перетинати зображення державних кордонів та мати мінімальну кількість перетинів з іншими елементами змісту карти.

6.5 Редагування та узгодження топографічних карт

Метою редагування карт є дотримання основних вимог до змісту карт, єдиних принципів генералізації та відображення об'єктів місцевості, її характерних особливостей, а також технічної якості оформлення карт відповідно до вимог умовних знаків та інших нормативно-технічних документів.

Редагування карт включає розробку редакційних документів і науково-технічне та методичне керівництво створенням та оновленням топографічних карт.

Зміст та обсяги редакційних робіт визначаються масштабом карт, вихідними матеріалами, особливостями території, що картографується, та методом створення чи оновлення карт.

Редагування здійснюється безперервно на всіх етапах створення чи оновлення топографічної карти і включає:

- редакційно-підготовчі роботи;
- редакційне керівництво та перевірку якості робіт у процесі зйомки, оновлення, картоскладання, підготовки до видання і видання карт;
- редакційний аналіз виданих карт.

Редакційно-підготовчі роботи повинні забезпечити:

- вивчення технічного завдання та вимог до карти, яка створюється;
- вивчення території, що картографується, з метою виявлення типових і важливих особливостей місцевості, яка підлягає зображенню на картах;
- підготовку пропозицій і рекомендацій щодо використання вихідних картографічних матеріалів та іншої інформації, збір і аналіз картографічних матеріалів;
- вибір найбільш раціональної технології створення (оновлення, складання) карт і підготовки їх до видання;
- розробку редакційних документів;
- забезпечення єдиного підходу до виконання вимог редакційних документів, підготовку виконавців для виконання робіт;
- розробку заходів і рекомендацій щодо постійного удосконалення якості карт на основі аналізу вимог споживачів.

Редагування в процесі зйомки, оновлення, складання, підготовки до видання та видання карт здійснюється постійним керівництвом роботою виконавців, перевіркою якості проміжних і закінчених видів робіт, заповненням формуляра.

Контроль за дотриманням вимог редакційних документів проводиться в процесі редакційного контролю та приймання робіт.

Редагування в процесі створення, оновлення та складання топографічних карт повинне забезпечувати:

- правильний вибір і підготовку картографічних матеріалів до використання;
- правильність побудови математичної та геодезичної основ і точність монтажу основних картографічних матеріалів;
- дотримання прийнятої технології робіт;
- дотримання необхідної точності при зображенні на карті елементів та об'єктів місцевості;
- правильність відбору та генералізації об'єктів, що зображені на картографічному матеріалі, наочність відображення характеру та особливостей території, правильність застосування умовних знаків;
- вірогідність і правильність застосування на карті назв географічних об'єктів, пояснювальних підписів та шрифтів;
- правильність і точність нанесення на карти державних кордонів та меж;
- узгодження змісту створеної карти з картами суміжних масштабів та іншими картами, зведення по всіх рамках із суміжними аркушами;

Редагування в процесі підготовки карт до видання має забезпечувати:

- відповідність видавничого оригіналу змісту зйомочного чи складального оригіналу;
- однорідність і високу якість графічного та кольорового оформлення оригіналів карт, макетів, кольорових проб та інших матеріалів згідно з діючими умовними знаками;
- високу якість оригіналу відмивки рельєфу, макетів та інших матеріалів;
- зведення по всіх рамках із суміжними аркушами карт;
- використання нових картографічних матеріалів, що надійшли після закінчення зйомочних чи картографічних робіт.

Редагування в процесі видання топографічних карт включає контроль технологічного циклу друкування карт і оперативний контроль за його виконанням.

Редакційний аналіз виданих карт проводиться з метою удосконалення прийнятих нормативно-технічних документів, що регламентують створення та оновлення карт.

У процесі редагування здійснюється узгодження між собою карт різних масштабів на одну і ту ж територію за основними елементами змісту. Крім того, топографічні карти узгоджуються з оглядово-географічними, морськими та іншими картами.

Метою узгодження топографічних карт є:

– відображення на карті, що створюється, об'єктів та їхніх підписів, зображених на карті більшого масштабу;

– відображення на карті, що створюється, об'єктів та їхніх підписів, зображених на карті меншого масштабу, достовірність яких підтверджується найновішими матеріалами;

– збереження на картах різних масштабів ідентичності підписів власних назв об'єктів, позначок висот, якісних та кількісних характеристик і пояснювальних підписів, за винятком тих, що змінилися або помилкових;

– збереження на картах різних масштабів тотожності класифікації об'єктів.

Для узгодження створених топографічних карт з оглядово-географічними, морськими та іншими картами вибираються карти найновішого видання того ж або близького масштабу.

Узгодження з морськими картами не повинне приводити до розбіжностей з топографічними картами в зображенні рельєфу дна морів, озер, водосховищ, нанесенні навігаційних знаків та їхніх підписів.

Узгодження карт, що створюються або оновлюються, з раніше виданими картами не повинне приводити до погіршення їхньої якості.

При узгодженні допускаються окремі розбіжності в зображенні об'єктів, які обумовлені змінами на місцевості. При значній кількості розбіжностей між створеною чи оновленою картою з картами суміжних масштабів, які значно застаріли, узгодження з ними не проводиться.

Питання для самоперевірки до теми № 6

1. Згідно з яким нормативним документом створюють, оновлюють та редагують державні топографічні карти всіх масштабів України?

2. Що включають загальні вимоги до геодезичної основи, точності та змісту державних топографічних карт всіх масштабів?

3. Які математичні елементи належать до державних топографічних карт і що таке математична основа топографічних карт?

4. Яким є зміст державних топографічних карт?

5. Як здійснюється редагування та узгодження топографічних карт?

7 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ СТВОРЕННЯ, ОНОВЛЕННЯ ТА ВИДАННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ В УКРАЇНІ

В Україні створення топографічних планів здійснюється згідно з «Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500», які затверджені наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України № 3 від 24.01.1994 р.

У зазначеному вище положенні визначено призначення топографічних планів, проекцію, систему координат і висот, розграфку, номенклатуру, зміст, точність, геодезичну основу топографічних планів масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500, а також методи створення, оновлення та видання планів як у графічному, так і цифровому вигляді.

7.1 Загальні положення і правила створення, оновлення та видання топографічних планів

Масштаб зйомки та основна висота перерізу рельєфу місцевості визначається з технічних інструкцій і технічних проектів (програм) робіт, залежно від призначення планів.

Таблиці загальнообов'язкових умовних знаків можуть доповнюватись необхідними знаками.

Плани масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500 створюються за результатами топографічних зйомок місцевості відповідних масштабів або на основі використання топографічних матеріалів більш великих масштабів.

Топографічні плани виготовляються у графічному або цифровому вигляді.

Топографічні зйомки виконуються аерофототопографічними та наземними методами.

Для підтримання топографічних планів на сучасному рівні здійснюється їх оновлення.

Зміст та точність топографічних планів визначаються масштабом та призначенням топографічних планів.

Оформлення топографічних планів у графічному вигляді виконується з урахуванням сучасних можливостей поліграфічного виробництва.

У цифровому вигляді топографічні плани складаються з урахуванням програмного та технічного забезпечення у встановлених структурах та форматах даних.

Топографічні плани призначаються для використання в різних галузях господарства при вирішенні технічних питань.

Цифрові моделі використовуються як для вирішення геодезичних питань (складання топографічних планів різних масштабів, їх оновлення, тиражування), так і інших питань, пов'язаних з геодезичною інформацією (наукові проблеми, інженерні завдання та інше).

Для задоволення потреб замовника можуть виготовлятися спеціальні плани в більш крупних масштабах.

7.2 Призначення топографічних планів

Топографічні плани масштабу 1:5 000 використовуються:

– для розробки генеральних планів населених пунктів, проектів розміщення першочергового будівництва, інженерних мереж та комунікацій, транспортних шляхів, інженерної підготовки, земельно-господарського устрою та озеленення території, для складання проектів міських промислових районів, складних транспортних розв'язок, технічного проекту забудови, для складання планів окремих районів міст, проектів детального планування на незабудованій території міст при нескладному рельєфі місцевості;

– для складання технічних проектів промислових та сільськогосподарських підприємств усіх галузей;

– для виконання вишукувально-розвідувальних робіт, попередніх та детальних розвідок та визначення запасів родовищ корисних копалин великих та середніх розмірів з відносно простою геологічною будовою;

– для проектування будівництва гірничих підприємств, а також для розв'язання гірничотехнічних питань при експлуатації родовищ корисних копалин;

– для складання проектів осушення та зрошення сільськогосподарських земель, регулювання річок-водозбірників та характеристик типових ділянок;

– для земельного кадастру та землеустрою колективних та індивідуальних сільськогосподарських угідь.

Топографічні плани масштабу 1:5 000 є основою для складання карт дрібніших масштабів.

Топографічні плани масштабу 1:2 000 використовуються:

- для розробки генеральних планів міст, селищ міського типу та сіл;
- для складання проектів детального планування окремих районів міста (селища), розбивочних креслень з прив'язками червоних ліній до опорних будинків і центрів геодезичних пунктів; технічних проектів забудови, інженерної підготовки та озеленення територій міст і селищ;
- для складання виконавчих планів гірничопромислових підприємств (копалин, шахт, кар'єрів, розрізів);
- для виконання попереднього детального розвідування і визначення запасів корисних копалин родовищ малих та середніх розмірів з складною геологічною будовою, неправильною формою залягання та нерівномірним розподілом оруднення;
- для складання технічних проектів промислових підприємств усіх галузей народного господарства, у тому числі морських портів суднобудівних заводів, електростанцій, гідротехнічних споруд, захисних дамб, трубопровідних, насосних та компресорних станцій, лінійних пунктів та ремонтних баз, переходів через великі річки та інше;
- для складання проектів та робочих креслень осушення та зрошення земель сільськогосподарського призначення;
- для ведення кадастру населених пунктів із одноповерховою забудовою.

Топографічні плани масштабу 1:2 000 є основою для складання планів населених пунктів масштабу 1:5 000 та карт дрібніших масштабів.

Топографічні плани масштабу 1:1 000 використовуються:

- для складання генерального плану та робочих креслень при проектуванні на забудованих та незабудованих територіях малоповерхового (до 3-х поверхів) будівництва;
- для вертикального планування та складання планів інженерних комунікацій;
- для складання робочих креслень бетонних гребель, будинків гідроелектростанцій (ГЕС), камер шлюзів, ділянок прилягання гребель до схилів;
- для розробки проектів перебудови існуючих та робочих креслень нових залізничних станцій;
- для детальних розвідок та підрахування запасів корисних копалин родовищ з виключно складною геологічною будовою;

– для ведення кадастру населених пунктів із забудовою середньої складності.

Топографічні плани масштабу 1:1 000 є основою для складання планів та карт дрібніших масштабів.

Топографічні плани масштабу 1:500 використовуються:

– для складання виконавчих планів промислових підприємств, багатоповерхової забудови житлово-цивільного будівництва з мережею підземних інженерних комунікацій, генеральних планів ділянок будівництва та робочих креслень багатоповерхової забудови, для проведення вертикального планування, складання планів існуючих підземних мереж та споруд і прив'язки будівель та споруд до ділянок забудови міста;

– для складання робочих креслень гребель головною вузла басейнів добового регулювання, зрівнювальних шахт, напірних трубопроводів будівель ГЕС та інших споруд;

– для кадастру населених пунктів із складною забудовою.

Топографічні плани масштабу 1:500 є основою для складання планів всього масштабного ряду.

Призначення планів та методи зйомок детально викладаються в інструкціях з топографічних зйомок Головного управління геодезії картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України.

Особливості топографічних зйомок, що виникають при вирішенні спеціальних завдань, регламентуються керівними технічними матеріалами погодженими з Головним управлінням геодезії картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України.

Викладені в цьому пункті положення є рекомендаційними. В разі необхідності проведення зйомок більш великих масштабів їх доцільність обґрунтовується інженерними розрахунками.

7.3 Проекція, система координат і висот, розграфка, номенклатура

Топографічні плани забудованих та незабудованих територій масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500 створюються у проекції Гаусса-Крюгера, у триградусних зонах у державній системі координат УСК-2000. Система висот – Балтійська (1977 р.).

У населених пунктах всі нові зйомки виконуються в раніше прийнятих місцевих системах координат та висот, які зв'язані з державною системою.

В окремих випадках, за відсутності пунктів геодезичної основи на відстані до 3 км, топографічна зйомка незабудованої території невеликої площі (до 10 га), виконується в умовній системі координат і висот.

За основу розграфки планів масштабів 1:5 000, на площі понад 20 км² приймається аркуш карти масштабу 1:100 000, який ділиться на 256 частин для планів масштабу 1:5 000, а кожен аркуш масштабу 1:5 000 – на дев'ять частин для планів масштабу 1:2 000.

Номенклатура аркуша масштабу 1:5 000 складається з номенклатури аркуша карти масштабу 1: 100 000 і взятого в дужки номера аркуша масштабу 1:5 000, наприклад: М-36-40-(206).

Номенклатура аркуша масштабу 1:2 000 складається з номенклатури аркуша плану масштабу 1:5 000 та однієї з перших дев'яти малих літер алфавіту (а, б, в, г, д, е, є, ж, з), наприклад М-36-40-(206-а).

Для планів наведеної вище розграфки встановлюються такі розміри рамок:

- для масштабу 1:5 000 – 1'15,0" за широтою та 1'52,5" за довготою;
- для масштабу 1:2 000 – 25,0" за широтою та 37,5" за довготою.

На планах відображається сітка прямокутних координат, лінії якої проводяться через 10 см.

Для топографічних планів, що складаються на населені пункти, а також на ділянки незабудованих територій площею менш ніж 20 км², застосовується прямокутна розграфка з розмірами рамок для масштабу 1:5000 – 40×40 см, а для масштабу 1:2 000, 1:1 000 та 1:500 – 50×50 см.

Рамки аркушів масштабів 1:5 000 та 1:2 000 мають збігатися з лініями кілометрової сітки.

Для території населених пунктів та ділянок площею до 20 км² за основу розграфки приймається аркуш масштабу 1:5 000, позначений арабськими цифрами. Йому відповідають чотири аркуші масштабу 1:2 000, кожний з яких позначається приєднанням до номера масштабу 1:5 000 однієї з перших чотирьох великих літер алфавіту (А, Б, В, Г).

Аркушеві масштабу 1:2 000 відповідають чотири аркуші масштабу 1:1 000, які позначаються римськими цифрами (I, II, III, IV) або 16 аркушів масштабу 1:500, які позначаються арабськими цифрами (1, 2, 3, ..., 16).

Для топографічних зйомок невеликих ділянок позначення аркушів масштабів 1:1 000 та 1:500 може відрізнятися від встановлених, що вказується у технічному проекті (програмі робіт).

7.4 Зміст топографічних планів

На великомасштабних топографічних планах (масштаби 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500), в графічному або цифровому вигляді, достовірно з необхідною точністю та детальністю, в залежності від масштабу плану, відображуються: житлові та нежитлові будівлі та споруди, об'єкти шляхової мережі, надземні та підземні інженерні споруди, межі та огорожі, гідрографія та гідротехнічні споруди, рельєф місцевості, рослинний покрив, а також пункти геодезичної основи.

На топографічних планах всіх масштабів, в результаті застосування умовних знаків, забезпечується однакове відображення однотипних елементів місцевості.

Рельєф місцевості передається горизонталями, умовними знаками, а також підписами відміток пікетів місцевості, горизонталей, глибини (відносні висоти) окремих форм рельєфу, а також вказується напрямок схилу.

Висота перерізу рельєфу встановлюється залежно від характеру місцевості, масштабу планів, а також їх призначення (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 – Значення висоти перерізу рельєфу в залежності від характеру місцевості та масштабу планів

Характеристика рельєфу ділянки зйомки	Масштаб зйомки			
	1:5 000	1:2 000	1:1 000	1:500
	Переріз рельєфу, м			
Рівний, з кутами нахилу до 2°	0,5	0,5	0,5	0,5
	1,0	1,0		(0,25)
Горбистий, з кутами нахилу до 4°	1,0	0,5	0,5	0,5
	2,0	1,0; 2,0		
Пересічений, з кутами нахилу до 6°	2,0	1,0	1,0	0,5
	5,0	2,0		
Гірський та передгірський	2,0	2,0	1,0	1,0
	5,0			

Примітка: висота перерізу рельєфу 0,25 м може бути використана на територіях, призначених для будівництва відповідальних споруд, де вирішуються питання вертикального планування, за умови виконання зйомочних робіт методом нівелювання по квадратах на рівній або попередньо підготовленій території.

Для зображення характерних форм та деталей рельєфу, які не відображаються горизонталями основного перерізу, використовуються половинні або допоміжні горизонталі.

На топографічних планах масштабів 1:5 000 та 1:2 000 на кожний квадратний дециметр підписується не менш ніж п'ять відміток характерних точок місцевості.

На планах масштабів 1:1 000 та 1:500 підписуються відмітки не менш ніж через 2 см.

Горизонталі не проводяться через штучні покриття та розриті території (розрізи, кар'єри тощо).

В разі необхідності проведення горизонталей через штучні покриття та розриті території доцільність обґрунтовується в технічних проектах (програмах) робіт.

На топографічних планах власні назви населених пунктів, вулиць, залізничних станцій, портів, лісів, урочищ, вершин, перевалів, полонин, ярів та інших об'єктів підписуються державною мовою.

При написанні назв об'єктів на планах масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500 керуються вимогами передачі географічних назв з мов національностей, переважаючих на даній території.

7.5 Точність топографічних планів

Точність топографічних планів оцінюється за величинами розходжень положень контурів та висот точок, виміряних на плані з даними контрольних вимірів на місцевості.

Критеріями оцінки якості є середні, граничні та грубі похибки, які не повинні перевищувати величини встановлених похибок.

Середня похибка у положенні на плані предметів та контурів місцевості з чіткими контурами відносно ближніх точок зйомочної основи не повинна перевищувати 0,5 мм, а в гірській та залісненій місцевості – 0,7 мм у масштабі плану.

Середня похибка у взаємному положенні на плані чітких контурів на забудованій території (роги капітальних будівель, люки інженерних комунікацій та інші, визначені з допомогою координування), розташованих один від одного на відстані до 100 м, не повинна перевищувати 0,3 мм у масштабі плану.

Середня похибка зйомки рельєфу відносно ближніх точок геодезичної основи не повинна перевищувати по висоті:

- 1/4 прийнятої висоти перерізу рельєфу при кутах нахилу до 2°;
- 1/3 – при кутах нахилу від 2° до 6° для планів масштабу 1:5 000, 1:2 000 і до 10° для планів масштабу 1:1 000 та 1:500;
- 1/3 – при перерізі рельєфу через 0.5 м на планах масштабів 1:5 000 та 1:2 000.

На залісненій місцевості ці допуски збільшуються у півтора рази.

У місцевостях з кутами нахилу рельєфу більш як 6° для планів масштабів 1:5 000 та 1:2 000, а також більш як 10° для планів масштабів 1:1 000 та 1:500 кількість горизонталей повинна відповідати різниці висот, визначених на характерних перегінах схилів, а середні похибки висот, визначених на характерних типах рельєфу, не повинні перевищувати 1/3 прийнятої висоти перерізу рельєфу.

Граничні похибки у положенні на плані предметів та контурів місцевості з чіткими контурами відносно ближніх точок зйомочної геодезичної основи не повинні перевищувати 1,0 мм, а в гірській та залісненій місцевості – 1,4 мм у масштабі плану.

Граничні похибки у взаємному положенні на плані чітких контурів на забудованій території не повинні перевищувати 0,6 мм у масштабі плану.

Кількість граничних похибок не повинна перевищувати 10% від загальної кількості контрольних вимірів.

При наявності грубих (випадкових) похибок їх кількість не повинна перевищувати 5%. Якщо таких похибок більше 5% – робота бракується.

7.6 Геодезична основа

Геодезичною основою топографічних зйомок масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500 є:

– в плановому відношенні – пункти державної геодезичної мережі 1, 2, 3 і 4 класів, геодезичних мереж згущення 1 і 2 розряду та точок зйомочної мережі;

– у висотному відношенні – репери та марки нівелірної мережі I, II, III, IV класів, пункти державної геодезичної мережі 1, 2, 3, 4 класів, геодезичних мереж згущення 1 і 2 розрядів та зйомочних мереж, висоти яких визначені геометричними або тригонометричним нівелюванням, виконаних із застосуванням сучасних методів.

Для виконання топографічних зйомок незабудованих територій щільність пунктів державної геодезичної мережі має бути не менше:

- для зйомок у масштабі 1:5 000 – 1 пункт на 20-30 км²,
- для зйомок у масштабах 1:2 000 і більше – 1 пункт на 5-15 км².

Для виконання топографічних зйомок забудованих територій загальна щільність пунктів державної геодезичної мережі та пунктів геодезичних мереж згущення має бути не менше:

- в забудованій частині – 4 пункти на 1 км²;
- незабудованій частині – 1 пункт на 1 км².

Репери нівелювання слід розташовувати так, щоб на кожен аркуш зйомки масштабу 1:5 000 було не менше одного нівелірного знака.

При аерофототопографічній зйомці похибка розпізнавання пунктів планової геодезичної основи на місцевості, в тому числі планових опознаків, не може перевищувати 0,1 мм у масштабі плану. Якщо окремі пункти розпізнати неможливо, їх прив'язують до контурних точок чітко зображених на аерознімках.

Пункти планової геодезичної основи необхідно маркувати до виконання аерофотозйомки.

Середня похибка визначення положення пунктів планової зйомочної основи відносно найближчих пунктів геодезичних опорних мереж не повинна перевищувати 0,1 мм у масштабі плану у відкритих районах і 0,15 мм – у заліснених районах.

Середня похибка визначення висот пунктів зйомочної основи відносно найближчих пунктів геодезичних опорних мереж не повинна перевищувати 1/10 висоти перерізу рельєфу прийнятої для даного масштабу.

Кількість закріплених в незабудованій території точок зйомочної основи на плані, тип центрів зйомочної мережі визначаються технічними інструкціями та проектами.

7.7 Методи створення топографічних планів

Топографічні плани масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500 складають на основі топографічних зйомок, що виконуються методами аерофототопографічної або наземної зйомки.

До методів аерофототопографічної зйомки місцевості відносяться: стереотопографічний і комбінований (зйомка на фотоплані).

До наземної зйомки місцевості відносяться: мензульна, тахеометрична, горизонтальна і вертикальна, наземна фототопографічна (фототеодолітна).

Тахеометрична, горизонтальна та вертикальна, фототеодолітна зйомки різняться способами визначення координат контурних точок.

Застосування того або іншого методу залежить від економічної доцільності у кожному конкретному випадку.

Створювані топографічні плани можуть бути представлені у графічному або цифровому вигляді. За допомогою існуючих технічних засобів у цифровий вигляд можуть бути також переведені раніше складені топографічні плани.

7.8 Оновлення топографічних планів

Зміст топографічних планів масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500 повинен відображати сучасний стан місцевості. Для утримання планів на сучасному рівні, в міру необхідності, яку визначає користувач топографічних планів, виконується їх оновлення.

Оновлення великомасштабних планів досягається: внесенням поточних змін у зміст топографічних планів (коректура), виконанням нових топографічних зйомок.

Коректурі підлягають топографічні плани, зміст яких до 35% не відповідає місцевості. При цьому слід враховувати стан планів більших масштабів.

При кількості змін в контурах та рельєфі більш ніж на 35% виконується нова зйомка. При відображенні цих змін на планах більших масштабів, плани менших масштабів також підлягають коректурі.

Технологія оновлення планів вибирається в залежності від кількості змін, характеру місцевості, матеріалів, що використовуються та наявності приладів.

7.9 Оформлення топографічних планів

Залежно від використання планів їх можна оформлювати:

- у вигляді складального (зйомочного) оригіналу;
- у вигляді видавничого оригіналу;
- у вигляді цифрової моделі місцевості.

Зйомочні оригінали повинні бути такої якості, щоб з них можна було виготовляти чіткі фотокопії.

Зйомочні оригінали масштабів 1:1 000 та 1:500 креслять олівцем, в один колір.

Зйомочні оригінали масштабів 1:5 000 та 1:2 000 кресляться тушшю.

Видавничі оригінали виготовляються, при необхідності, виданням тиражних відбитків.

Цифрові моделі місцевості записуються на магнітних, оптичних або іншого виду носіях.

Складальні (зйомочні) оригінали оформляються:

– на копіях з мозаїчних фотопланів, виготовлених на жорсткій основі (метал, пластик);

– на креслярському папері, наклеєному на жорстку основу.

Оригінали масштабів 1:5 000 та 1:2 000 оформляються у наступних кольорах:

– *зелений* – умовні знаки гідрографічних об'єктів, болота, солончаки;

– *коричневий* – горизонталі, умовні знаки елементів рельєфу глинистих, кам'янистих, полігональних і горбистих поверхонь, пісків та галечників;

– *чорний* – всі інші елементи плану.

При оформленні складального (зйомочного) оригіналу основна увага звертається на чіткість та ясність зображення окремих контурів та рельєфу.

Умовні знаки та шрифти написів за характером викреслювання та розмірами повинні відповідати умовним знакам та зразкам шрифтів, встановлених для планів даного масштабу. При оформленні оригіналів застосовуються прогресивні методи поліграфії (фотонаклейки, деколі, аплікації та ін.).

7.10 Видання топографічних планів

Топографічні плани масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500 видаються попланшетно або відповідно із завданням замовника, аркушами, із зарамочним оформленням чи із штампом, згідно з вимогами єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД).

Топографічні плани населених пунктів масштабів 1:5 000 та 1:2 000, що виконуються за рахунок держбюджету, видаються замовникам попланшетно із зарамочним оформленням в один колір. За спеціальним замовленням плани видаються аркушами в кілька кольорів.

Топографічні плани всіх масштабів, які створюються для проектування окремих об'єктів (підприємства, жилі райони; будівлі, траси та ін.), видаються окремими аркушами максимального розміру 600×1200 мм. Мінімальний розмір аркуша – 208×298 мм. Подальше збільшення аркуша до максимального розміру роблять кратним мінімальному.

Аркуші оформлюються штампом, де вказуються дані про виконавця робіт, масштаб, висоту перерізу рельєфу, назву об'єкта, кількість аркушів та ін.

Для передачі матеріалів замовнику із оригіналу знімаються копії. Замовнику передається калька та копії.

Побудова цифрових моделей місцевості (ЦММ) здійснюється на основі топографічних зйомок та планів.

Питання для самоперевірки до теми № 7

1. Топографічні плани яких масштабів є основою для складання планів населених пунктів масштабу 1:5 000 та карт дрібніших масштабів?

2. Які розміри рамок (в см) застосовуються для прямокутної розграфки топографічних планів масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500, що складаються на населені пункти, а також на ділянки незабудованих територій площею менш ніж 20 км²?

3. Які методи відносяться до аерофототопографічної та наземної зйомок місцевості, що виконуються при створенні топографічних планів?

4. Як досягається оновлення великомасштабних топографічних планів?

5. Який мінімальний розмір (в мм) допускається для аркушів топографічних планів всіх масштабів, які створюються для проектування окремих об'єктів (підприємства, жилі райони; будівлі, траси та ін.)?

8 СПОСОБИ ЗНІМАННЯ СИТУАЦІЇ МІСЦЕВОСТІ ТА ОСНОВНІ ВИМОГИ І ЗАГАЛЬНІ ПОЯСНЕННЯ ДО ТОПОГРАФІЧНИХ ЗНІМАНЬ

Знімання місцевості – це сукупність геодезичних вимірювань на земній поверхні, що виконуються для складання плану або карти даної ділянки місцевості. Якщо за результатами виконання знімання на плані отримують лише положення контурів об'єктів без зображення рельєфу, то його називають *контурним* (або *горизонтальним*), а якщо лише рельєф – *висотним*. Знімання, за результатами якого отримують контури і рельєф місцевості, називають *топографічним*.

8.1 Види та етапи топографічних зніманих

У залежності від геодезичних приладів, якими виконують польові роботи, розрізняють такі види зніманих:

– *теодолітне* (контурне або горизонтальне) знімання, яке виконують із використанням теодолітів, рулеток, віддалемірів або віддалемірних насадок, дозволяє отримати контурний (горизонтальний) план ділянки місцевості без зображення рельєфу;

– *висотне* знімання, яке на забудованих територіях виконують із використанням нівелірів і нівелірних рейок шляхом прокладання ходів технічного нівелювання по осях поїздів, дозволяє отримати позначки характерних точок контурів і рельєфу.

– *тахеометричне* знімання, яке виконують із використанням теодолітів-тахеометрів, оптико-механічних та електронних тахеометрів і нівелірних рейок, дозволяє отримати план ділянки місцевості з зображенням рельєфу;

– *нівелювання поверхні*, яке виконують з використанням нівеліра та нівелірних рейок, а знімання контурів – з використанням теодоліта, рулетки, віддалемірів або віддалемірних насадок, дозволяє отримати план місцевості з зображенням рельєфу;

– *мензульне* знімання, яке виконують за допомогою мензули і кіпрегеля, дозволяє отримати топографічний план місцевості, який складається в полі одночасно з виконанням польових вимірювань;

– *аерофототопографічне* знімання, яке виконують за допомогою фотоапарату, встановленого на літаку або безпілотному літальному апараті, (БПЛА) дозволяє отримати як контурний, так і топографічний план місцевості;

– *фототопографічне* знімання, яке виконують фототеодолітом дозволяє отримати як контурний, так і топографічний план місцевості.

Нижче наведені етапи геодезичних робіт при виконанні знімання.

1. Підготовчий етап, який включає в себе:

– рекогносцировку знімальної ділянки місцевості, у процесі якої виявляються характер ситуації і складність рельєфу, наявність і міра збереження опорних геодезичних пунктів;

– згущення наявної або створення нової знімальної мережі, наприклад, у вигляді теодолітних замкнутих або розімкнутих ходів.

2. Вимірювальний етап, у процесі якого безпосередньо на місцевості виконуються вимірювання за допомогою геодезичних приладів.

3. Камеральні роботи, які включають у себе:

– математичну обробку результатів польових вимірювань;

– графічну побудову і оформлення плану місцевості.

8.2 Вибір масштабу знімання і висоти перерізу рельєфу

Існують стандартні масштаби знімань і планів, складених на їх основі, а також відповідні до цих масштабів висоти перерізу рельєфу.

Масштаб знімання місцевості залежить від наступних чинників:

– розміру знімальної ділянки, густоти і характеру її забудови;

– наявності підземних і надземних інженерних комунікацій;

– виду та стадії проведення землепорядних робіт або проектування інженерних споруд та ін.

При обранні масштабу знімання слід також врахувати такі чинники:

– точність отримання даних при геодезичному проектуванні;

– точність зображення рельєфу;

– можливість зображення в даному масштабі контурів;

– економічність знімання тощо.

Врахування всіх вимог і чинників повинно передбачати виключення повторних знімань.

Вибір висоти перерізу рельєфу залежить переважно від масштабу знімання і характеру місцевості.

При визначенні нормальної висоти перерізу рельєфу для стандартних масштабів топографічних планів враховують два головні чинника:

1 – граничний кут схилу, при якому рельєф ще може бути показаний горизонталями, дорівнює 30° ;

2 – найменша віддаль (закладення) δ між горизонталями на плані, при якій ще можна буде їх розрізнити, дорівнює близько 0,3 мм.

Довжина d горизонтального прокладання відрізка δ на місцевості може бути визначена за формулою:

$$d = \delta \cdot M, \quad (8.1)$$

де M – знаменник чисельного масштабу плану.

Тоді нормальна висота h_0 перерізу рельєфу буде дорівнювати:

$$h_0 = \delta \cdot M \cdot \operatorname{tg}30^\circ = 0,3 \cdot M \cdot 0,58 = 0,2 \cdot M. \quad (8.2)$$

Враховуючи, що 1 м = 1000 мм, остаточно будемо мати формулу для обчислення нормальної висоти h_0 перерізу рельєфу в метрах:

$$h_0 = 0,2 \cdot M / 1000 = M / 5000. \quad (8.3)$$

8.3 Способи знімання ситуації місцевості

При виконанні топографічних зніманих за допомогою геодезичних приладів визначають просторове положення характерних точок рельєфу та контурів ситуації відносно пунктів і ліній знімальної основи.

Просторове положення точок визначають:

- *за висотою* – методами геометричного або тригонометричного нівелювання;
- *у плані* – різними способами, вибір яких залежить:
 - від складності рельєфу і ситуації;
 - виду та масштабу знімання;
 - виду та характеру контурів, що підлягають зніманню;
 - віддалей до знімальних точок.

На практиці застосовуються такі способи знімання ситуації.

1. **Спосіб перпендикулярів (прямокутних координат).** Положення точок 1 і 2 кутів будівлі (рис. 8.1) відносно створу I-II визначається такими величинами:

- абсцисами x_1 та x_2 від заднього пункту I уздовж сторони I-II ходу до основ перпендикулярів до неї, опущених відповідно з точок 1 та 2;
- довжинами y_1 та y_2 перпендикулярів.

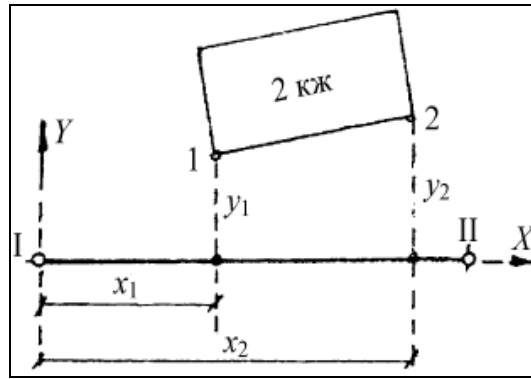


Рисунок 8.1 – Спосіб перпендикулярів

Віддалі x_1 , x_2 , y_1 , y_2 вимірюють рулеткою або оптичним віддалеміром з точністю до 0,01 м. Короткі (до 8 м) перпендикуляри будують *на око*, довші – за допомогою дзеркального або призмового екера.

На рис. 8.2 показаний дводзеркальний екер і хід променів у ньому.

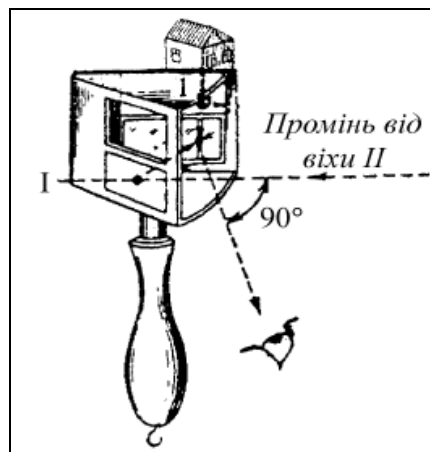


Рисунок 8.2 – Дводзеркальний екер

Він складається із металевої тригранної оправы, в якій установлені під кутом 45° одне до одного два дзеркала, котрі служать для побудови і опускання перпендикулярів на сторони теодолітного ходу, і ручки з крючком для виска. В оправі над дзеркалами є два віконця.

Щоб опустити перпендикуляр, наприклад, з точки 1 (кут будівлі) на лінію I-II (рис. 8.1), спостерігач переміщається вздовж лінії (рис. 8.2) доти, поки точка 1, видима у віконці екера, не суміститься з зображенням віхи II (віху можна ставити і в пункті I) у дзеркалі під цим віконцем. Основа перпендикуляра проєціюється на поверхню землі на створ лінії 1-I! виском, підвішеним до ручки екера, і закріплюється кілком.

Для забезпечення заданої точності довжини перпендикулярів обмежують у залежності від масштабу знімання і способу їх побудови (див. табл. 8.1).

Таблиця 8.1 – Граничні довжини перпендикулярів

Масштаб знімання	Гранична довжина (м) перпендикуляра, побудованого:	
	на око	екером
1:2 000	8	60
1:1 000	6	40
1:500	4	20

Точки 1 і 2 наносять на план таким чином. Уздовж створу I-II відкладають у масштабі плану від пункту I значення абсцис x_1 та x_2 . З кінців отриманих відрізків у потрібну сторону за допомогою трикутника будують перпендикуляри до створу I-II та вздовж них відкладають у масштабі плану значення ординат y_1 та y_2 . Кінці перпендикулярів з'єднують і отримують на плані зображення однієї сторони будівлі.

Повний контур будівлі на плані отримують за результатами рулеткового обміру її по всьому периметру.

Спосіб перпендикулярів застосовують при зніманні витягнутих у довжину контурів – вулиць, будівель, доріг, наземних трубопроводів, каналів, балок т. ін.

2. **Спосіб полярних координат.** Положення точки 1 (рис. 8.3) визначають полярним кутом β , що вимірюється теодолітом у пункті II між створом II-III та напрямком на точку 1, і горизонтальним прокладанням d до неї від полюса II.

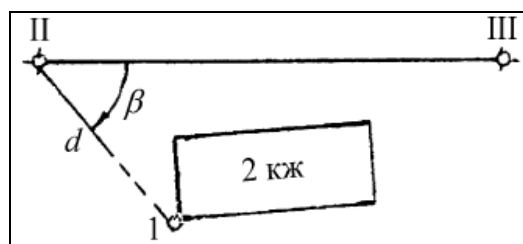


Рисунок 8.3 – Полярний спосіб

Кут β вимірюють теодолітом одним півприйомом при КЛ з точністю 1'. Перед вимірюванням кута суміщають нулі лімба й аліади та, закріпивши аліаду, наводять трубу теодоліта на пункт III, орієнтуючи тим самим лімб по лінії II-III.

Потім, закріпивши лімб і обертаючи алідаду за ходом годинникової стрілки, наводять трубу на точку 1 і роблять відлік по горизонтальному колу.

Полярну віддаль вимірюють однократно мірною стрічкою, рулеткою або оптичним віддалеміром.

При зніманні ситуації розрізняють так звані тверді (чіткі) і нетверді (нечіткі) контури.

Тверді (чіткі) контури (кути будівель, стовпи електропередачі, люки оглядових колодязів і т. ін.) мають на місцевості чіткі межі, віддалі до них вимірюють з точністю до 0,01 м.

Нетверді (нечіткі) контури (межі насипів, виїмок, балок, угідь, посадок рослинності, заболоченості та ін.), навпаки, не мають на місцевості чітких меж, тому віддалі до них визначають з точністю до 0,1 м.

Для забезпечення точності знімання чітких і нечітких контурів при різних масштабах знімання та способах вимірювання полярної віддалі величину її обмежують. Вони не повинні перевищувати величин, наведених у табл. 8.2.

Для побудови точки 1 на плані транспортиром у пункті II від створу II-III відкладають кут β і в отриманому напрямку від пункту II відкладають у масштабі плану горизонтальну віддаль d .

Полярний спосіб застосовують на відкритій, зручній для безпосередніх лінійних вимірювань, місцевості для знімання точок ситуації, достатньо віддалених (див. табл. 8.2) від точок знімальної основи.

Таблиця 8.2 – Граничні віддалі до контурів при способі полярних координат

Масштаб знімання	Гранична довжина полярної віддалі (м), вимірної:			
	рулеткою до контурів		нитковим віддалеміром до контурів	
	чітких	нечітких	чітких	нечітких
1:2 000	250	300	100	150
1:1 000	180	200	60	100
1:500	120	150	40	80

3. Спосіб прямої кутової засічки. Положення точки 1 (рис. 8.4) визначають горизонтальними кутами β_3 і β_4 , відлічуваними від базису ходу (сторони III-IV) до напрямків на точку 1. Основна вимога полягає в тому, щоб кут γ засічки при точці 1 знаходився в межах від 30° до 150° . Вигідною засічка буде при $\gamma \approx 90^\circ$.

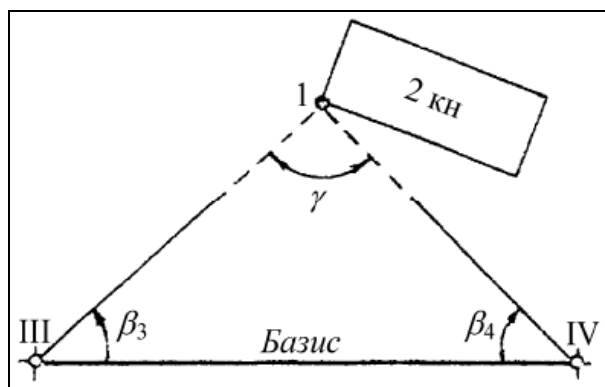


Рисунок 8.4 – Спосіб прямої кутової засічки

Кут β_3 і β_4 вимірюють, як і при полярному способі, теодолітом одним півприйомом при КЛ з точністю $1'$.

Допустимі віддалі до визначуваних точок наведено в табл. 8.3.

Таблиця 8.3 – Граничні віддалі до контурів при зніманні способом кутової засічки

Масштаб знімання	Граничні віддалі до контурів (м), вимірної:	
	чітких	нечітких
1:2 000	400	1200
1:1 000	200	600
1:500	100	300

Для нанесення точки 1 на план з пунктів III і IV під кутами β_3 і β_4 , відкладеними транспортиром від сторони III-IV теодолітного ходу, проводять напрямки, у перетині яких отримують точку 1.

Спосіб прямої кутової засічки застосовується на відкритій, але незручній для безпосередніх лінійних вимірювань, місцевості для знімання точок ситуації, достатньо віддалених (див. табл. 8.3) від точок (III, IV) знімальної основи.

4. **Спосіб лінійних засічок.** При зніманні цим способом положення точки 1 (рис. 8.5) визначається однократним вимірюванням рулеткою віддалей d_1 і d_2 до неї відповідно пункту IV і створної точки A.

Довжини ліній засічки не повинні перевищувати довжину мірного приладу. Для підвищення точності знімання трикутник засічки роблять близьким до рівнобічного.

При вимірюванні ліній віддалемірами допустимі віддалі міняються в залежності від точності застосованого віддалеміра і масштабу знімання.

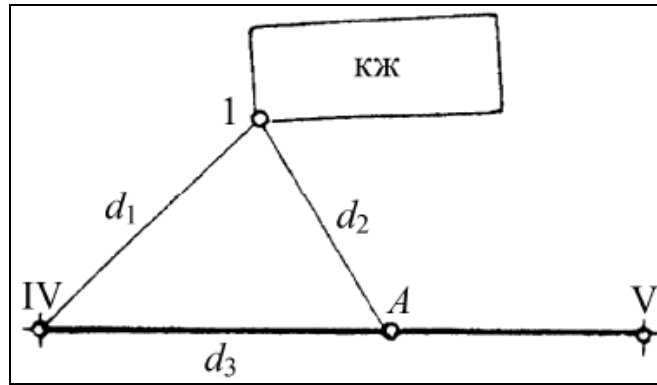


Рисунок 8.5 – Спосіб лінійної засічки

Найбільш важливі чіткі контури (кути капітальних будівель, кварталів, виходи підземних комунікацій та ін.) визначають засічками з трьох опорних точок.

На плані положення точки 1 визначають як вершину трикутника, побудованого в масштабі плану за трьома сторонами d_1 , d_2 і d_3 (рис. 8.5).

Спосіб лінійних засічок застосовують, якщо умови місцевості дозволяють легко виконувати лінійні вимірювання.

5. Спосіб створів. При зніманні цим способом положення контурних точок a і b (рис. 8.6), що знаходяться в створі опорної сторони V-VI, визначають шляхом візування теодолітом з опорної точки V на опорну точку VI та однократного вимірювання рулеткою або віддалеміром уздовж створу V-VI від точки V віддалей d_1 і d_2 відповідно до точок a і b .

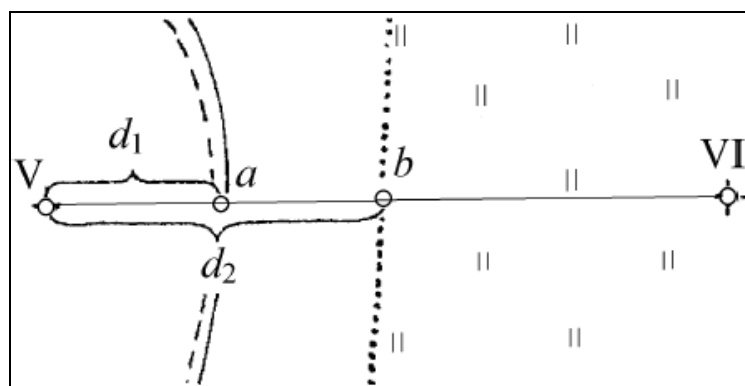


Рисунок 8.6 – Спосіб створів

Для побудови точок a і b на плані від пункту V уздовж створу лінії V-VI відкладають у масштабі плану виміряні віддалі d_1 і d_2 , кінці яких і будуть відповідно контурними точками a і b .

Спосіб створів використовують у комбінації із способами лінійних засічок або перпендикулярів для знімання нечітких контурів.

Виміряні віддалі до контурних точок у всіх способах знімання при кутах нахилу місцевості більше $1,5^\circ$ приводять до горизонту.

У зв'язку з тим, що лінійні вимірювання при зніманні виконуються з точністю, що не перевищує $1/1000$, то кути нахилу поверхні до 6° можна вимірювати екліметром (рис. 8.7), а понад 6° – теодолітом з точністю $1'$.

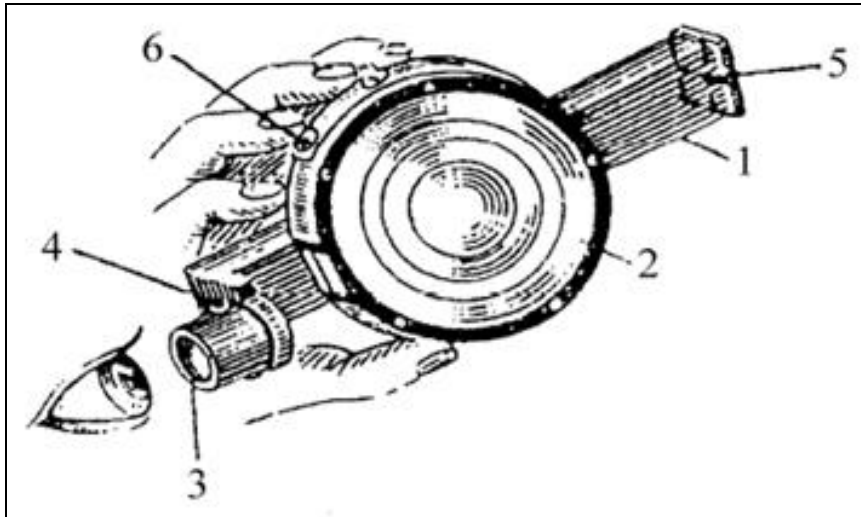


Рисунок 8.7 – Вимірювання кута нахилу до 6° за допомогою екліметра (пояснення позначень у тексті)

Екліметр (рис. 8.7) – спрощений ручний геодезичний прилад для вимірювання кутів нахилу ліній з точністю $0,25-0,5^\circ$.

Диск з градусними поділками, нанесеними на його ободі в обидві сторони від 0 до 60° (зі знаком плюс униз і зі знаком мінус уверх), обертається всередині коробки 2, до якої прикріплена трубка 1 з очним 4 і предметним 5 діоптрами. Знаки плюс або мінус на диску вказують на кути підвищення або пониження візирної лінії, що проходить через діоптри. У нижній частині диска є вага, під впливом якої диск сам устанавлюється так, що нульовий діаметр його завжди займає горизонтальне положення.

Для вимірювання кута нахилу лінії v з початкової точки лінії візують через діоптри на віху в кінцевій точці лінії на ту же висоту, на якій знаходиться екліметр у початковій точці. Натисненням кнопки 6 гальма відпускають вагу. Коли диск зупиниться, спостерігач, дивлячись у лупу 3, бере по ньому проти нитки предметного діоптра відлік значення кута нахилу, оцінюючи на око десяті частки градуса.

Якщо віддаль D виміряна мірною стрічкою, рулеткою чи віддалеміром з горизонтальною рейкою, то горизонтальне прокладання d обчислюють за формулою (8.4):

$$d = D \cdot \cos \nu, \quad (8.4)$$

де ν – кут нахилу.

Якщо віддаль D виміряна віддалеміром з вертикальною рейкою, то горизонтальне прокладання d обчислюють за формулою (8.5):

$$d = D \cdot \cos \nu = (100 \cdot n \cdot \cos \nu) \cdot \cos \nu = 100 \cdot n \cdot \cos^2 \nu, \quad (8.5)$$

де 100 – коефіцієнт віддалеміра;

n – відлік по рейці.

8.4 Основні вимоги і загальні пояснення до топографічних зніманих

8.4.1 Аерофототопографічне знімання

Аерофототопографічне знімання для створення топографічних планів виконують стереотопографічним або комбінованим методом.

Вибір методу визначається характером ситуації і рельєфу території, що підлягає зніманню, масштабом і площею знімання, існуючим фотограмметричним обладнанням, а також техніко-економічними розрахунками. З врахуванням наведених факторів і умов виконання робіт на конкретних об'єктах допускається поєднання стереотопографічного і комбінованого методів.

Аерофототопографічне знімання може виконуватися за однією з таких основних технологічних схем:

– контурну частину плану створюють на основі фотопланів, а знімання рельєфу проводять на універсальних стереофотограмметричних приладах; дешифрування виконують поєднанням польового і камерального дешифрування (стереотопографічний спосіб; 1-й варіант);

– створюють контурну частину плану і знімають рельєф на універсальних стереофотограмметричних приладах; дешифрування здійснюють за стереомоделлю камерально способом перенесення елементів польового дешифрування з фотосхем і фотознімків на графічний план (стереотопографічний спосіб; 2-й варіант);

– контурну частину плану створюють на основі фотопланів, а рельєф знімають звичайними наземними методами (мензультним, тахеометричним і т. ін.) одночасно з дешифруванням і зніманням контурів та об'єктів, що не відобразились на фотопланах (комбінований спосіб; 1-й варіант);

– контурну частину плану створюють на універсальних стереофотограмметричних приладах у вигляді графічних планів при камеральному дешифруванні всіх об'єктів, які відобразились на аерофотознімках, а знімання рельєфу виконують наземними методами; при цьому уточнюють дані камерального дешифрування і проводять дознімання відсутніх на графічному плані об'єктів (комбінований спосіб; 2-й варіант).

На об'єктах знімання, що мають окремі ділянки, на яких не можна застосувати стереотопографічний спосіб через суцільну високу трав'янисту і густу чагарникову рослинність або відсутність матеріалів аерознімання, слід поєднувати стереотопографічний метод з наземним.

Стереоскопічне знімання рельєфу при створенні топографічних планів з перерізом рельєфу через 1 м і 0,5 м не застосовують на територіях з суцільною високою рослинністю (ліс, парки, чагарники, поля зі злаковими і овочевими культурами).

Фотоплани, як основу топографічного плану, виготовляють на території з рівнинним, горбистим та інколи з гірським рельєфом при будь-якому характері забудови.

На незабудовані території з незначною кількістю контурів створюють графічні плани стереотопографічним або наземним способами; можна також створювати фотоплани.

До комплексу польових топографічних робіт при аерофототопографічному зніманні входять такі процеси:

- маркірування контурних точок та геодезичних пунктів або розпізнавання (ідентифікація) чітких контурів на аерознімках (рис. 8.8, 8.9);
- згущення знімальної планової основи (планова підготовка аерознімків);
- згущення знімальної висотної основи (висотна підготовка аерофотознімків) при стереотопографічному зніманні;
- дешифрування контурів при стереотопографічному зніманні;
- знімання рельєфу і дешифрування контурів при комбінованому зніманні.

Перед початком польових робіт розробляють робочий проект згущення знімальної основи, маркірування розпізнавальних знаків.

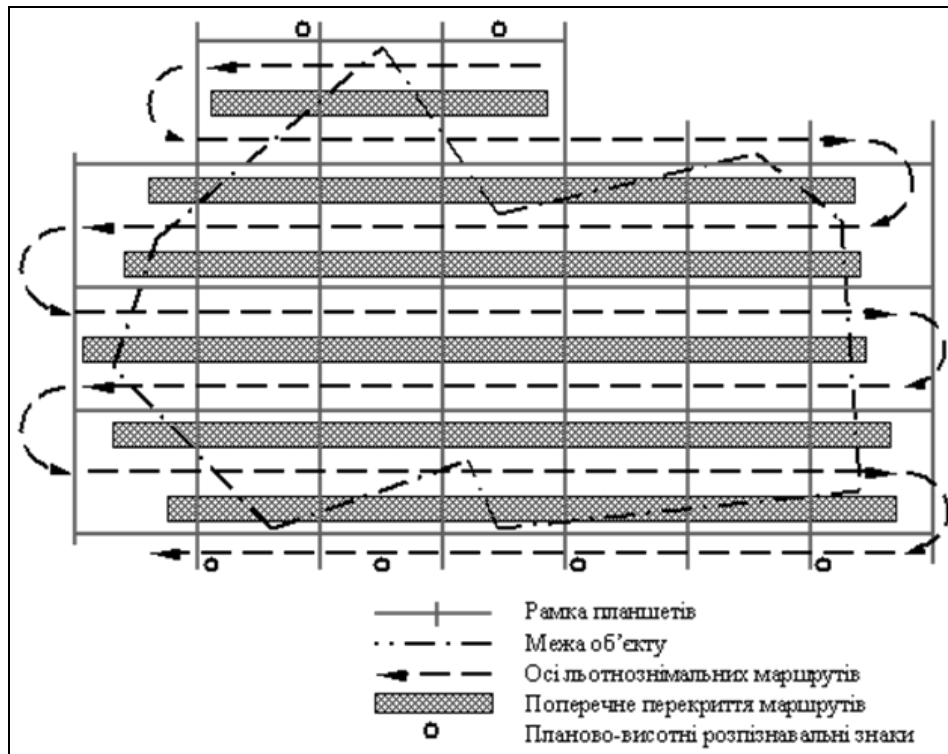


Рисунок 8.8 – Схема стандартного розміщення планово-висотних розпізнавальних знаків

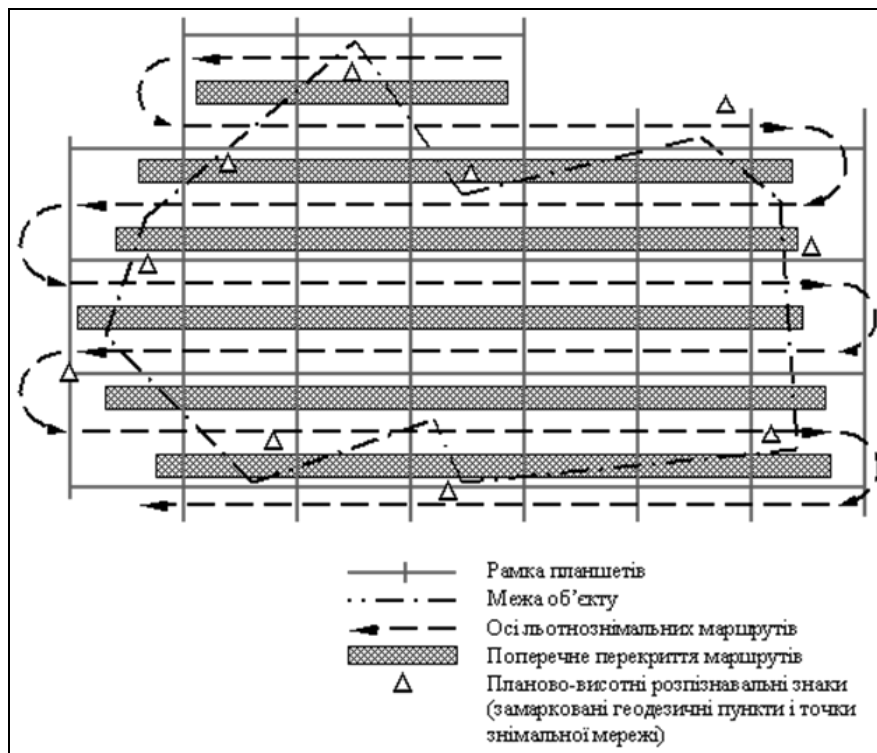


Рисунок 8.9 – Схема довільного розміщення планово-висотних розпізнавальних знаків

Для цього використовують існуючі топографічні карти, плани, масштаб яких у два-п'ять разів менший від масштабу плану, що створюється. За наявності матеріалів аерофотознімання використовують аерофотознімки і репродукції накідного монтажу.

Якщо аерофотознімання ще не виконане, то можна використати матеріали аерофотознімання минулих років.

Проект висотної підготовки аерофотознімків при розрідженій основі розробляють одночасно з проектом маркірування і планової підготовки аерофотознімків. При повній (суцільній) висотній підготовці проект розробляють на аерознімках, а після цього його переносять на репродукцію накідного монтажу.

Робочий проект знімальної основи розробляють згідно з технічним проектом, відповідно до вимог нормативних документів з фотограмметричних робіт при створенні топографічних карт і планів.

Під час розробки робочого проекту слід враховувати характер місцевості (рельєф, контурність) і забудови, якість проведеного аерофотознімання, густоту і розташування пунктів геодезичної мережі і знімальної основи, оснащеність фотограмметричними приладами і методи, які буде застосовано при проведенні просторової фототріангуляції.

При проектуванні намічують зони розміщення точок планової і висотної основи, місця визначення позначок урізів води в річках та інших водоймах, розробляють схеми і способи геодезичного визначення координат точок, встановлюють форму і розміри маркірувальних знаків.

Як точки планової і висотної основи, в першу чергу використовують пункти державної геодезичної мережі і геодезичних мереж згущення. Залежно від програми, яку застосовують для обробки результатів вимірювань при згущенні фотограмметричних мереж, точки планової і висотної знімальної основи (планові і висотні розпізнавальні знаки) розміщують рядами поперек аерознімальних маршрутів попарно через 6-8 базисів або рівномірно по всій площі ділянки знімання без дотримання визначеного положення на стереопарах (малюнки в базі даних відсутні).

На схемі проекту згідно з прийнятих умовних позначень показують:

- 1) межі об'єкта – чорним кольором;
- 2) номенклатурна розграфка планів – синім;
- 3) пункти геодезичної планової і висотної основи, включаючи пункти за межами об'єкту – чорним кольором;
- 4) напрямки осей запроектованих маршрутів аерофотознімання – зеленим кольором;

5) передбачені проектом розпізнавальні знаки та інші точки геодезичної основи, які треба визначити, – червоним кольором.

Ходи полігонометрії і нівелювання, які прокладають заново, показують на схемі лініями червоного кольору. Лінії, що з'єднують пункти в мережі триангуляції, на схемі не показують. На схемі показують також урізи води та інші точки, висоти яких повинні бути визначені в процесі польових робіт. Проект планової і висотної підготовки аерофотознімків підписує виконавець і затверджує керівник робіт.

До комплексу камеральних робіт входять:

а) при стереотопографічному зніманні:

– підготовчі роботи (вивчення матеріалів аерофотознімання і польових топографо-геодезичних робіт, робоче проектування, підготовка вихідних даних);

– фотограмметричне згущення опорної мережі;

– виготовлення фотопланів;

– дешифрування і стереотопографічне знімання контурів і рельєфу;

– підготовка планів до видання;

б) при комбінованому аерофототопографічному зніманні:

– підготовчі роботи;

– фотограмметричне згущення планової мережі;

– виготовлення фотопланів;

– підготовка планів до видання.

8.4.2 Наземне фототопографічне (фототеодолітне) знімання

Наземне фототопографічне (фототеодолітне) знімання застосовують для створення топографічних планів у масштабах 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500 районів з гірським та горбистим рельєфом і, в окремих випадках, у рівнинних районах для інженерних вишукувань. Точність та зміст топографічних планів, які створюють методом наземного фототопографічного (фототеодолітного) знімання, повинні відповідати загальним вимогам, що висуваються до топографічних знімань цих планів.

Щільність пунктів геодезичної основи для фототеодолітного знімання, а також точність їх визначення в плані і по висоті повинні відповідати вимогам діючих нормативних документів.

Геодезичні виміри з метою визначення координат і висот пунктів знімальної мережі, а також закріплення пунктів виконують відповідно до вимог діючих нормативних документів.

Пункти знімальної мережі розташовують так, щоб забезпечити можливість зручної прив'язки фототеодолітних станцій та контрольних точок. При цьому в межах кожного планшета масштабу 1:5 000 або 1:2 000 повинен бути закріплений на місцевості не менш ніж один пункт геодезичної мережі або знімальної основи.

Проект розміщення фотостанцій, способів їх геодезичної прив'язки та необхідної щільності контрольних точок (напрямків) розроблюють на картах (планах), масштаб яких може бути дрібнішим не більше ніж у 5 разів від масштабу створюваного плану. Проект уточнюють на місцевості.

Потрібну кількість фотостанцій визначають у залежності від форми рельєфу і прийнятого методу згущення мережі контрольних пунктів і зніманих «мертвого простору» (тобто ділянок місцевості, що не відобразилися на фотознімках).

Граничні відстані фотографування обмежуються вимогами, що пред'являються до точності планів, і технічними можливостями знімальних камер та стереофотограмметричних приладів.

Для фотокамер з фокусною відстанню до 200 мм допускаються такі значення граничних віддалей фотографування:

- 1) для стереоавтографа моделі 1318 – 8 дм у масштабі плану, що складається;
- 2) для стереоавтографів моделей 1318EL, Технокарта та 2, 4, 6 – 10 дм (при середній похибці нанесення контурів 0,5 мм) та 16 дм (при середній похибці 0,7 мм).

При зніманні в масштабі 1:5 000 максимальні віддалі слід обмежувати із врахуванням можливостей дешифрування.

Базиси фотографування повинні розташовуватися по можливості паралельно до загального напрямку горизонталей рельєфу ділянок місцевості, що фотографуються. Між кінцями базисів має бути взаємна видимість.

Вимірювання довжин базисів слід проводити з відносною помилкою не більше 1:2 000.

Мінімально допустима довжина базису фотографування (у метрах) розраховується за формулою:

$$B_{\min} = Y^2 \cdot m_p / (f_k \cdot m_y \cdot t_{\min}), \quad (8.6)$$

$$t_{\min} = \cos \varphi - |\sin \varphi \cdot X_{2\max} / f_k|, \quad (8.7)$$

де Y – максимальна віддаль до дальньої межі знімання, м;

m_p – середня квадратична похибка визначення поздовжнього паралаксу, мм (не більше $\pm 0,01$ мм);

m_y – середня квадратична похибка визначення положення точки в плані, мм;

f_k – фокусна відстань фотокамери, мм;

$X_{2\max}$ – найбільше значення фотокоординати X_2 у межах робочої частини стереопари;

φ – кут відхилення оптичної осі камери від нормалі до базису.

Слід зазначити, що фотографування з відхиленням оптичних осей від нормалі до базису (кутом скосу) більшим ніж $31^\circ 30'$ допускається тільки як виняток, при цьому в кожному конкретному випадку розраховують максимальні віддалі фотографування та довжини базисів. Максимальна величина перевищення одного кінця базису відносно другого не повинна бути більше 10 мм у масштабі моделі, в якому передбачається проведення камеральної обробки матеріалів даної фотостанції.

Під час виконання знімання кожна стереопара повинна забезпечуватися контрольними точками, що використовуються при камеральній обробці для виключення впливу помилок зовнішнього орієнтування знімків. Якщо знімання виконують без перекриття, то кожна стереопара має бути забезпечена не менш ніж чотирма контрольними точками. Для перспективних стереопар кількість контрольних точок повинна бути не менше п'яти. Для знімання з перекриттям кількість і місця розташування контрольних точок розраховують у процесі розробки проекту фотознімальних робіт.

Контрольні точки для лівого і правого кінців базису бажано вибирати спільними. Контрольними точками можуть бути пункти опорної геодезичної мережі, точки знімальної основи, а також чіткі контури місцевості, що добре розпізнаються на фотознімках. Максимальна помилка розпізнавання не повинна перевищувати 0,1 мм.

Пункти опорної геодезичної мережі та точки знімальної основи, що використовують як контрольні точки, перед фотографуванням маркірують. Маркірувальні знаки мають бути контрастними відносно фону знімка і не повинні затінитися під час фотографування. Розміри маркірувальних знаків залежать від віддалі до фотостанцій і не повинні бути меншими ніж 0,15 мм по висоті і 0,05 мм по ширині в масштабі знімка. Відомості про маркірувальні знаки (форма, розмір, колір, висота точки спостереження та дата установки) заносять у журнал маркірування.

Абриси (фотознімки) контрольних точок заносять у журнал фототеодолітного знімання.

Прив'язку фототеодолітних станцій та контрольних точок, не суміщених з пунктами геодезичної основи, здійснюють за допомогою теодолітних ходів, прямих, обернених та комбінованих засічок та іншими методами в залежності від умов місцевості. При зніманні в масштабах 1:500 та 1:1 000 прив'язка фототеодолітних станцій та контрольних точок оберненими засічками не допускається.

Під час прив'язки фототеодолітних станцій та контрольних точок за допомогою теодолітних ходів слід виконувати вимоги діючих нормативних документів. При прив'язці фотостанцій висячими ходами на кінці кожного ходу вимірюють не менш ніж два контрольних напрямки на пункти геодезичної основи. При прив'язці фототеодолітних станцій способом засічок точність вимірювання горизонтальних кутів має бути не більше 20", вертикальних – не більше 30".

При прив'язці контрольних точок засічками точність вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів має бути не більше 30". При камеральній обробці стереопар на аналітичних стереофотограмметричних приладах типу Стереоданаграф, як виняток, замість координат контрольних точок можна використовувати контрольні напрямки на них (горизонтальні та вертикальні кути). Контрольні напрямки вимірюють теодолітами з точністю 10", при цьому в спостереження обов'язково включають спостереження протилежного кінця базису.

Фотостанції та контрольні точки, які не передбачається закріплювати постійними знаками, закріплюють на місцевості тимчасовими знаками (металевими трубами, дерев'яними кілками тощо) з метою збереження їх на час виконання та контролю робіт, а також на випадок повторення частини робіт.

Робота на фотостанції полягає у виконанні фототеодолітного знімання, вимірювань довжини, напрямку та кута нахилу базису, виконання вимірювань, що передбачені проектом робіт. Орієнтування базису слід виконувати не менш ніж по двох пунктах геодезичної основи.

Фотографування з обох кінців базису повинно бути виконане з мінімальним розривом у часі за майже однакових умов освітлення. Фотографування найкраще виконувати в сонячну погоду. При цьому рекомендується вибирати для знімання такий час, щоб сонце було позаду і трохи збоку від фототеодоліта чи знімальної камери.

Після фотолабораторної обробки перевіряють фотографічну та фотограмметричну якість усіх негативів. Перевірку фотографічної якості проводять за загальною густиною негатива, за проробкою деталей в найтемніших місцях негатива, за його контрастністю та густиною вуалі.

Негатив вважається непридатним для фотограмметричних робіт, якщо на ньому виявлено сповзання емульсії, подряпини, плями на робочій частині, відсутність зображення координатних міток або розходження відстаней між координатними мітками більш ніж на 0,2 мм. При непридатності одного з негативів перезнімають всю стереопару.

На відбитках фототеодолітних знімків або на фотопанорамах розпізнають всі контрольні точки. Розпізнавання проводять під стереоскопом (інтерпретоскопом), користуючись польовими журналами, фотознімками та замальовками. Контрольні точки обводять кружком і підписують. Польове дешифрування виконують при обході за наміченими маршрутами і при огляді місцевості з фотостанцій. При польовому топографічному дешифруванні на відбитках фототеодолітних знімків або на фотопанорамах розпізнають усі елементи та предмети місцевості, які не можуть бути розпізнані при камеральній обробці фототеодолітних знімків, а також збирають семантичну та кількісну інформацію на об'єкти, що дешифруються. Розпізнані на фотопанорамах об'єкти та контури позначають умовними знаками або написами.

Обов'язковому польовому дешифруванню підлягають:

- населені пункти та окремі будівлі;
- мережа доріг та інженерні споруди на ній;
- лінії зв'язку і електропередачі високої та низької напруги;
- промислові, сільськогосподарські та культурно-побутові об'єкти;
- гідрографічна мережа.

По закінченні польового дешифрування, як допоміжний матеріал, до віддешифрованих фотопанорам додають:

- схеми розташування вулиць (будівель) у населених пунктах;
- схеми розташування ліній зв'язку та електропередач, колодязів, підземних комунікацій і т.інш.;
- схеми гідрографічної та дорожньої мережі;
- великомасштабні фотопанорами населених пунктів, з віддешифрованими будинками та спорудами.

Знімання «мертвого простору» (ділянок, які закриті предметами місцевості і не відобразилися на знімках) виконують або одночасно з виконанням польових фототеодолітних робіт, або після закінчення камеральної обробки.

Визначення меж «мертвого простору» при одночасному виконанні фототеодолітних і дознімальних робіт проводять шляхом детального рекогносцирування та стереоскопічного перегляду контактних відбитків.

На забудованих територіях при зніманнях масштабів 1:500-1:2 000 дознімання виконують методами горизонтального і вертикального знімань та дознімання контурів. При зніманні незабудованих територій або при зніманнях масштабів 1:5 000 і дрібніших дознімання виконують, як правило, методами мензульного та тахеометричного знімань.

Після виконання всіх польових робіт здають:

- карту (або схему) спроектованого і фактично виконаного фототеодолітного знімання;
- негативи і контактні відбитки (фотопанорами) з відміченими на них контрольними точками, скомпоновані по станціях;
- журнали фотографування, геодезичних вимірювань, маркірування та абрисних замальовок;
- каталоги робочих координат і висот пунктів геодезичної основи, контрольних точок та фототеодолітних станцій;
- матеріали польового дешифрування та знімання «мертвого простору»;
- дані про визначення елементів внутрішнього орієнтування знімків;
- відомості оцінки якості негативів;
- пояснювальну записку про виконані роботи з рекомендаціями по камеральній обробці;
- акти контролю та приймання робіт.

Камеральну обробку фототеодолітних знімків проводять згідно з вимогами діючих нормативних документів з фотограмметричних робіт при створенні топографічних карт та планів.

8.4.3 Мензульне знімання

Мензульне знімання застосовують на невеликих ділянках у випадках:

- відсутності матеріалів аерознімання;
- економічної недоцільності аерофотографічного знімання;
- поєднання з іншими методами (закриття «мертвих просторів» при наземному фототопографічному зніманні і т. ін.).

Мензульне знімання виконують на планшетах, виготовлених з прозорих малодетформованих пластиків або з високоякісного креслярського паперу, що наклеєний на тверду основу.

До початку робіт на планшетах з допомогою штангенциркуля, координатографа або топографічної лінійки Дробишева розбивають сітку квадратів із сторонами 10 см, причому для масштабів 1:500, 1:1 000, 1:2 000 такі квадрати будуть у рамках з розмірами 50×50 см, а для масштабу 1:5 000 – у рамках з розмірами 40×40 см. Відстань від рамки до країв планшета не повинна бути менше 5 см для масштабів 1:500, 1:1 000, 1:2 000 та 10 см для масштабу 1:5 000.

На підготовлений планшет наносять по координатах пункти геодезичної основи, підписують координати кутів рамки і номенклатуру плану над північною (верхньою) стороною рамки. Розбивку координатної сітки, нанесення пунктів геодезичної основи перевіряють за допомогою контрольної лінійки. Розходження довжин сторін квадратів прямокутної сітки з їх теоретичними розмірами не повинні перевищувати 0,2 мм, а сторін рамки плану – 0,3 мм. Розходження діагоналей рамки планів не повинні перевищувати 0,5 мм.

Для полегшення у подальшому орієнтування мензули на полях прокреслюють допоміжні лінії орієнтування. Ці лінії проводять у випадках:

- якщо мензулу потрібно орієнтувати по коротких лініях (менше 5 см на плані);
- якщо суміжні точки попадають на два сусідні планшети.

Для проведення лінії орієнтування розраховують координати точки перетину її з однією із рамок планшета або координати точки, що лежить на продовженні лінії.

Знімання рельєфу і контурів виконують за допомогою мензули і кіпрегелів типу КА-2, КН та інших приладів, що їх замінюють. Перед виконанням робіт всі прилади мають бути ретельно перевірені і відюстовані.

При роботі номограмними кіпрегелями КА-2, КН користуються нівелірною рейкою або спеціальною рейкою з висувною нижньою частиною, нуль якої можна встановлювати на висоту приладу.

При виконанні знімання мензулу центрують над даною точкою за допомогою центрувальної вилки. Похибка в центруванні мензули після приведення її в горизонтальне положення не повинна перевищувати:

- 5 см при зніманні в масштабі 1:500, 1:1 000;
- 10 см при зніманні в масштабі 1:2 000;
- 25 см при зніманні в масштабі 1:5 000.

Орієнтування мензули слід виконувати не менш як по двох точках, причому в процесі роботи і по закінченні її на даній станції орієнтування перевіряють.

Знімальну основу для мензульного знімання будують на основі пунктів державної геодезичної основи (триангуляції і полігонометрії 1, 2, 3, 4 класів, нівелювання I, II, III, IV класів) і пунктів геодезичних мереж згущення. Згущення знімальної основи проводять методом прокладання теодолітних або мензульних ходів. Геометричну мережу трикутників, одержану в результаті мензульного знімання графічними побудовами, можна застосовувати тільки для масштабу 1:5 000 на незабудованих територіях за наявності щільної мережі геодезичних пунктів, що нанесені на планшет по координатах.

Перехідні точки мензульних ходів дозволяється визначати прямими, оберненими, комбінованими засічками, а також промірами рулеткою по лінії створу між пунктами геодезичної основи.

Кількість точок планової знімальної основи повинна бути достатньою для виконання знімання (орієнтування мензули) і прокладання мензульних ходів довжиною не більше величин, що наведені в табл. 8.4.

Таблиця 8.4 – Максимальні довжини ходу та лінії і кількість ліній мензульних ходів

Масштаб знімання	Максимальна довжина ходу, м	Максимальна довжина лінії, м	Максимальна кількість ліній в ході
1:5000	1000	250	5
1:2000	500	200	5
1:1000	250	100	3
1:500	200	100	2

Пункти знімальної висотної основи суміщають з пунктами планової основи. При визначенні перехідних точок методом засічок довжина візирного променя не повинна перевищувати подвійної допустимої довжини лінії в мензульному ході.

При використанні номограмних кіпрегелів, коли окремі ділянки місцевості неможливо відобразити з точок знімальних ходів, допускається визначення не більше двох висячих перехідних точок.

Віддалі між точками мензульного ходу вимірюють за допомогою ниткового віддалеміра в прямому і зворотному напрямках, при цьому розходження між прямим і зворотним значенням не повинні перевищувати 1/200 довжини сторони ходу. При кутах нахилу понад 3° визначається горизонтальне прокладення лінії.

Віддалі у мензульному ході при зніманні в масштабі 1:500 вимірюють рулеткою або віддалемірними насадками.

Відносна нев'язка у мензульному ході повинна бути не більше 1/300 загальної довжини ходу, а лінійна нев'язка – не перевищувати 0,8 мм на плані. Допустиму лінійну нев'язку на плані розподіляють за способом паралельних ліній.

Висоти перехідних точок мензульних ходів і знімальних пікетів при зніманнях з перерізом рельєфу через 0,25 м, 0,5 м та 1 м визначають геометричним нівелюванням, а при зніманнях з перерізом 2 м і 5 м висоти допускається визначати методом тригонометричного нівелювання. Висоти точок мензульного ходу способом тригонометричного нівелювання визначають кіпрегелем або теодолітом при двох положеннях круга, а при роботі номограмним кіпрегелем – двічі на різні висоти візування.

Розходження між прямим і зворотним перевищеннями не повинні бути більшими за 10 см при довжині лінії 250 м і 4 см на кожні 100 м при більших віддальях.

Допустима висотна нев'язка у мензульному ході не повинна перевищувати допусків, що наведені в табл. 8.5.

Таблиця 8.5 – Допустима висотна нев'язка у мензульному ході

Переріз рельєфу, м	Допустима нев'язка, м
0,25	0,08
0,5	0,15
1,0	0,20
2,0	0,50
5,0	1,00

Висотну нев'язку в мензульному ході розподіляють із зворотним знаком на кожне перевищення пропорціонально довжинам сторін ходу.

Точки мензульного ходу можуть бути використані для знімання тільки після ув'язки їх по висоті і в плані.

Залежно від масштабу знімання і прийнятого перерізу рельєфу відстані між пікетами і відстані від приладу до рейки не повинні перевищувати величин, що наведені в табл. 8.6.

Таблиця 8.6 – Відстані між пікетами і відстані від приладу до рейки залежно від масштабу знімання і прийнятого перерізу рельєфу

Масштаб знімання	Переріз рельєфу, м	Максимальна віддаль між пікетами, м	Максимальна віддаль до рейки при зніманні рельєфу, м	Максимальна віддаль від інструменту до рейки при зніманні контурів, м	
				чітких	нечітких
1:5000	0,5	75	250	150	200
	1,0	100	300	150	200
	2,0	120	350	150	200
	5,0	150	350	150	200
1:2000	0,5	50	200	100	150
	1,0	50	250	100	150
	2,0	60	250	100	150
1:1000	0,5	30	150	80	100
	1,0	40	200	80	100
1:500	0,5	20	100	60	80
	1,0	20	100	60	80

Знімання об'єктів місцевості і контурів угідь в основному виконують полярним способом з визначенням відстані від приладу до пікетів по віддалеміру кіпрегеля, візуючи при такому положенні круга кіпрегеля, за якого орієнтувалася мензула.

Для знімання окремих точок ситуації допускається використання методу засічок не менше ніж з трьох знімальних точок. Промені засічок повинні перетинатися під кутом не менше 60° .

Угіддя, які мають невиразний контур, оконтурюють і наносять на планшет з точністю можливого визначення меж контуру в натурі.

Рельєф зображують горизонталями із застосуванням основних перерізів, що застосовуються при різних масштабах топографічного знімання. Горизонталі треба проводити обов'язково в полі на основі взятих пікетів. Висоти пікетних точок при кутах нахилу місцевості до 3° повинні визначатися горизонтальним променем кіпрегеля з рівнем при трубці або нівеліром, що встановлений поряд з мензулою. У цьому випадку рейки повинні мати сантиметрові поділки.

При кутах нахилу місцевості більше 3° висоти пікетних точок визначають похилим променем кіпрегеля при одному положенні круга. У цьому випадку місце нуля вертикального круга кіпрегеля повинно визначатися не менше двох разів на день. Відстані до пікетних точок вимірюються нитяним віддалеміром кіпрегеля.

При перерізі рельєфу через 1 м і більше висоти пікетів обчислюють з точністю до 0,01 м і виписують на план з округленням до 0,1 м, при перерізі рельєфу менше 1 м висоти пікетів обчислюють і виписують на план з точністю до 0,01 м. Обчислення висот характерних точок треба робити в журналі. При зніманні номограмним кіпрегелем результати вимірювань на пікети в журналі можна не записувати.

Висоти визначають і підписують на плані на характерних формах рельєфу: вершинах, вододілах, перегибах схилів і сідловин, тальвегах (у місцях їх повороту), розгалуженнях, вершинах і гирлах ярів, в улоговинах, вирвах і їх краях, біля річок, струмків і водосховищ на рівні води (урізу), біля підошов підвищень і т. ін.

Урізи води визначають двічі горизонтальним або похилим променем у залежності від кута нахилу місцевості і записують у журнал і на план з показом дати визначення. Урізи визначають через 10-12 см на плані.

Крім висот пікетних точок, що потрібні для знімання рельєфу, повинні бути визначені і підписані на плані висоти гребель, мостів, верху і низу насипів, шлюзів, перетинів осей удосконалених і поліпшених шляхів, колодязів та інших характерних місць.

На знімальні планшети в польових умовах для масштабів 1:5 000 і 1:2 000 складають кальки висот і контурів.

У випадку невеликої контурності і нескладного рельєфу дозволяється об'єднувати обидві кальки, їх складають у процесі знімання планшета кожного дня; допускається розрив між часом знімання і складання кальки не більше трьох днів. На кальку контурів наносять всю ситуацію і окремі предмети місцевості; взамін відображення угідь умовними знаками допускається підписувати їх назву. На кальку висот повинні бути нанесені всі пікети і опорні точки з підписами їх номерів і висот. Усі польові оригінали оформлюють відповідно до вимог діючих нормативних документів.

Якщо топографічні плани призначаються для меліорації, будівництва енергетичних, промислових та інших споруд і об'єктів, на територіях яких пройдуть значні зміни рельєфу і контурів, і якщо ці плани не призначені для використання іншими організаціями, дозволяється польові оригінали оформляти олівцем.

Кожен планшет приймають від виконавця у полі. Результати приймання фіксують в акті приймання. Взяті при перевірці пікети наносять червоною тушшю на кальку висот. Для зручності читання рельєфу на планах масштабів 1:5 000 і 1:2 000 підписують не менше 10 висот на 1 дм² плану (якщо в технічному проекті немає інших вимог), а на планах масштабів 1:1 000 і 1:500 – висоти всіх пікетів.

Після виконання мензульного знімання здають:

- польовий оригінал;
- формуляр, наклеєний на зворотному боці оригіналу (при виконанні мензульного знімання у масштабах 1:1 000 і 1:500 на прозорій основі формуляр не складають, потрібні дані розміщують за рамками плану);
- журнали топографічного знімання і журнали з побудови знімальної основи;
- відомості обчислення планової і висотної знімальної основи;
- калька висот і контурів;
- вкопіювання по рамках для зведення із суміжними трапеціями;
- акти контролю і приймання робіт.

Усі документи підбирають по планшетах, систематизують і представляють до задачі (у папках).

Усі дані вимірювання і обчислення висот точок геометричної мережі, перехідних точок і точок мензульних ходів обов'язково записують у журнал топографічного знімання.

8.4.4 Тахеометричне знімання

Тахеометричне знімання застосовують для створення планів невеликих ділянок як основний вид знімання або в поєднанні з іншими видами, коли:

- виконання стереотопографічного або мензульного знімання економічно недоцільне або технічно неможливе;
- виконується тільки знімання рельєфу на забудованій території;
- виконується знімання вузьких смуг (високовольтні лінії, траси різноманітних інженерних мереж і т. ін.).

Тахеометричне знімання можуть бути виконані електронними, авторедукційними, номограмними тахеометрами, оптичними теодолітами з встановленими на них світловіддалемірами або світловіддалемірними насадками і, як виняток, теодолітами. Крім зазначених приладів, для тахеометричного знімання використовують цифрові термінали даних, наприклад, типу GRE 4a, які дають змогу реєструвати числову та текстову інформацію і виконувати кодування предметів місцевості в польових умовах, а також різноманітні графопобудовники, які після відповідної обробки матеріалів за допомогою програмно-технологічних комплексів, наприклад, типу «Топоград», дають змогу автоматизовано отримувати топографічні плани в цифровому і графічному вигляді. При роботі з тахеометрами застосовують спеціальні рейки та спеціальні віхи для віддалемірних відбивачів.

При тахеометричному зніманні щільність пунктів знімальної основи повинна забезпечувати можливість прокладання тахеометричних ходів, які відповідали б технічним вимогам:

- із застосуванням оптичних тахеометрів та теодолітів, що наведені в табл. 8.7;
- із застосуванням електронних тахеометрів та оптичних теодолітів з світловіддалемірними насадками, що наведені в табл. 8.8.

Кути в тахеометричних ходах вимірюють одним повним прийомом. Коливання значень, що одержані із напівприймів, не повинні перевищувати 20" при вимірюванні кута оптичним теодолітом і 1' – при вимірюванні кута 30-секундним теодолітом.

Кутові нев'язки в тахеометричних ходах не повинні перевищувати: при вимірюванні кутів оптичними теодолітами $f_{\beta} = \pm 20'' \cdot n^{0,5}$, а при вимірюванні кутів теодолітами 30-секундної точності $f_{\beta} = \pm n^{0,5}$, (де n – кількість кутів β у ході).

Таблиця 8.7 – Щільність пунктів знімальної основи при виконанні тахеометричного знімання із застосуванням оптичних тахеометрів і теодолітів

Масштаб знімання	Максимальна довжина ходу, м	Максимальна довжина ліній, м	Максимальна кількість ліній в ході
1:5000	1200	300	6
1:2000	600	200	5
1:1000	300	150	3
1:500	200	100	2

Примітка: при зніманні в масштабі 1:500 лінії в тахеометричних ходах вимірюють металевою рулеткою або стрічкою.

Таблиця 8.8 – Щільність пунктів знімальної основи при виконанні тахеометричного знімання із застосуванням електронних тахеометрів та оптичних теодолітів з світловіддалемірними насадками

Масштаб знімання	Максимальна довжина ходу, м	Максимальна довжина ліній, м	Максимальна кількість ліній в ході
1:5000	10000	1000	50
1:2000	5000	700	30
1:1000	3000	500	25
1:500	2000	350	20

Допустимі лінійні нев'язки в тахеометричних ходах при вимірюванні ліній оптичними тахеометрами та теодолітами визначають за формулою:

$$f_s = S/(400 \cdot n^{0,5}), \quad (8.8)$$

де S – довжина ходу, м;

n – кількість ліній у ході.

При вимірюванні ліній електронними тахеометрами та оптичними теодолітами з світловіддалемірними насадками відносна лінійна похибка не повинна перевищувати 1/2000 при умові, що абсолютні лінійні похибки не повинні перевищувати 2,0 м – для знімання в масштабі 1:5 000, 1,0 м – 1:2 000, 0,6 м – 1:1 000, 0,3 м – 1:500. При цьому в лінії, довжини яких перевищують 500 м, слід вводити поправку за рефракцію.

Висотна нев'язка не повинна перевищувати:

$$f_h = 0,04 \cdot S/n^{0,5}. \quad (8.9)$$

Віддалі від точок тахеометричних ходів (знімальних станцій) до пікетів і віддалі між пікетами не повинні перевищувати величин, що наведені:

- 1) в табл. 8.9 – коли застосовують оптичні тахеометри та теодоліти;
- 2) в табл. 8.10 – коли застосовують електронні тахеометри та оптичні теодоліти з світловіддалемірними насадками.

Таблиця 8.9 – Максимальні віддалі від точок тахеометричних ходів (знімальних станцій) до пікетів і віддалі між пікетами при застосуванні оптичних тахеометрів та теодолітів

Масштаб знімання	Переріз рельєфу, м	Максимальна віддаль між пікетами, м	Максимальна віддаль від приладу до рейки при зніманні рельєфу, м	Максимальна віддаль від приладу до рейки при зніманні контурів, м
1:5000	0,5	60	250	150
	1,0	80	300	150
	2,0	100	350	150
	5,0	120	350	150
1:2000	0,5	40	200	100
	1,0	40	250	100
	2,0	50	250	100
1:1000	0,5	20	150	80
	1,0	30	200	80
1:500	0,5	15	100	60
	1,0	15	150	60

Примітка: при визначенні положення нечітких або другорядних контурів відстані збільшують у 1,5 рази.

Таблиця 8.10 – Максимальні віддалі від точок тахеометричних ходів (знімальних станцій) до пікетів і віддалі між пікетами при застосуванні електронних тахеометрів та оптичних теодолітів з світловіддалемірними насадками

Масштаб знімання	Переріз рельєфу, м	Максимальна віддаль між пікетами, м	Максимальна віддаль від приладу до рейки при зніманні рельєфу, м	Максимальна віддаль від приладу до рейки при зніманні контурів, м
1:5000	0,5	60	1000	1000
	1,0	80	1000	1000
	2,0	100	1000	1000
	5,0	120	1000	1000
1:2000	0,5	40	750	750
	1,0	40	750	750
	2,0	50	750	750
1:1000	0,5	20	600	600
	1,0	30	600	600
1:500	0,5	15	500	500
	1,0	15	500	500

Примітка: при використанні радіостанцій віддалі збільшуються у 1,5 рази.

При виконанні тахеометричного знімання потрібно контролювати стабільність орієнтування приладу, результати перевірки записують у журнал або реєструють у терміналі цифрових даних електронних тахеометрів.

Зміна значення орієнтирного напрямку за період знімання на станції допускається не більше 1,5' при зніманні оптичними тахеометрами та теодолітами і 20" при зніманні електронними тахеометрами та оптичними теодолітами з світловіддалемірними насадками.

З метою контролю і щоб уникнути пропусків (вікон) при тахеометричному зніманні, треба визначати з кожної станції декілька пікетів, що визначені із сусідніх станцій.

Перевищення при зніманні рівнинних ділянок рекомендується визначати горизонтальним променем. Горизонтальність візирної осі забезпечується встановленням по вертикальному колу відліку, що дорівнює місцю нуля.

Виміряні на станції віддалі до пікетних точок записують у польовий журнал або реєструють у терміналі даних електронних тахеометрів.

Паралельно із записами в польовому журналі при виконанні знімання оптичними приладами на кожній станції ведуть абрис. Абрис оформлюють умовними знаками (з пояснювальними написами), приблизно дотримуючись масштабу знімання, на окремих для кожної станції аркушах, що орієнтовані по ходу і на яких показують напрям орієнтування лімба. В абрисах показують структурні лінії рельєфу (тальвеги, вододіли, перегини схилів і т. ін.) і схематично рельєф (горизонталями).

При виконанні знімання з використанням електронних тахеометрів та польових комп'ютерів з необхідним програмним забезпеченням створюють безпосередньо в полі електронний план місцевості («режим розумного знімання»).

Пікетні точки повинні бути без пропусків і рівномірно покривати територію знімання. Для забезпечення цієї вимоги детально оглядають місцевість, що підлягає зніманню з даної станції, і порівнюють дані огляду з абрисами суміжних точок. Польові роботи при тахеометричному зніманні слід поєднувати з негайною повною камеральною обробкою матеріалів знімання. При цьому здійснюють:

- перевірку польових журналів і складання детальної схеми знімальної основи;
- обчислення координат і висот точок (з точністю до 0,01 м) тахеометричних (теодолітних) ходів;
- обчислення висот усіх пікетів на станціях;
- накладання точок знімальної основи, тахеометричних (теодолітних) ходів, пікетних точок; проведення горизонталей і накладання ситуації.

Для автоматизації даних робіт пропонується використовувати різноманітні програмні комплекси, які дають змогу виконувати всі обчислення та формувати топографічні плани в цифровому і графічному вигляді.

Кожен планшет прямо в полі старанно коректують і перевіряють, порівнюючи рельєф і ситуацію, що відображені на планшеті, з місцевістю. Точність знімання перевіряють інструментально.

Після виконання тахеометричного знімання здають:

- абрис до відповідних планшетів;
- журнали тахеометричного знімання або роздруковані результати з терміналу електронних тахеометрів;
- план тахеометричного знімання;
- схему знімальної основи;

- формуляр плану (при виконанні тахеометричного знімання у масштабах 1:1000, 1:500 на прозорій основі формуляр не складають, необхідні дані розміщують за рамками плану);
- відомості обчислення координат і висот знімальної основи;
- акти контролю і приймання робіт.

8.4.5 Особливості знімання забудованих територій

Знімання контурної частини забудованих територій треба виконувати аерофототопографічним методом на фотопланах. Фотоплани слід виготовляти з використанням аерофотознімків, що одержані за допомогою довгофокусних. При дешифруванні забудованих територій на фотопланах повинні враховуватися спотворення за перспективу, напрям і густину тіні, особливості зображення різних за конструкцією дахів і т. ін. Для правильного визначення напрямку зміщення за перспективу на фотопланах при їх виготовленні слід помічати (кружком діаметром 3 мм синього кольору) головну точку знімка. Потрібно звернути особливу увагу на якість фотопланів.

Точність створюваних фотопланів і планів на забудовані ділянки населених пунктів має задовольняти такі вимоги:

- середня помилка в положенні контурів з чіткими абрисами відносно точок знімальної основи не повинна перевищувати 0,5 мм;
- середня помилка взаємного положення навколишніх контурів не повинна перевищувати 0,4 мм;
- розходження контурів на порізах і сторонах рамок фотоплану не може перевищувати 0,4 мм при суцільній капітальній забудові, не більше 0,6 мм в інших районах міста (при коефіцієнті редукування 1,5 і більшому) і 1,0 мм – у горах;
- незбігання центрів отворів з точками на основі на забудованій території не повинні перевищувати 0,4 мм, на незабудованій – 0,5 мм (у горах – 0,7 мм).

У камеральних умовах для перевірки точності фотопланів слід, крім визначення координат контрольних пунктів геодезичної основи і координат контрольних точок, що одержані із фотограмметричного згущення, використовувати проміри між пунктами і контурами з абрисів місцеположення пунктів геодезичних мереж топографо-геодезичних матеріалів раніше виконаних робіт, а також перевіряти їх на збереження прямолінійності лінійних контурів (вулиць, трамвайних колій, ліній зв'язку і т. ін.).

За польових умов точність фотопланів на населені пункти слід перевіряти промірами між важливими контурами, а також між контурами і геодезичними пунктами.

Якщо необхідної точності при виготовленні фотопланів досягнути не вдається (значна кількість зон трансформування, великі коефіцієнти редукування і т. ін.), топографічні плани населених пунктів створюють на стереофотограмметричних приладах у вигляді графічних планів.

При оформленні фотопланів населених пунктів потрібно вміщувати:

– на полях фотопланів напис *«При дешифруванні контурів враховувати, що вони зміщені згідно з центральною проекцією фотографування, і стежити за положенням тіні. Центральну (головну) точку знімка відмічено кружком»*;

– у формулярах знімання якісну характеристику фотопланів населених пунктів у розділі *«Додаткові відомості»* проставляти: кількість зон трансформування знімків; висоту зон трансформування (в метрах); записи про перевірку точності фотопланів по контрольних пунктах геодезичної основи і контрольних фотограмметричних точках та перевірку найважливіших чітких контурів за промірами, що вміщені в абрисах геодезичних пунктів, і за матеріалами знімань минулих років.

Якщо матеріалів аерофотознімання немає або якщо таке економічно недоцільне, знімання забудованих територій дозволяється виконувати наземними методами.

Розрізняють горизонтальне знімання забудованих територій і знімання рельєфу. Горизонтальне знімання (знімання контурів і предметів місцевості) включає знімання фасадів, проїздів і внутрішньоквартальне знімання. Його можна виконувати окремо або в поєднанні зі зніманням рельєфу (вертикальне знімання) в залежності від характеру забудови і організації робіт. Горизонтальне знімання забудованих територій в масштабі 1:5 000 і територій з рідкою забудовою в масштабах 1:2 000, 1:1 000, як правило, виконують методом мензульного знімання. Горизонтальне знімання забудованих територій в масштабах 1:2 000, 1:1 000 і 1:500 виконують способами перпендикулярів, створів, засічок, полярним і графоаналітичним, тобто за допомогою мензули і рулетки або електронним тахеометром і обміром будівель.

У плановому відношенні геодезичною основою для знімання забудованих територій є пункти геодезичних мереж і пункти знімальної основи, а у висотному відношенні – репери і марки державної нівелірної мережі I, II, III і IV класів та всі точки, висоти яких визначені з точністю технічного нівелювання.

При зніманнях з висотою перерізу рельєфу 2 і 5 м висотною основою можуть служити пункти, висоти яких визначено тригонометричним нівелюванням. В окремих випадках до початку знімання забудованих територій розробляють робочий проект побудови знімальної основи з врахуванням характеру і щільності забудови.

Кількість пунктів знімальної основи при зніманні забудованих територій на 1 км² не повинна бути меншою ніж це вказано в табл. 8.11.

Таблиця 8.11 – Мінімальна кількість пунктів знімальної основи при зніманні забудованих територій на 1 км²

Масштаб знімання	Мінімальна кількість точок знімальної основи на 1 кв.км
1:2000	8
1:1000	16
1:500	32

Знімання забудованих територій проводять з пунктів державних, розрядних та знімальних геодезичних мереж. Уздовж вулиці, в залежності від умов знімання і ширини вулиці, прокладають один або два знімальних теодолітних ходи. Знімальні ходи, що прокладаються по обидві сторони вулиці, зв'язуються поперечними ходами на перехрестях вулиць або посередині ходу. У населених пунктах з прямолінійними вулицями замість знімальних ходів можуть розбиватися створні лінії між пунктами геодезичної основи, закоординованими кутами кварталів або капітальних будівель. Створні точки між пунктами геодезичної основи визначають промірами від відповідних пунктів з точністю не менше 1:2 000.

При зніманні забудованих територій способами перпендикулярів і засічок віддалі між створними точками при вимірюванні їх сталевую рулеткою (стрічкою) або оптичними віддалемірами не повинні перевищувати значень, указаних у табл. 8.12.

При зніманні способом перпендикулярів довжини перпендикулярів не повинні перевищувати величин, що наведені в табл. 8.13.

Довжина перпендикулярів вимірюється один раз з точністю до 1 см.

Таблиця 8.12 – Віддалі між створними точками при вимірюванні їх сталеву рулеткою (стрічкою) або оптичними віддалемірами способами перпендикулярів і засічок при зніманні забудованих територій

Масштаб знімання	Віддалі між створними точками	
	виміряні рулеткою	виміряні оптичним віддалеміром
1:2000	80	120
1:1000	60	80
1:500	40	50

Таблиця 8.13 – Довжини перпендикулярів при зніманні способом перпендикулярів

Масштаб знімання	Довжина перпендикуляра, м	
	окомірне встановлення перпендикуляра	встановлення перпендикуляра екером
1:2000	8	60
1:1000	6	40
1:500	4	20

Перпендикуляри, що перевищують вказані величини, підкріплюються лінійними засічками, довжина яких не повинна перевищувати довжини мірного приладу (20-50 м).

При полярному способі знімання кути вимірюються теодолітом при одному положенні круга з точністю 30", а віддалі – стрічкою, сталеву рулеткою або оптичним віддалеміром.

Знімання забудованих територій графоаналітичним способом виконують у такій послідовності:

– визначення координат кутів кварталів і окремих капітальних будинків і споруд при прокладанні ходів знімальної основи і нанесення їх на план;

- обмір габаритів будинків рулеткою (складання абрису);
- знімання будівель та інших контурів за допомогою мензули з пунктів геодезичної і знімальної основи і вимірювання віддалей віддалеміром, рулеткою або стрічкою.

Виконувати знімання проїздів з перехідних точок і точок мензульних ходів не дозволяється. При обмірі будівель вимірюють також віддалі між кутами сусідніх будинків, які використовують як контрольні проміри. Одночасно із зніманням контурів проводять знімання рельєфу.

При зніманні полярним і графоаналітичним способами максимальні віддалі від приладу до контурів не повинні перевищувати величин, що наведені в табл. 8.14.

Таблиця 8.14 – Максимальні віддалі від приладу до контурів при вимірюванні нитковим віддалеміром та вимірюванні рулеткою або оптичним віддалеміром

Метод визначення віддалі і масштаби знімання	Віддалі до контурів, м	
	чітких	нечітких
При вимірюванні нитковим віддалеміром		
1:2000	100	150
1:1000	60	100
1:500	-	80
При вимірюванні рулеткою або оптичним віддалеміром		
1:2000	250	300
1:1000	180	200
1:500	120	150

При вимірюванні ліній стрічкою створ лінії задають теодолітом.

Спосіб прямих засічок застосовують там, де неможливо провести безпосереднє вимірювання віддалей.

Для визначення положення точки вимірюють два прилеглих до базису кути. Базисом може бути сторона, частина теодолітного ходу або будь-які два пункти планової основи, між якими є видимість.

Прилегли кути вимірюють одним напівприйомом з точністю 1'. Кут при точці, що визначається, повинен бути в межах 30-150°. Допустимі значення віддалей до точки при способі кутових засічок дано в табл. 8.15.

Таблиця 8.15 – Допустимі значення віддалей до точки при способі кутових засічок

Масштаб знімання	Віддалі до контурів, м	
	чітких	нечітких
1:2000	400	1200
1:1000	200	600
1:500	100	300

При зніманні способом лінійних засічок довжини ліній не повинні перевищувати довжини мірного приладу (20-50 м), а кут засічки при точці повинен бути в межах 30-150°. Кути кварталів, капітальних будівель та інших важливих контурів визначають засічками з трьох точок. Знімання в середині кварталів виконують такими ж способами, що і знімання проїздів.

При неможливості знімання в середині кварталів з точок знімальної основи його виконують з точок висячих теодолітних ходів. Довжина і кількість ліній у висячих ходах не повинні перевищувати значень, наведених у табл. 8.16.

Таблиця 8.16 – Довжина і кількість ліній у висячих ходах

Масштаб знімання	Допустима довжина висячого ходу, м	Максимальна кількість ліній в ході
1:2000	200	3
1:1000	150	2
1:500	100	2

При виконанні горизонтального знімання всі дані заносять в абрис, який ведуть на цупкому папері олівцем відповідними умовними знаками. Перерисовування абрису забороняється.

Висотне знімання забудованих територій в рівнинних районах виконують нівелірами або горизонтальним променем теодоліта чи кіпрегеля з рівнем на трубі, а в горбистій місцевості –похилим променем. Висотне знімання можна виконувати одночасно з горизонтальним зніманням мензульним способом або окремо, при наявності планів горизонтального знімання. Нівелірні ходи, які прокладають для висотного знімання, повинні опиратися на знаки нівелювання I-IV класу і технічного нівелювання. Як виняток, допускаються висячі ходи, які прокладають у прямому і зворотному напрямках. Допустимі нев'язки в ходах або полігонах не повинні перевищувати $50 \cdot L^{0,5}$ мм (L – довжина ходу, км), а в коротких ходах (до 2 км) – $10 \cdot n^{0,5}$ (n – кількість станцій).

При висотному зніманні вся ділянка знімання повинна бути покрита висотними пікетами, віддалі між якими для відповідного масштабу не можуть перевищувати значень, наведених у табл. 8.17. Крім того, пікети повинні бути визначені в характерних місцях, щоб забезпечити відображення всіх деталей рельєфу.

Таблиця 8.17 – Віддалі між пікетами при висотному зніманні

Масштаб знімання	Максимальна віддаль між пікетами, м
1:5000	100
1:2000	40
1:1000	30
1:500	20

При нівелюванні по обох сторонах рейок визначають позначки люків колодязів, цоколів будинків, бетонуваних лотків, настилів мостів та верху труб на дорогах. У решті випадків позначки висот визначають по одній стороні рейки. Довжина візирного променя не повинна перевищувати 150 м.

При нівелюванні проїздів (вулиць) розмітку поперечних профілів виконують сталевую рулеткою або оптичним віддалеміром через 20, 40, 50 або 100 м у залежності від масштабу плану, характеру рельєфу і спеціальних технічних вимог. Крім поперечних профілів, на характерних точках намічують плюсові точки. Віддалі між нівелірними точками поперечних профілів не повинні перевищувати 40 м на планах масштабу 1:2 000 і 20 м на планах масштабів 1:1 000 і 1:500.

При нівелюванні поперечних профілів визначають висоти біля фасадної лінії, брівки (бордюрного каменю), тротуару, осі вулиці (проїзду), брівки і дна кюветів, а також характерних точок рельєфу.

На вимогу визначають позначки висот на кутах кварталів, входів у будинки (нижньої сходинки і підлоги), середини в'їздів у двори, низу шляхопроводів, верху і низу підірних стінок, укосів, головок трамвайних і залізничних рейок, входів у підвальні приміщення, перетину лотків з віссю проїзду. Нівелювання виходів підземних інженерних мереж виконують при наявності спеціального завдання. З метою контролю на кожній станції визначають не менше двох контрольних пікетів, що знаходяться у смузі перекриття і можуть бути одержані з іншої станції. Розходження між контрольними висотами, що одержані з різних станцій, не повинні перевищувати 20 мм. Рисування рельєфу виконують безпосередньо в процесі знімання, а також камерально по складених абрисах. На ділянках з густою забудовою дозволяється не проводити горизонталі, а обмежуватися тільки підписуванням висот точок.

Складання плану за матеріалами знімання, що виконане методом перпендикулярів і засічок, починається з нанесення на план ліній і всіх точок ходів, які є основами перпендикулярів або з яких були зроблені засічки. Від цих точок перпендикулярами і засічками наносять точки контурів і об'єктів місцевості.

Спочатку на план наносять всі головні будівлі і об'єкти, що мають значення орієнтирів. Внутрішньоквартальну забудову наносять на план після нанесення забудови проїздів. В останню чергу наносять контури, які визначені з висячих ходів.

Правильність нанесення контурів на план контролюється в процесі складання за контрольними промірами, зробленими під час знімання. Точки контурів на план дозволяється наносити за допомогою транспортира або тахеографа. Якщо полярні відстані до твердих контурів перевищують 6 см у масштабі плану, то їх накладають за координатами.

Одночасно із складанням плану проїздів і внутрішньоквартальної ситуації на план наносять висоти. Висоти пікетів обчислюють безпосередньо у журналі; їх перевіряє інша особа.

Складений план перевіряють на місцевості, порівнюючи з натурою і проводячи контрольні виміри. Розходження між відстанями на плані і одержаними при контрольних промірах не повинні перевищувати 0,4 мм у масштабі плану.

Камеральну обробку рекомендується виконувати за однією з технологій:

- з використанням ЕОМ для обчислення координат точок і складання планів традиційними методами;
- фотограмметричним методом з використанням, наприклад, АФП «Стереонаграф»;
- з використанням ЕОМ для побудови цифрових та електронних топографічних планів.

Після виконання знімання забудованих територій здають:

- оригінали планів на твердій основі або на пластику і формуляри;
- абриси горизонтального і висотного знімання;
- польові журнали або результати вимірювання в накопичувачах інформації;
- схеми прокладання ходів знімальної основи;
- каталог координат і висот точок;
- схему розміщення планшетів знімання;
- список назв вулиць, провулків, майданів тощо, затверджений органом місцевої влади;
- вкопіювання для виконання зведень по рамках;
- акти польової перевірки і приймання робіт;
- технічний звіт (на об'єкт знімання).

8.4.6 Знімання підземних комунікацій

Підземні комунікації і споруди, що мають пряме відношення до них, є одним із основних елементів змісту топографічних планів. Топографічні плани, на яких відображені підземні комунікації, слід створювати відповідно до вимог діючих нормативних документів. Елементи підземних комунікацій слід відображати на топографічних планах у відповідності з діючими *«Умовними знаками для топографічних планів масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500»* та умовними знаками для планів підземних комунікацій.

На топографічних планах треба відображати точне планове і висотне положення підземних комунікацій установленної класифікації по трьох групах:

- трубопроводи;
- кабельні мережі;
- тунелі (загальні колектори).

До трубопроводів відносять мережі водопроводу, каналізації (різних систем), теплофікації, газопостачання, дренажу, а також мережі спеціального призначення (нафтопроводи, мазутопроводи, паропроводи, шлакопроводи і т. ін.). До кабельних мереж відносять мережі сильних струмів високої і низької напруги (для освітлення, електротранспорту) та мережі слабого струму (телефонні, телеграфні, радіомовні і т. ін.). Тунелі слугують тільки для розміщення кабелів. У загальних колекторах розміщують мережі різного призначення.

Топографічні плани, контурним навантаженням яких є підземні комунікації, допускається створювати поєднаними або роздільними. При створенні поєднаних планів усі групи підземних комунікацій наносять на оригінали топографічних планів місцевості. Поєднані плани створюють у тому випадку, якщо при нанесенні підземних комунікацій на топографічні плани забезпечується добра прочитаність і наочність усіх зображених на плані комунікацій і їхніх характеристик. Роздільні плани створюють при великій насиченості території контурами забудови і підземними комунікаціями. Такі плани створюють на розвантажених дублікатах топографічних планів масштабу 1:500 (1:1 000). На розвантажений дублікат можуть бути нанесені всі мережі або, в залежності від густоти мереж, одна або декілька груп (видів) прокладання (наприклад, план мереж водопроводу, план електричних мереж тощо). Не допускається створення планів підземних комунікацій шляхом збільшення планів дрібніших масштабів.

Для викреслювання планів підземних комунікацій використовують:

- матеріали, що мало деформуються і забезпечують довгострокове зберігання оригіналів;
- планшети, зроблені на твердій основі (алюміній, текстоліт і т. ін.);
- прозорі пластики, що дають змогу виготовляти копії, забезпечують створення роздільних планів і використання штифтового суміщення оригіналів.

Вихідними матеріалами для створення планів підземних комунікацій є:

- матеріали виконавчих знімачів;
- матеріали знімачів елементів існуючих (раніше прокладених) підземних комунікацій;
- каталоги і профілі споруд і ліній підземних мереж;
- архівні матеріали обліково-довідкового характеру;
- дані організацій, що експлуатують мережі;
- матеріали знімачів минулих років, що слугують основою для створення планів підземних комунікацій.

Безпосередньо знімання підземних комунікацій виконують тільки в тих випадках, коли плани на них втрачені і виникла потреба їх відновити. Знімання підземних комунікацій треба виконувати на основі існуючої геодезичної мережі або планово-висотної знімальної основи, що створюється. Точність знімальної основи повинна відповідати вимогам діючих нормативних документів. Вихідною висотною основою при зніманні підземних комунікацій є знаки державної нівелірної мережі I, II, III, IV класів. Знімання елементів підземних комунікацій на топографічних планах виконують переважно методом тахеометричного і теодолітного знімань. Можна поєднувати їх з аерофототопографічними і фототеодолітними методами. Виконавче знімання підземних комунікацій виконують у масштабі 1:500 у відкритих траншеях у період і по закінченні будівництва.

Виконавчий план складають на існуючому топографічному плані, що використовується для складання проектів підземних прокладань.

Під час виконавчого знімання планове положення підземних комунікацій і споруд при них може бути визначене:

1) на забудованій території – від пунктів опорної геодезичної мережі і точок знімальної основи, а також промірами від ближніх капітальних будинків і споруд, кутів кварталів, координати яких визначені з пунктів геодезичної основи і точок знімальних ходів;

2) на незабудованій території – від пунктів опорної геодезичної мережі й точок знімальних ходів.

Після проведення робіт з виконавчого знімання підземних комунікацій здають:

- схеми теодолітних і нівелірних ходів;
- абриси знімання підземної споруди;
- журнали нівелювання, вимірювання кутів та довжин ліній;
- відомості обчислення координат і висот;
- виконавчий план.

Знімання існуючих підземних комунікацій проводять за наявності затвердженого технічного завдання (технічного проекту) після рекогносцирування і обстеження. Рекогносцирування підземних комунікацій (на території населених пунктів і промислових підприємств) складається з підготовчих робіт і відшукування мереж на місцевості.

Напрямки ліній раніше прокладених комунікацій між колодязями, а також безколодязних комунікацій визначають за допомогою електронних приладів пошуку – трасошукачів і трубокабелешукачів, а там, де ці прилади використати неможливо, – шурфуванням.

Знімання існуючих підземних комунікацій складається із планово-висотного знімання їх виходів на поверхню землі і знімання ліній, що виявлені за допомогою приладів пошуку або розкриття шурфами. Планове положення всіх виходів підземних комунікацій визначають від пунктів геодезичної мережі і знімальної основи, а також від кутів капітальних будинків, споруд, колодязів і т. ін. Знімання виходів раніше прокладених підземних комунікацій виконують лінійними засічками, способами перпендикулярів, створів і полярним способом.

Середні помилки планового положення точок підземних комунікацій, які визначені електронними приладами пошуку, відносно найближчих капітальних будівель (споруд) і точок знімальної основи, не повинні перевищувати 0,7 мм у масштабі плану. Граничні розходження між значеннями глибини закладання підземних комунікацій, що визначені електронними приладами пошуку під час знімання і одержаних у результаті контрольних польових вимірювань, не повинні перевищувати 15% від глибини закладання.

Після виконання знімання і нівелювання існуючих підземних комунікацій здають:

- журнали вимірювання кутів, довжин ліній та нівелювання підземних комунікацій;
- абриси обстеження і прив'язок підземних споруд;
- схеми знімальної основи (теодолітних і нівелірних ходів);
- відомості обчислення координат кутів кварталів, будівель і підземних комунікацій;
- схеми розміщення підземних комунікацій на планах масштабу 1:2 000 і 1:5 000;
- таблицю характеристик підземних комунікацій;
- технічний звіт або пояснювальну записку.

У залежності від призначення і подальшого використання планів підземних комунікацій їх оформлюють у вигляді видавничого або складального оригіналу.

Складальні оригінали повинні забезпечувати можливість виготовляти з них чіткі копії фотомеханічним способом.

Видавничі оригінали виготовляють у разі потреби одержання з них тиражних (літографських) відбитків.

При наявності автоматизованих систем інформація про підземні комунікації, що нанесені на план, має бути записана у цифровому вигляді.

Питання для самоперевірки до теми № 8

1. Що таке топографічне знімання та які види і етапи воно включає?
2. Як обирають масштаб знімання і висоти перерізу рельєфу?
3. Які способи використовують для знімання ситуації місцевості?
4. В яких випадках застосовується аерофототопографічне, мензульне та фототопографічне (фототеодолітне) знімання та яка їх суть?
5. У яких випадках застосовують тахеометричне знімання та які прилади використовують для його виконання?

9 ВИКОНАННЯ ВИМІРЮВАНЬ ТА ОБРОБКА ЖУРНАЛУ ТАХЕОМЕТРИЧНОЇ ЗЙОМКИ

Тахеометрія – швидкий спосіб одночасного визначення планового та висотного положення точок місцевості. В основі тахеометричної зйомки полягає ідея визначення просторового положення точки місцевості одним наведенням зорової труби приладу на рейку, встановлену в цій точці.

9.1 Суть тахеометричної зйомки

Тахеометрична зйомка є топографічною, тобто контурно-висотною зйомкою, в результаті якої отримують план місцевості з ситуацією та рельєфом. Тахеометрична зйомка виконується самостійно для створення планів невеликих ділянок місцевості у великих масштабах 1:500-1:5 000 (або у поєднанні з іншими видами геодезичних робіт), коли виконання стереотопографічної або мензульної зйомок економічно недоцільно або технічно складно. Її застосування особливо вигідно для зйомки вузьких смуг місцевості при дослідженнях трас і автомобільних залізниць, ліній електропередач, трубопроводів та інших протяжних об'єктів.

Слово «тахеометрія» в перекладі з грецької мови означає «швидкий вимір». Швидкість вимірів при тахеометричній зйомці досягається тим, що положення точки місцевості, що знімається, в плані та по висоті визначається при одному наведенні труби приладу на рейку, встановлену в цій точці.

Тахеометрична зйомка виконується за допомогою теодолітів або спеціальних приладів – тахеометрів.

Суть тахеометричної зйомки полягає в тому, що зі станції, для якої відомі координати, визначають просторові полярні координати (β , ν , D) точок місцевості для подальшого нанесення цих точок на план. При цьому горизонтальний кут β між початковим напрямом і напрямом на точку, що знімається (рис. 9.1), вимірюється за допомогою горизонтального круга, вертикальний кут ν – за допомогою вертикального круга теодоліта, а відстань до точки D – віддалеміром. Таким чином, планове положення точок, що знімаються, визначається полярним способом (координати β , d), а перевищення точок – методом тригонометричного нівелювання, яке здійснюється за допомогою похилого променя візування (рис. 9.2).

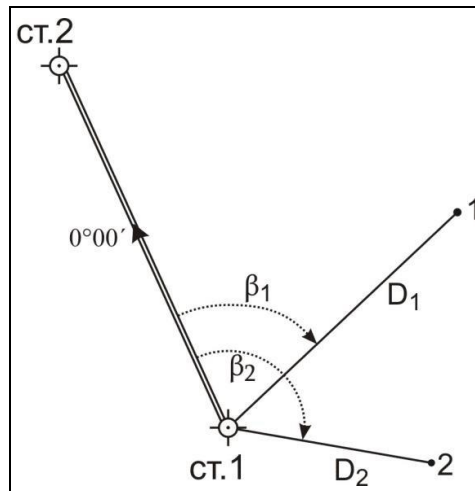


Рисунок 9.1 – Схема визначення полярних координат точок місцевості під час тахеометричної зйомки (пояснення позначень у тексті)

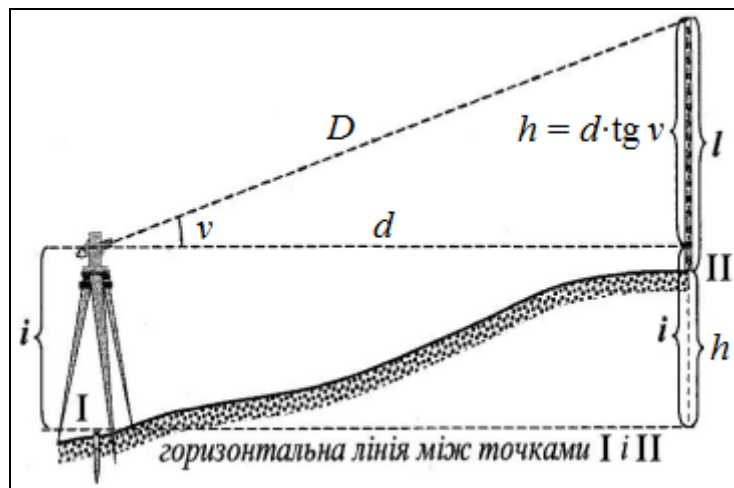


Рисунок 9.2 – Схема виконання тригонометричного нівелювання під час тахеометричної зйомки (пояснення позначень у тексті)

Принцип тригонометричного нівелювання полягає в наступному. Нехай вимагається визначити перевищення h точки II над точкою I (рис. 9.2). Над точкою I встановлюється в робочому положенні теодоліт, а в точці II прямовисно – рейка. Вимірюють висоту приладу i та зоровою трубою теодоліта візують на верх рейки (віхи), що має довжину l . За допомогою вертикального круга вимірюють вертикальний кут v , а віддалеміром – похилу відстань D або її горизонтальну проекцію d .

Значення d та h обчислюються за допомогою мікрокалькуляторів. При використанні спеціальних тахеометрів горизонтальні прокладення і перевищення знаходять автоматично шляхом взяття відліків по рейці.

Переваги тахеометричної зйомки в порівнянні з іншими видами топографічних зйомок полягають в тому, що вона може виконуватися за несприятливих погодних умов. Крім того, камеральні роботи можуть виконуватися іншим виконавцем після виробництва польових вимірів, що дозволяє скоротити терміни складання плану місцевості, що знімається.

Основним недоліком тахеометричної зйомки є те, що складання плану місцевості виконується в камеральних умовах на основі тільки результатів польових вимірів і абрисів, при цьому не можна своєчасно виявити допущені промахи шляхом звірення плану з місцевістю.

Точка, над якою встановлений прилад (тахеометр або теодоліт), називається *станцією*, а точка, положення якої визначається під час такої зйомки, має назву *рейкова (нікетна) точка*.

Перевищення h та горизонтальне прокладання d визначають за вимірною відстанню D та вимірним вертикальним кутом v .

Всі польові вимірювання заносять у журнали відповідної форми. Одночасно з цим ведуть *абрис*, на який наносять контури місцевості, а також наближене розташування на місцевості всіх рейкових точок.

За результатами зйомки виконують обробку журналу і складають план місцевості із зображенням на ньому ситуації та рельєфу.

9.2. Прилади, які застосовуються для тахеометричної зйомки

Як відзначалося вище, для виконання тахеометричної зйомки можуть використовуватися технічні теодоліти (ТЗ0, 2ТЗ0, 2ТЗ0П, 4ТЗ0П й ін.), що мають горизонтальний і вертикальний круги і нитяний віддалемір.

Перед початком зйомки виконують перевірки приладу.

Для зручності обчислення вимірних вертикальних кутів місце нуля (М0) вертикального круга приводиться до нуля (коливання М0 в процесі вимірювань не повинні перевищувати $\pm 1'$). При роботі з теодолітами застосовують віддалемірні рейки або шашкові нівелірні рейки.

Під час тахеометричної зйомки широке застосовують тахеометри, які поділяють на три основні групи: кругові, номограмні та електронні.

До кругових тахеометрів належать технічні теодоліти (наприклад, ТЗ0).

Номограмні тахеометри мають додатковий вертикальний круг з нанесеними на ньому номограмами, які дають змогу вимірювати безпосередньо горизонтальні проекції ліній (горизонтальні прокладення) і перевищення.

Широко застосовуються наступні номограмні тахеометри: ТН (ТаН, 2ТаН), Dalta-020В, Dalta-010В й ін.

Електронні тахеометри – це прилади, які поєднують в собі кутомірні пристрої та світловіддалеміри. Вони призначені для вимірювань відстаней до 2 км з середньою квадратичною похибкою не більше ± 2 см, а також для вимірів горизонтальних і вертикальних кутів з середніми квадратичними похибками $\pm 3''$ та $\pm 5''$ відповідно.

Електронні тахеометри виготовляють наступні фірми-виробники: Leica (Швейцарія), Trimble (США), Sokkia (Японія) й ін.

Під час виконання тахеометричної зйомки можна використовувати нівелірні рейки (рис. 9.3, а). Однак ці рейки мають сантиметрові поділки і під час вимірювання віддалей, які є більше ніж 150-200 м, їх погано видно. Тому зручніше, коли на рейці нанесено поділки різної величини – по два, п'ять, десять і більше сантиметрів. Крім того, нівелірні рейки важкі.

Під час виконання тахеометричної зйомки краще використовувати тахеометричні рейки (рис. 9.3, б), які є легші ніж нівелірні. Це пов'язано з тим, що вони не обов'язково повинні бути двосторонніми, тому дерев'яні бруски, з яких виготовляють тахеометричні рейки, мають значно менший поперечний переріз (5-6 см \times 2-3 см) ніж нівелірні рейки (10 см \times 4 см).

Тахеометричні рейки мають півметрові, дециметрові та сантиметрові поділки (рис. 9.3, в).

Під час вимірювання ліній нижні частини рейки часто не видно через складність рельєфу та рослинність. Тому використовують розсувні рейки, які складаються з двох брусків: нижня частина – це підставка, з довжиною близько 2 м, яка має сантиметрові поділки (рис. 9.3, б). По ній пересувається рейка завдовжки 3-4 м. Її нижній зріз (п'ятку) можна закріпити скобою на висоті приладу i (зазвичай $i = 1,5-1,7$ м).

Фірма «Карл Цейс» (Австрія) виготовляє рейки, в яких підставку можна вставити всередину основної рейки. Цей принцип використовують також для виготовлення розсувних рейок з метровими секціями, що вставляються одна в іншу поступово – верхня в середню, середня в нижню, і в складеному вигляді мають довжину близько 1 м.

В робочому стані секції розсувної тахеометричної рейки жорстко скріплені пружинними фіксаторами.

Розсувні тахеометричні рейки часто виготовляють з дюралюмінію, тому вони легкі та зручні в транспортуванні та використанні під час тахеометричної зйомки.

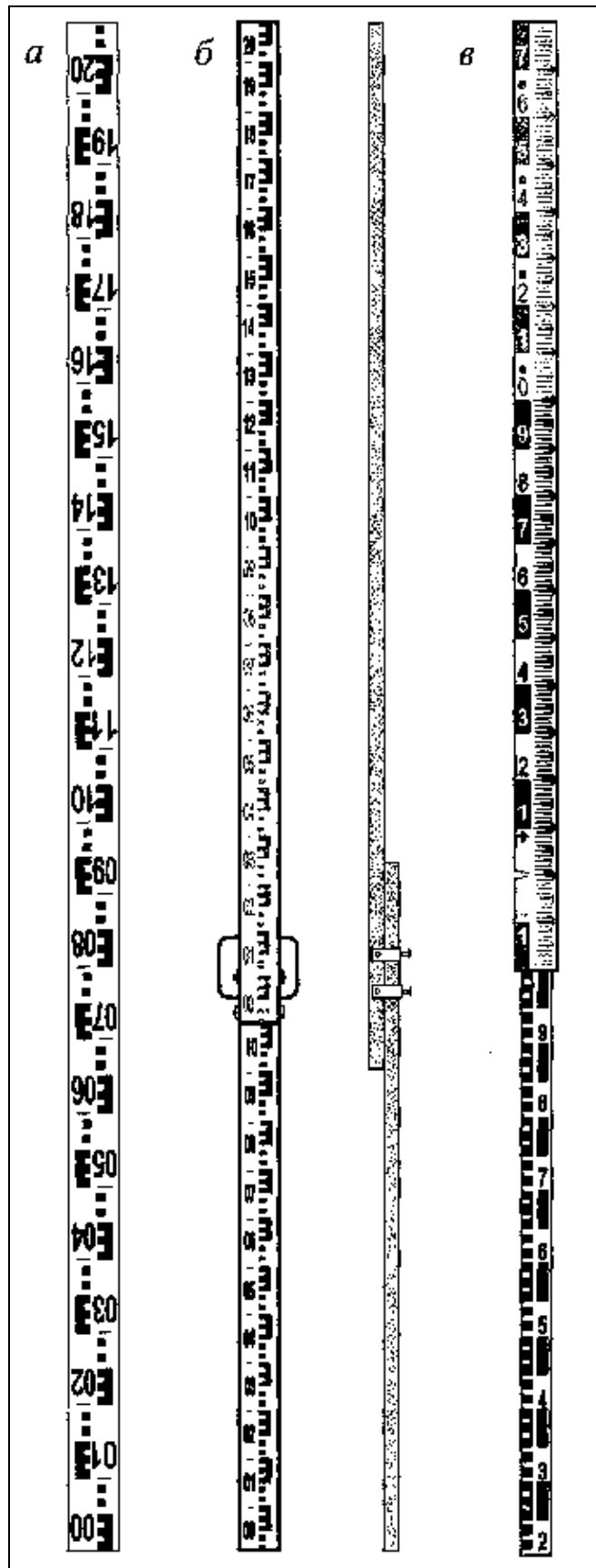


Рисунок 9.3 – Рейки, які використовують для тахеометричної зйомки (пояснення позначень у тексті)

9.3 Виконання тахеометричної зйомки

9.3.1 Геодезична мережа тахеометричної зйомки

Польовим роботам при тахеометричній зйомці передують складання проекту, що включає підбір необхідних картографічних матеріалів, каталогів пунктів планово-висотного обґрунтування і вибір способу створення знімальної мережі залежно від об'єкту зйомки, її масштабу та наявних приладів. Польові роботи при тахеометричній зйомці включають рекогносцировку місцевості, створення мережі знімального обґрунтування та зйомку ситуації і рельєфу.

Рекогносцирування включає знайомство з місцевістю в районі майбутньої тахеометричної зйомки, відшукування геодезичних пунктів планово-висотного обґрунтування і вибір місця для закріплення точок знімальної мережі. Ці точки слід розташовувати по можливості на височинах з добрим оглядом місцевості з урахуванням забезпечення взаємної видимості між суміжними точками.

Щільність точок знімальної мережі залежить від масштабу зйомки, складності рельєфу, забудованої або залісненої території, що знімається. Кількість точок знімальних мереж на 1 км^2 незабудованих територій для планів масштабу 1:1 000 повинно бути не менше 16, 1:2 000 – 12, 1:5 000 – 4. При зйомці в масштабі 1:500 на незабудованих територіях і на забудованих територіях щільність точок знімальних геодезичних мереж визначається рекогносцируванням.

Планово-висотну основу тахеометричної зйомки складають пункти державної геодезичної опорної мережі (ДГО), мереж згущування і знімальної мережі. Знімальна геодезична мережа створюється у вигляді теодолітно-нівелірних ходів при зйомці рельєфу з перерізом до 1 м, теодолітно-висотних і тахеометричних ходів – при зйомці рельєфу з перерізом через 2 м і більше.

У *теодолітно-нівелірних ходах* сторони вимірюються мірною стрічкою або оптичними віддалемірами відповідної точності, чи тахеометрами, горизонтальні кути – технічними теодолітами, а перевищення точок ходу – методом геометричного нівелювання.

У *теодолітно-висотних ходах* довжини сторін і горизонтальні кути вимірюються так само, як і у попередньому випадку, а перевищення між точками ходу визначаються методом тригонометричного нівелювання.

До початку тахеометричних робіт пункти опорної геодезичної мережі та знімального обґрунтування мають бути доведені до щільності, що забезпечує можливість прокладення тахеометричних ходів з дотриманням існуючих нормативних вимог (табл. 9.1).

Таблиця 9.1 – Допустимі параметри тахеометричних ходів

Масштаб знімання	З використанням ниткових віддалемірів, оптичних тахеометрів та теодолітів			З використанням електронних тахеометрів та оптичних теодолітів з світловіддалемірними насадками		
	Максимальна			Максимальна		
	Довжина ходу, м	Довжина лінії, м	Кількість ліній у ході	Довжина ходу, м	Довжина лінії, м	Кількість ліній у ході
1:5 000	1200	300	6	10000	1000	50
1:2 000	600	200	5	5000	700	30
1:1 000	300	150	3	3000	500	25
1:500	200	100	2	2000	350	20

Примітка: під час зйомки в масштабі 1:500 заборонено вимірювати довжини ліній в тахеометричних ходах нитковими віддалемірами.

Тахеометричні ходи відрізняються від теодолітно-висотних тим, що сторони в них вимірюються зазвичай за допомогою нитяного віддалеміра. Точки тахеометричних ходів закріплюються так само, як і в теодолітних ходах.

Тахеометричні ходи прокладають між пунктами опорної геодезичної мережі і знімального обґрунтування, координати яких відомі з точніших вимірів. Прив'язка цих ходів до опорних геодезичних пунктів виконується в звичайному порядку.

9.3.2 Основні вимоги до виконання тахеометричного знімання

Нижче пояснені існуючі вимоги до створення планів методом тахеометричного знімання. Висота перерізу рельєфу на топографічних планах встановлюється відповідно до вимог, які наведені у табл. 9.2.

Середні похибки в положенні на топографічному плані предметів і контурів місцевості з чіткими обрисами відносно найближчих точок знімальної основи не повинні перевищувати 0,5 мм, а в гірських та залісених районах – 0,7 мм.

Таблиця 9.2 – Вимоги до висоти перерізу рельєфу на топографічних планах

Характеристика рельєфу та кути нахилу		Масштаби знімання	
1:5 000, 1:2 000		1:1 000, 1:500	
Висота перерізу рельєфу, м			
Рівнинний, $\nu < 2^\circ$	(0,5) 1,0	0,5 (1,0)	0,5
Пагорбковий, $\nu < 4^\circ$	(1,0) 2,0	0,5* 1,0	0,5
Горбистий, $\nu < 6^\circ$	2,0 (5,0)	(1,0) 2,0	0,5 1,0*
Гірський, $\nu > 6^\circ$	2,0* 5,0	2,0	1

Примітка: *висоти перерізу рельєфу, значення яких відмічені зірочкою, на топографічних планах населених пунктів не використовуються (на топографічних планах населених пунктів можливе застосування висот перерізу рельєфу, значення яких наведені в дужках, але в обмежених випадках, якщо це передбачено технічним проектом або програмою).

На територіях з капітальною та багатоповерховою забудовою середні похибки у взаємному положенні на топографічному плані найближчих контурів (капітальних споруд, будинків й ін.) мають бути не більшими за 0,4 мм.

Для переходу від середніх похибок Δ до середніх квадратичних похибок m застосовують коефіцієнт 1,25, тобто $m = 1,25 \cdot \Delta$.

Середні похибки знятого рельєфу місцевості відносно найближчих точок геодезичної основи не повинні перевищувати за висотою:

- 1/4 висоти перерізу рельєфу для кутів нахилу місцевості до 2° ;
- 1/3 для кутів нахилу місцевості від 2° до 6° для карт масштабів 1:5 000, 1:2 000 та до 10° для карт масштабів 1:1 000 та 1:500.

У залісеній місцевості зазначені вище допуски (похибки) можуть збільшуватися у 2,5 рази.

Віддалі від точок тахеометричних ходів (знімальних станцій) до пікетів і віддалі між пікетами, які визначені із застосуванням ниткових віддалемірів не повинні перевищувати значень, наведених у табл. 9.3.

Якщо визначають положення нечітких або другорядних контурів, віддалі можна збільшувати у 1,5 рази.

Віддалі від точок тахеометричних ходів до пікетів і віддалі між пікетами, які визначені із використанням електронних тахеометрів та оптичних теодолітів із світловіддалемірними насадками не повинні перевищувати значень, наведених у табл. 9.3.

Таблиця 9.3 – Віддалі від точок тахеометричних ходів (знімальних станцій) до пікетів і віддалі між пікетами

Масштаб знімання	Переріз рельєфу, м	Максимальна віддаль між пікетами, м	Максимальна віддаль від приладу до рейки під час знімання рельєфу, м	Максимальна віддаль від приладу до рейки під час знімання контурів, м
При застосуванні оптичних тахеометрів та теодолітів				
1:5 000	0,5	60	250	150
	1,0	80	300	150
	2,0	100	350	150
	5,0	120	350	150
1:2 000	0,5	40	200	100
	1,0	40	250	100
	2,0	50	250	100
1:1 000	0,5	20	150	80
	1,0	30	200	80
1:500	0,5	15	100	60
	1,0	15	150	60
При застосуванні електронних тахеометрів та оптичних теодолітів з світловіддалемірними насадками				
1:5 000	0,5	60	1000	1000
	1,0	80	1000	1000
	2,0	100	1000	1000
	5,0	120	1000	1000
1:2 000	0,5	40	750	750
	1,0	40	750	750
	2,0	50	750	750
1:1 000	0,5	20	600	600
	1,0	30	600	600
1:500	0,5	15	500	500
	1,0	15	500	500

Під час виконання тахеометричної зйомки контролюють стабільність орієнтування приладу, результати перевірки записують у журнал або реєструють у терміналі цифрових даних електронних тахеометрів.

Допускається змінювати напрямок орієнтування не більш ніж на 1,5' під час зйомки оптичними тахеометрами та технічними теодолітами і 20" під час зйомки електронними тахеометрами та точними теодолітами з світловіддалемірними насадками.

На топографічних планах масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 та 1:500 з надійною точністю і детальністю залежно від масштабу топографічного плану зображають:

- пункти триангуляції, полігонометрії, трилатерації, ґрунтові та стінні репери і пункти знімальної основи;
- будинки і будівлі, їхні характеристики згідно з умовними знаками;
- промислові об'єкти;
- залізничні, шосейні та ґрунтові дороги і споруди біля них;
- гідрографію (річки, струмки, озера, канали, ставки, колодязі, криниці, джерела, водосховища тощо);
- об'єкти гідротехнічні та водного транспорту;
- об'єкти водопостачання;
- рельєф місцевості;
- рослинність;
- ґрунти і мікроформи земної поверхні;
- державний кордон, адміністративні межі;
- власні назви населених пунктів, вулиць, залізничних станцій, пристаней, озер, річок, перевалів, долин, ярів й інших географічних об'єктів.

Зйомку виконують на:

- ділянках господарсько-цінних угідь, площа яких на плані становить ≥ 20 мм²;
- будь-яких інших ділянках, площею в масштабі карти ≥ 20 мм², що розташовані на ділянці господарсько-цінних угідь;
- ділянках, що не мають господарського значення і площа яких в масштабі плану становить ≥ 50 мм².

Під час зйомки лісу визначають породу, середню висоту дерев, їхній середній діаметр на висоті 1,5 м, середні віддалі між деревами в різних частинах ділянки, контури рідколісся, зрубів, згарищ, сільськогосподарських угідь, розташованих у лісі.

Якщо ширина річок, струмків, каналів на плані зобразиться лінією товщиною ≥ 3 мм, то зйомку виконують на двох берегах, а якщо до 3 мм – тільки на одному, вказуючи напрям течії та вимірюючи її швидкість.

Якщо в масштабі плану вигини обрисів об'єкта менші за 0,5 мм, то вони спрямляються.

Переносні та тимчасові споруди (ятки, кіоски, намети тощо) під час зйомок у масштабах 1:2 000, 1:1 000 та 1:500 не знімають.

9.3.3 Прокладання тахеометричного ходу та послідовність робіт на станціях

Тахеометричний хід прокладає бригада з 3-4 осіб, в яку входять:

- виконавець робіт (який виконує вимірювання тахеометром);
- два речника;
- може входити помічник виконавця робіт, який записує результати спостережень в журнал тахеометричного ходу і виконує обчислення на станції.

На рис. 9.4 показаний фрагмент схеми тахеометричного ходу, який прокладається від пункту полігонометрії 5. Пункти 4, 5 і 6 є закріпленими на місцевості пунктами ДГМ і мережі згущення з відомими координатами та висотами.

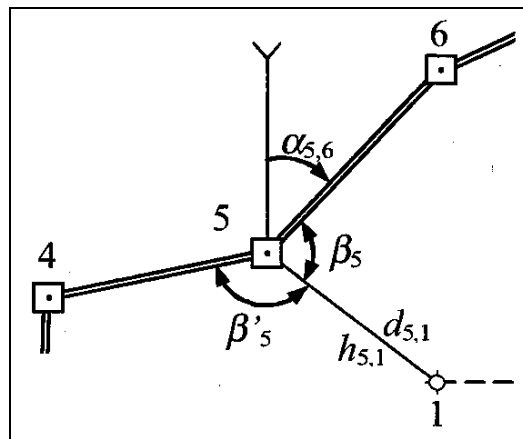


Рисунок 9.4 – Схема вимірювання на станції 5 тахеометричного ходу (пояснення позначень у тексті)

Нижче пояснено послідовність виконання робіт на окремій станції 5 тахеометричного ходу.

Над пунктом 5 (рис. 9.4) встановлюють тахеометр (або теодоліт) так, щоб його вісь була прямовисною і проходила через центр геодезичного пункту. Тахеометри центрують нитковим виском, оптичним центриром і за допомогою зорової труби (як і теодоліт).

Після цього тахеометр орієнтують, тобто:

- обертанням діоптрійного кільця окуляра зорової труби досягають чіткого зображення сітки ниток, а діоптрійним кільцем відлікового пристрою – чіткого зображення штрихів лімба і шкали (відлікового індексу);
- повертаючи алідаду (при КЛ), знаходять таке її положення, коли відлік горизонтального круга дорівнюватиме $0^{\circ}00,0'$;
- закріплюють алідаду;

– відкріплюють закріпний гвинт лімба (горизонтального круга) і наводять зорову трубу (спочатку приблизно) за допомогою оптичного візира на візирну ціль, встановлену на сусідньому пункті;

– закріплюють лімб;

– обертанням фокусувального гвинта зорової труби досягають чіткого зображення візирної цілі і за допомогою навідного гвинта лімба та зорової труби вертикальний штрих сітки ниток наводять точно на візирну ціль.

У результаті виконаної роботи в пункті 5 тахеометр зцентрований над цим пунктом, знівельований і відлік горизонтального круга дорівнює $0^{\circ}00,0'$ (зорова труба наведена на сусідній пункт), тобто прилад приведений в робоче положення.

На пунктах 6 та 1 встановлюють візирні цілі (віхи, вимірні шпильки або марки) з точністю 3 мм (згідно з вимогами нормативних документів). Віхи і вимірні шпильки ставлять вістря на центр знака та утримують їх прямовисно. Візирні марки закріплюють на штативі та центрують так само, як і тахеометр. Зауважимо, що чим коротші сторони кута, тим ретельніше треба центрувати візирні цілі над центрами пунктів.

Горизонтальні кути в тахеометричних ходах вимірюють одним повним прийомом. Віддалі на станції вимірюють нитковим віддалеміром, горизонтальні прокладення – номограмними чи електронними тахеометрами. Кути нахилу ліній вимірюють оптичними тахеометрами, перевищення – номограмними чи електронними тахеометрами.

Вимірюючи горизонтальний кут β , відліки записують в колонку 3 журналу тахеометричної зйомки (табл. 9.4). Обчислюють горизонтальний кут за двох положень вертикального круга. Якщо розходження між ними не перевищує подвійної точності відлікового пристрою горизонтального круга приладу, то обчислюють середнє значення кута, виміряного повним прийомом. У наведеному прикладі (табл. 9.4) горизонтальний кут лівий по ходу і він дорівнює $\beta = 89^{\circ}39,8'$. Далі при двох положеннях вертикального круга для лінії 5-1 вимірюють горизонтальне прокладення d і кут нахилу v . Послідовність виконання цих вимірювань пояснено нижче.

1. Рулеткою або рейкою вимірюють висоту приладу ($i = 1,26$ м) від осі обертання зорової труби до торця кілка з точністю до 1 см і позначають її значення на рейках (або віхах).

2. Встановлюють рейки (віхи) на сусідніх пунктах ходу так, щоб осі рейок (віх) були вертикальними і проходили через центри пункту. У наведеному прикладі віддаль від пункту 5 до пункт 6 і кут нахилу лінії 5-6 не вимірюють, оскільки їхні координати та висоти відомі.

Таблиця 9.4 – Приклад сторінки журналу тахеометричної зйомки з даними визначення кутів, відстаней і перевищень у прокладеному ході

Дата: 27.07.2021 р. Теодоліт: 2Т30П, зав. № 44307. Погода: ясно. Вітер: слабкий.
Спостерігач: І. В. Гриценко. Зображення: чітке. Записав і обчислив: Т. А. Білий.

Номера станцій та пікетів	Відліки			Кут нахилу, $\nu, \text{ }^\circ \text{ '}$, $\nu = MO - KЛ$ або $\nu = KЛ - MO$	Горизонтальне прокладення, $d = K \cdot n \cdot \cos^2 \nu, \text{ м}$	Перевищення $h = d \cdot \text{tg } \nu + i - l, \text{ м}$	Висота, $H = H_{cm} + h, \text{ м}$	Примітка
	з рейки, $n, \text{ см}$	з горизонтального круга, $^\circ \text{ '}$	з вертикального круга, $^\circ \text{ '}$					
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
Назва станції: 5. Коефіцієнт віддалеміра: $K = 100$. Висота приладу: $i = 1,26 \text{ м}$. Орієнтовано на станцію: 6. Місце нуля: $MO = +0^\circ 00,5'$. Висота станції: $H_{cm} = 245,17 \text{ м}$.								
КЛ								
1	127,4	89°39,5'	-1°27,0'	+1°27,5'	127,32	+3,24	248,41	
6		0°00,0'						
Величина горизонтального кута, β		89°39,5'						
КП								
1	127,5	269°40,0'	+1°28,0'	-1°27,5'	127,42	+3,24	248,41	
6		180°00,0'						
Величина горизонтального кута, β		89°40,0'						
Середнє значення горизонтального кута, $\beta_{сеп}$		89°39,8'						

3. При КЛ візують трубу на рейку, встановлену на пункті 1 так, щоб середній горизонтальний штрих сітки ниток розміщувався біля позначки висоти приладу. Навідним гвинтом зорової труби точно наводять на висоту приладу. Закріплюють горизонтальний круг приладу і відлічують відлік по вертикальному кругу (-1°27,0'), який записують у колонку 4 журналу. Якщо не видно позначки висоти приладу на рейці, то середній горизонтальний штрих сітки ниток наводять на висоту 2,0 м або 2,5 м (в цьому випадку висоту наведення записують у журнал в колонці «Примітка»).

4. Для вимірювання віддалі зручно спрямувати нижню віддалемірну нитку на ближню дециметрову поділку рейки. Знімають відлік і записують його у колонку 2 журналу.

З виконаних дій (пункти 3 та 4) складається один півприйм.

Після цього трубу переводять через zenit і вимірювання повторюють для вертикального круга КП у викладеній в пунктах 3 та 4 послідовності.

Обов'язково у журнал тахеометричної зйомки треба внести дату, інформацію про погоду, вітер, зображення, спостерігача та його помічника.

У журналі зйомки для пунктів тахеометричного ходу обчислюють:

– значення місця нуля ($M0$) вертикального круга за даними відліків з вертикального круга на попередньому та наступному пунктах ходу (якщо розходження між ними не перевищує подвоєної точності відліку вертикального круга, то обчислюють значення кутів нахилу ν);

– середнє значення з віддалей, отриманих при КЛ та КП (у першому і другому півприйомах), якщо розходження між ними не більше граничного значення ($\Delta = D_{сер} / 200$).

Якщо є можливість, то ще в полі обчислюють середні довжини сторін ходу $D_{сер}$, їхні горизонтальні прокладення (проекції) d та перевищення h між пунктами тахеометричного ходу.

Прокладання тахеометричного ходу номограмними тахеометрами аналогічне до прокладання тахеометричного ходу круговими тахеометрами. Відмінність полягає лише в тому, що номограмними тахеометрами на станції тахеометричного ходу вимірюють відразу горизонтальні проекції віддалей та перевищення між віссю обертання труби і висотою наведення головної номограмної кривої.

Існують певні технічні особливості прокладання тахеометричного ходу електронними тахеометрами, які пояснені нижче.

1. Прилад центрують за допомогою лазерного центрира.
2. Вибирають і встановлюють відповідний шаблон вимірювань, тобто набір величин, які будуть вимірюватися.
3. Вибирають одиниці вимірювання.
4. Визначають і вводять у пам'ять приладу колімаційну похибку.
5. Знаходять і вводять в пам'ять приладу величину місця нуля ($M0$), місця зеніту (MZ).
6. Орієнтують прилад у заданому напрямку.
7. Вводять у пам'ять тахеометра висоту h_i приладу і висоту відбивача h_r .
8. Вводять у пам'ять тахеометра поправку у довжину лінії за вплив зовнішнього середовища (зі зміною тиску та температури повітря значення атмосферної поправки треба коректувати у пам'яті приладу).

Послідовність прокладання тахеометричного ходу електронними тахеометрами аналогічна поясненій вище методиці для оптичних тахеометрів. Відмінність полягає в автоматичній реєстрації відліків, а також в тому, що в електронних тахеометрах можна враховувати деякі поправки в результати вимірювань.

9.3.4 Приведення значення місця нуля (M_0) до нуля

Якщо значення місця нуля (M_0) дорівнює нулю та тахеометр (теодоліт) приведений в робочий стан, то відліки при КЛ будуть кутами нахилу. Якщо ж значення M_0 велике і незручне для обчислень, то необхідно змінити його та зменшити до нуля.

Величину місця нуля (M_0) тахеометра можна змінити наступними шляхами:

- 1) зміни положення осі циліндричного рівня на алідаді вертикального круга;
- 2) зміни положення візирної осі зорової труби або їхнього взаємного розташування.

Якщо тахеометр має циліндричний рівень при алідаді вертикального круга, то змінюють положення осі циліндричного рівня вертикальними виправними (юстирувальними) гвинтами рівня.

Якщо тахеометр не має циліндричного рівня при алідаді вертикального круга, то M_0 приводять до нуля за допомогою вертикальних виправних гвинтів сітки ниток, тобто змінюють положення візирної осі зорової труби.

Існують два способи приведення M_0 до нуля для тахеометрів з циліндричним рівнем при алідаді вертикального круга і без цього рівня.

Нижче наведено пояснення приведення M_0 до нуля для тахеометрів без циліндричного рівня при алідаді вертикального круга.

Перший спосіб.

1. Визначають кут нахилу ν на довільну точку місцевості. Завжди доцільно вибирати спостережувану точку місцевості, розміщену вище від осі обертання зорової труби тахеометра.

2. При КЛ наводять зорову трубу на цю саму точку місцевості. Підіймальним гвинтом, що розташований поближче до напрямку на спостережувану точку, бульбашку циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга переміщують на середину, а навідним гвинтом зорової труби встановлюють відлік на вертикальному крузі, який дорівнює значенню кута нахилу. Тоді горизонтальна нитка сітки ниток зміститься з спостережуваної точки.

3. Вертикальними виправними гвинтами сітки ниток переміщують сітку ниток так, щоб її горизонтальна нитка проектувалася на спостережувану точку місцевості.

Другий спосіб.

1. Знаходять значення місця нуля (M_0).

2. Вертикально встановивши вісь обертання тахеометра, повертають зорову трубу у вертикальній площині, спочатку від руки, а потім її навідним гвинтом, встановлюють на вертикальному крузі відлік, який дорівнює значенню $M0$. У такому разі візирна вісь зорової труби буде в горизонтальній площині. На вертикальній площині, наприклад, на стіні будинку позначають точку, на яку проектується центр сітки ниток.

3. Навідним гвинтом зорової труби встановлюють на вертикальному крузі відлік $0^{\circ}00'$. Тоді центр сітки ниток зійде з позначеної на стіні точки.

4. За допомогою вертикальних виправних гвинтів сітки ниток переміщують центр сітки ниток на цю точку.

Після виправлень ще раз визначають місце нуля ($M0$). Якщо буде необхідно, його виправляють ще раз. Значення місця нуля ($M0$) тахеометра повинно бути постійним і близьким до нуля, про що роблять висновок за результатами його визначень протягом декількох днів.

9.3.5 Зйомка ситуації і рельєфу місцевості, складання абрису та послідовність робіт на станціях під час виконання зйомки

Після виконання вимірювань на станції по створенню знімального обґрунтування приступають до зйомки ситуації і рельєфу місцевості.

Тахеометрична зйомка місцевості може виконуватися технічними теодолітами або спеціальними тахеометрами. Рекомендується за можливості використовувати для зйомки електронні чи номограмні тахеометри, що дозволяють безпосередньо вимірювати горизонтальні прокладення ліній і перевищення між точками. Це звільняє виконавця від виміру вертикальних кутів і обчислень, що істотно підвищує продуктивність праці.

Зйомка ситуації і рельєфу місцевості може виконуватися одночасно з прокладанням тахеометричних ходів або після того, як ходи прокладені. У першому випадку на кожній станції спочатку роблять усі виміри, пов'язані з прокладанням ходів знімального обґрунтування, а потім виконують зйомку ситуації і рельєфу.

Зйомка місцевих предметів, контурів і рельєфу місцевості робиться, як правило, полярним способом. У виняткових випадках (при зйомці недоступних місцевих предметів) застосовується спосіб кутових засічок. Перевищення між точками місцевості визначають тригонометричним нівелюванням. У рівнинній місцевості перевищення можна визначати горизонтальним променем, користуючись теодолітом як нівеліром, тобто встановивши візирну вісь труби теодоліта в горизонтальне положення.

Горизонтальні і вертикальні кути вимірюють при одному положенні зорової труби приладу, полярні відстані – нитяним далекоміром.

Навколо кожної станції намічають рейкові (пикетні) точки (рис. 9.5), необхідна кількість яких залежить від характеру рельєфу, складності ситуації і масштабу зйомки.

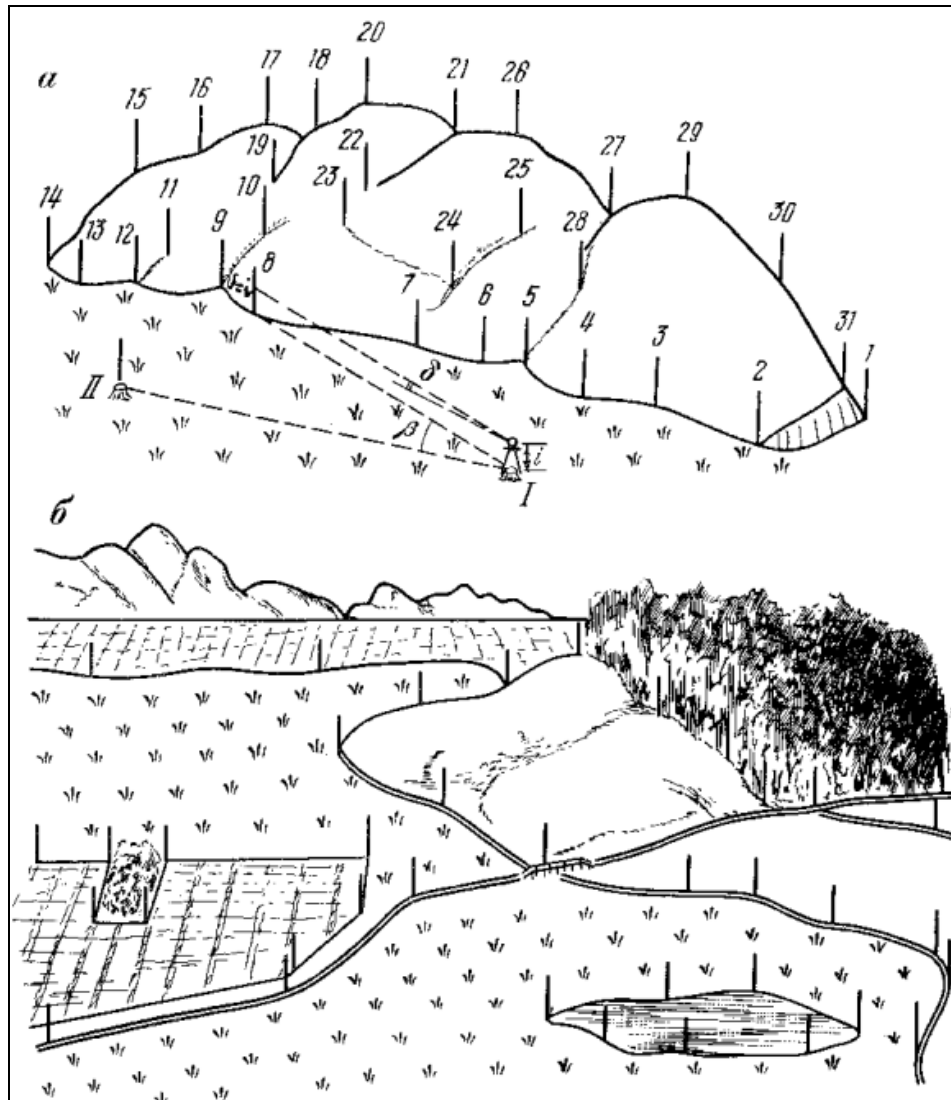


Рисунок 9.5 – Приклади положення рейкових (пикетних) точок під час тахеометричної зйомки: *а* – висотні; *б* – контурні

Рейкові точки вибирають на характерних точках рельєфу – на вершинах і підшвах пагорбів, на дні і бровках улоговин і ярів, по лініях вододілів і водозливів, на перегибах скатів і сідловині, а також в характерних точках контурів і у місцевих предметів. Чим більше масштаб зйомки, менше прийнята висота перерізу рельєфу і складніше характер місцевості, що знімається, тим більшим має бути число рейкових точок.

Граничні відстані між рейковими точками і від приладу до рейки залежать від масштабу зйомки і висоти перерізу рельєфу. Вони не повинні перевищувати величин, приведених вище в табл. 9.3 (див. пп. 9.3.2).

Вище (див. рис. 9.5) показаний приклад вибору положення висотних і контурних рейкових точок.

Для зображення рельєфу встановлюють рейку на усіх точках перегинів місцевості по характерних лініях рельєфу з таким розрахунком, щоб скат між сусідніми рейковими точками можна було вважати рівномірним, допускаючи коливання в межах не більше половини висоти перерізу рельєфу горизонталями. Наприклад, для того, щоб зобразити рельєф пагорба (рис. 9.5, а), реєчник повинен послідовно встановити рейку в наступних точках: 1-9, 12, 13, 14 – для визначення підошви пагорба, 15, 16, 17, 30, 31 – перегинів скатів, 20, 26, 29 – вершини пагорба, 21, 27 – сідловини, 10, 11, 19, 22, 28 – напрямів ліній тальвегів, лощин і т. п. В межах ділянки місцевості, що знімається, мають бути зняті усі об'єкти ситуації, що виражаються в заданому масштабі плану. При обранні контурних точок (рис. 9.5, б) слід мати на увазі, що вигини контурів, що знімаються, які є меншими за 0,5 мм в масштабі плану, випрямляються, а ділянки сільськогосподарських угідь і контури ділянок рослинного покриву площею до 10 мм² на плані не показуються.

Одночасно з набором пікетів ведуть абрис. Від його якості залежить достовірність відображення на плані або карті контурів та рельєфу місцевості.

На абрисі показують опорні геодезичні пункти, пікети, об'єкти, характерні точки та лінії рельєфу місцевості, напрями схилів, а деколи схематично горизонталі стрілками позначають напрямки між пікетними точками, між якими необхідно інтерполювати горизонталі. Напрямок стрілок вказує на пониження рельєфу.

Пікети, розміщені на мостах, роздоріжжях, рогах будівель тощо, є одночасно контурними і висотними.

На абрисі біля пунктів планово-висотної основи і пікетів вказують їхні номери. У нумерації пікетів спочатку вказують номер станції, а поруч номер пікету для неї. Наприклад, 51, де 5 – номер станції, а 1 – номер пікету (рис. 9.6).

На абрисі не викреслюють масштабних умовних знаків, а лише записують їх назви, наприклад: рілля, луки, сад фруктовий тощо (рис. 9.6).

На абрисі вказують назви населених пунктів, річок, водойм, ширину річок, доріг, глибину канав й інші відомості, потрібні для складання плану.

Пікетні точки повинні рівномірно покривати поверхню знімання, а їхня щільність має відповідати діючим вимогам (див. табл. 9.1-9.3). Їхня кількість залежить від складності ділянки знімання, мікрорельєфу тощо.

На рис. 9.6 наведено приклад абрису ділянки з нескладною ситуацією і рельєфом, де показана польова дорога, яка є межею між луками та ріллею.

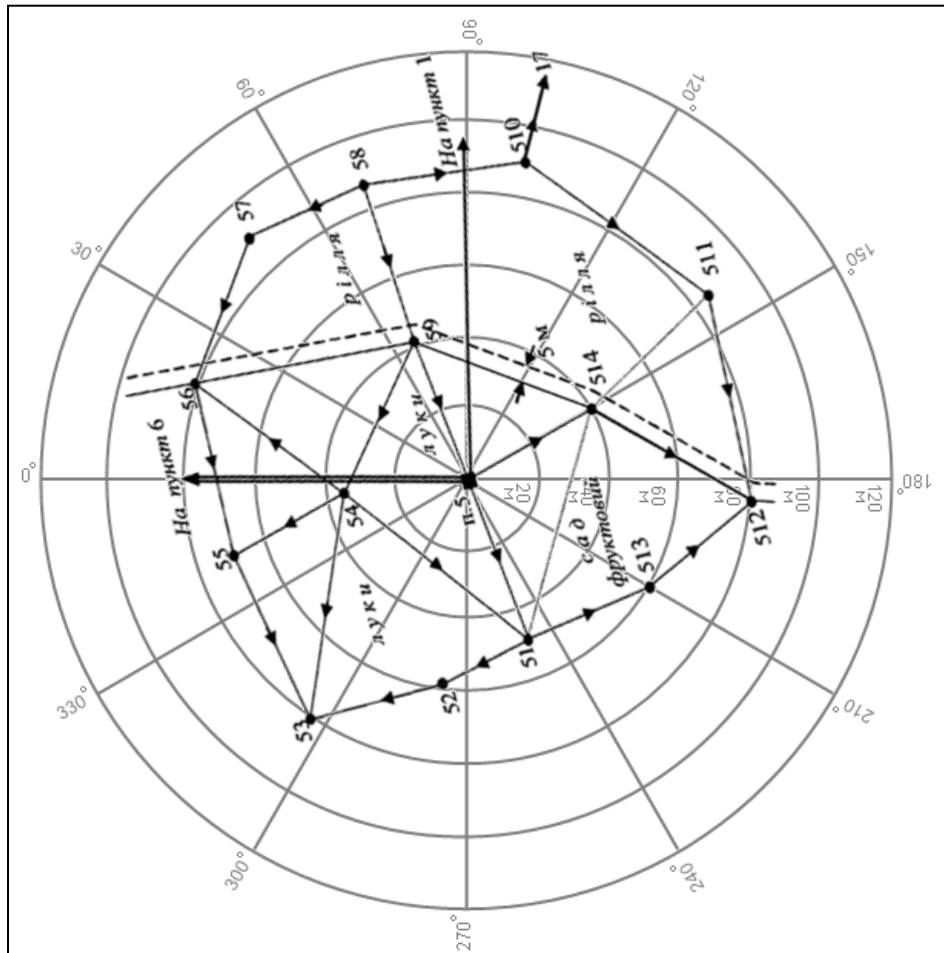


Рисунок 9.6 – Приклад абрису тахеометричної зйомки на станції 5 (пояснення позначень у тексті)

Якщо зйомку ситуації і рельєфу виконують разом з прокладанням тахеометричного ходу, то використовують значення M_0 , яке обчислене під час вимірювання вертикальних кутів на сусідні точки ходу.

Якщо зйомку ситуації і рельєфу виконують після прокладання тахеометричного ходу, то треба визначити місце нуля (M_0) на станції. Для цього центр сітки ниток наводять на добре видиму точку при КП і при КЛ знімають відліки з вертикального круга. Відліки записують у журнал тахеометричної зйомки. Далі обчислюють місце нуля (M_0) і записують його значення в журнал тахеометричної зйомки (див. табл. 9.5).

Потім при КЛ перевіряють орієнтування приладу на пункт 6 (відлік з горизонтального круга має дорівнювати $0^{\circ}00,0'$) і записують у журналі «Орієнтовано на станцію 6» (див. табл. 9.5).

Таблиця 9.5 – Приклад сторінки журналу тахеометричної зйомки з визначеним місцем нуля ($M0$) та відліками на рейкові (пікетні) точки

Дата: 27.07.2021 р. Теодоліт: 2Т30П, зав. № 44307. Погода: ясно. Вітер: слабкий.
Спостерігач: І. В. Гриценко. Зображення: чітке. Записав і обчислив: Т. А. Білий.

Номера станцій та пікетів	Відліки			Кут нахилу, $v, \text{ }^{\circ}'$, $v = M0 - KЛ$ або $v = KЛ - M0$	Горизонтальне прокладення, $d = K \cdot n \cdot \cos^2 v, \text{ м}$	Перевищення $h = d \cdot \text{tg } v + i - l, \text{ м}$	Висота, $H = H_{cm} + h, \text{ м}$	Примітка
	з рейки, $n, \text{ см}$	з горизонтального круга, $\text{ }^{\circ}'$	з вертикального круга, $\text{ }^{\circ}'$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Назва станції: 5. Коефіцієнт віддалеміра: $K = 100$. Висота приладу: $i = 1,26 \text{ м}$. Орієнтовано на станцію: 6. Місце нуля: $M0 = +0^{\circ}00,5'$. Висота станції: $H_{cm} = 245,17 \text{ м}$.								
КП								
6			$-1^{\circ}43,0'$	$+1^{\circ}43,5'$				
Величина горизонтального кута, β								
КЛ								
6		$0^{\circ}00,0'$	$+1^{\circ}44,0'$	$+1^{\circ}43,5'$				
Величина горизонтального кута, β								
Середнє значення горизонтального кута, $\beta_{\text{сєр}}$								
КЛ								
51	47,2	$252^{\circ}40'$	$-2^{\circ}44'$					
52	54,3	$275^{\circ}53'$	$-3^{\circ}51'$					$l = 2,0 \text{ м}$
53	86,5	$307^{\circ}22'$	$-4^{\circ}38'$					<i>рельєф</i>
6		$0^{\circ}01'$						

Після цього виконують зйомку пікетних точок:

- встановлюють прямовисно рейку на вибраний пікет;
- записують у графу **1** журналу та на абрисі номер пікету (у графі «Примітка» можна зазначити, де встановлено рейку);
- спрямовують сітку ниток на цю рейку так, щоб вертикальна нитка потрапляла на середину поділок рейки, а середня горизонтальна нитка була близько до відліку висоти приладу;

– спрямовують віддалемірний штрих сітки ниток на початок та вимірюють віддаль і записують її значення у графу 2 журналу;

– спрямовують середню горизонтальну нитку на відкладену на рейці висоту приладу, відлічують горизонтальний і вертикальний круг, а відліки записують у колонки (графи) 3 та 4 журналу відповідно.

Послідовність роботи на станції при виконанні зйомки ситуації і рельєфу місцевості із застосуванням тахеометра (або теодоліта):

1) встановлюють прилад над точкою геодезичного обґрунтування і приводять його в робоче положення;

2) орієнтують лімб горизонтального круга на один із суміжних пунктів геодезичного обґрунтування:

– відкріплюють закріпний гвинт алідади горизонтального круга та встановлюють на горизонтальному крузі відлік $0^{\circ}00,0'$;

– закріплюють закріпний гвинт алідади горизонтального круга і відкріплюють закріпний гвинт лімба;

– наводять зорову трубу на точку орієнтування та закріплюють закріпний гвинт лімба (для точного наведення на точку використовується мікрометричним гвинтом лімба);

3) з точністю до 1 см вимірюють висоту приладу i (від верху закріпленої точки на місцевості, над якою встановлений теодоліт, до візирної осі труби теодоліта);

4) наводять зорову трубу на рейку, встановлену в рейковій точці (пікеті) та знімають відліки (при одному положенні круга – КЛ або КП):

– висота наведення на рейку l (за середнім штрихом сітки ниток);

– за горизонтальним кругом;

– за вертикальним кругом;

– за верхнім і нижнім віддалемірними штрихами сітки ниток (в журнал записується лише обчислена віддалемірна віддаль D);

5) виконують дії, зазначені в пункті 4), на всіх характерних точках місцевості, після чого переходять на наступну станцію, де повторюють роботи, наведені в пунктах 1), 2), 3) та 4).

Якщо неможливо навести горизонтальний штрих сітки ниток на висоту приладу, відкладену на рейці (коли вона закрита рослинністю, забудовами, огорожами тощо), середній горизонтальний штрих сітки ниток наводять на іншу (вищу) ділянку рейки, як правило, на відліки 2 м чи 2,5 м. У такому разі у журналі тахеометричної зйомки навпроти даного пікету у колонці «Примітка» записують висоту наведення, наприклад, $l = 2,0$ м (див. табл. 9.5).

Якщо середній горизонтальний штрих сітки ниток наводять на верх рейки або коли неможливо відлічити рейку за одним з віддалемірних штрихів, то рейку відлічують за середнім горизонтальним штрихом і одним з віддалемірних штрихів. У такому разі віддаль від приладу до пікету обчислюють, використовуючи коефіцієнт віддалеміра $K = 200$.

Тахеометричну зйомку номограмними і електронними тахеометрами виконують в такій самій послідовності, як і круговими тахеометрами. Відмінність полягає лише у тому, що ці тахеометри дають змогу відразу отримати горизонтальні прокладення (проекції) ліній та перевищення і значно спрощують процес вимірювання і обробки польових результатів.

Зауважимо, що абрис тахеометричної зйомки ведеться завжди, навіть у випадку, коли знімання виконують електронним тахеометром.

9.4 Обробка журналу тахеометричної зйомки

Камеральні роботи при тахеометричній зйомці включають:

- 1 – перевірку польових журналів з даними вимірювань;
- 2 – обчислення планових координат (X, Y) і висот (H) точок ходу;
- 3 – обчислення позначок (висот) рейкових точок на всіх станціях;
- 4 – складання топографічного плану місцевості.

Перевірка записів і обчислень в польових журналах робиться в дві руки (спостерігачем і його помічником). При цьому заново обчислюють горизонтальні та вертикальні кути, горизонтальні прокладення, прямі, зворотні і середні перевищення точок ходу. Виявлені похибки усуваються шляхом відповідних виправлень.

Нижче пояснено опрацювання сторінки журналу тахеометричної зйомки місцевості (табл. 9.6), що виконувалася з пункту 1, координати та висота якого відомі.

1. На станції 1 обчислюють значення місця нуля ($M0$) за відліками з вертикального круга, навівши зорову трубу при КП та при КЛ на рейки, встановлені на станціях 6 та 5, за формулою:

$$M0 = (KL_6 + KL_5 + KP_6 + KP_5) / 4. \quad (9.1)$$

З урахуванням того, що висота приладу дорівнює висоті наведення, для станції 1 (див табл. 9.6) місце нуля $M0$ дорівнює:

$$M0 = (3^\circ 19,5' + 2^\circ 36,0' - 3^\circ 17,5' - 2^\circ 34,0') / 4 = +0^\circ 01,0'.$$

Таблиця 9.6 – Приклад частково опрацьованої сторінки журналу тахеометричної зйомки

Дата: 22.06.2022 р. Теодоліт: 2Т30П, зав. № 44307. Погода: ясно. Вітер: слабкий.
Спостерігач: І. В. Гриценко. Зображення: чітке. Записав і обчислив: Т. А. Білий.

Номера станцій та пікетів	Відліки			Кут нахилу, v_i°' , $v = MO - КП$ або $v = КЛ - MO$	Горизонтальне прокладення, $d = K \cdot n \cdot \cos^2 v_i$, м	Перевищення $h = d \cdot \operatorname{tg} v + i - l$, м	Висота, $H = H_{cm} + h$, м	Примітка
	з рейки, n , см	з горизонтального круга, $^{\circ}'$	з вертикального круга, $^{\circ}'$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Назва станції: 1. Коефіцієнт віддалеміра: $K = 100$. Висота приладу: $i = 1,34$ м. Орієнтовано на станцію: 6. Місце нуля: $MO = +0^{\circ}01,0'$. Висота станції: $H_{cm} = 222,34$ м.								
КП								
5			-2°34,0'					
6			-3°17,5'					
Величина горизонтального кута, β								
КЛ								
5			+2°36,0'					
6		0°00,0'	+3°19,5'					
Величина горизонтального кута, β								
Середнє значення горизонтального кута, $\beta_{сер}$								
КЛ								
11	172,0	47°32'	-0°32'	-0°33'	172,0	-1,65	220,69	
12	106,7	71°42'	-0°52'	-0°53'	106,0	-1,63	220,71	$l = 2,0$ м
13	101,2	112°32'	-2°51'	-2°52'	101,0	-5,06	217,28	
14	122,0	133°06'	-4°46'	-4°47'				
15	113,1	163°28'	-3°20'	-3°21'				
16	70,2	146°08'	-1°31'	-1°32'				
17	44,6	71°40'	-0°48'	-0°49'				
18	91,2	34°15'	-2°21'	-2°22'				
19	80,7	350°03'	+3°16'	+3°15'				
111	76,5	193°50'	+2°16'	+2°15'				
6		0°01'						

2. Обчислюють кути нахилу ліній (напрямків) на точку 6 та 5 тахеометричного ходу за відліками при КЛ та при КП за формулами:

$$v_i = КЛ_i - MO \quad (9.2)$$

та

$$v_i = MO - КП_i \quad (9.3)$$

Для контролю визначення v_i виконують за формулою:

$$v_i = (KL_i - KP_i) / 2. \quad (9.4)$$

де i – номер точки, на яку виконували спостереження.

Їх числові значення записують у колонку 5 табл. 9.6.

3. Визначають горизонтальні прокладення d_i від точки спостережень до пікетних точок за формулою:

$$d_i = K \cdot n \cdot \cos^2 v_i. \quad (9.5)$$

де K – коефіцієнт ниткового віддалеміра ($K = 100$);

n – віддаль частки шкали рейки, що розміщена між віддалемірними штрихами сітки ниток.

У формулі (9.5) приведення до горизонту ліній, виміряних нитковим віддалеміром, один косинус $\cos v_i$ компенсує вертикальний кут нахилу лінії, а інший $\cos v_i$ – неперпендикулярність візирної осі приладу до рейки, тому маємо $\cos^2 v_i$.

Значення виміряних горизонтальних прокладень d_i записують у колонку 6 журналу (див. табл. 9.6).

4. Обчислюють перевищення h_i між станцією і пікетними точками за однією з формул:

$$h_i = 0,5 \cdot D_i \cdot \sin 2 v_i + i - l_i \quad (9.6)$$

або

$$h_i = d_i \cdot \operatorname{tg} v_i + i - l_i. \quad (9.7)$$

5. Обчислюють висоти (позначки) пікетних точок за формулою:

$$H_i = H_{cm} + h_i, \quad (9.8)$$

де H_{cm} – висота станції.

У зв'язку з тим, що обчислення в журналі виконуються без контролю необхідна обов'язкова перевірка обчислень другим виконавцем!

На цьому обробка журналу тахеометричної зйомки ситуації і рельєфу ділянки місцевості завершуються.

Питання для самоперевірки до теми № 9

1. Що таке тахеометрична зйомка та у якій послідовності її виконують?
2. Які способи можуть бути використані для тахеометричної зйомки ситуації і рельєфу місцевості?
3. Яким чином визначають планове та висотне положення точок під час тахеометричної зйомки?
4. За якими формулами обчислюють перевищення і горизонтальне прокладання під час тахеометричної зйомки?
5. Які прилади застосовуються для тахеометричної зйомки?

10 СКЛАДАННЯ ТОПОГРАФІЧНОГО ПЛАНУ ДІЛЯНКИ МІСЦЕВОСТІ ЗА ДАНИМИ ТАХЕОМЕТРИЧНОЇ ЗЙОМКИ

Після завершення обчислень на всіх станціях тахеометричного ходу переходять до складання топографічного плану ділянки, де зображають ситуацію та рельєф місцевості. Нижче поетапно наведені пояснення до виконання робіт зі складання топографічного плану ділянки місцевості за даними тахеометричної зйомки.

1. Розбивка (креслення) координатної сітки. Для побудова плану у заданому масштабі треба передусім нанести за координатами пункти знімальної основи, з яких (або відносно ліній між якими) виконувалося знімання території. Для цього на аркуші креслярського паперу (наприклад, на аркуші паперу формату А3) за допомогою лінійки Ф. В. Дробишева (або масштабної лінійки і циркуля-вимірника) розбивають координатну сітку. Лінії сітки по осях координат оцифровують залежно від масштабу зйомки. По прямокутних координатах наносять на план пункти геодезичних мереж, точки тахеометричних ходів і перевіряють нанесення точок зйомочного обґрунтування по відстанях між ними. Спочатку будують дві взаємно перпендикулярні лінії, тобто прямий кут. Для побудови прямих кутів може бути використаний так званий «єгипетський» трикутник, катети якого становлять 3 та 4 умовні одиниці міри довжини, а гіпотенуза – 5 одиниць (рис. 10.1). Сторони такого трикутника описується рівністю: $3^2 + 4^2 = 5^2$.

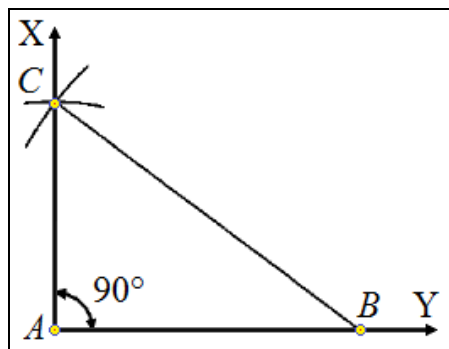


Рисунок 10.1 – Схема побудови прямого кута (пояснення наведені у тексті)

Отже, якщо на горизонтальній поверхні між двома точками A і B (рис. 10.1) відкласти відрізок завдовжки 4 умовні одиниці, а після цього з його кінців прокреслити дві дуги з радіусами 3 (з точки A) та 5 (з точки B) умовних одиниць, то вони перетнуться в деякій точці C .

Далі, якщо з'єднати точки A , B і C прямими лініями, то в точці A утвориться точний прямий кут, а лінії AB та AC будуть осями координат X та Y прямокутної системи координат.

Щоб забезпечити належну точність і зручність у подальшій роботі на плані спочатку викреслюють сітку квадратів (з сторонами 10×10 см), яку і називають координатною сіткою.

Щоб визначити розміри аркуша паперу для побудови плану треба з відомості координат точок тахеометричного ходу вибрати максимальне та мінімальне значення абсциси і ординати, наприклад, маємо: $x_{\min} = 262,06$ м, $x_{\max} = 732,60$ м, $y_{\min} = 305,66$ м, $y_{\max} = 809,31$ м.

Отже, вздовж осі абсцис наша ділянка простягається з півдня на північ на: $732,60 - 262,06 = 470,54$ м, а вздовж осі абсцис з заходу на схід – на: $809,31 - 305,66 = 503,65$ м.

Нехай треба побудувати план у масштабі $1:2\,000$. В цьому масштабі лінія на плані, довжина якої дорівнює 1 см, відповідатиме довжині лінії на місцевості 20 м.

Оскільки наша ділянка простягається з півдня на північ на 470,54 м, а з заходу на схід на 503,65 м, то на топографічному плані по осі X вона займе: $470,54 / 20 = 23,53$ см, а по осі Y : $503,65 / 20 = 25,18$ см, відповідно.

Для побудови плану такої ділянки місцевості потрібен аркуш паперу, довжина якого буде більше 23,53 см, а ширина – більше 25,18 см.

В обчисленнях не враховується розмір написів зверху та знизу плану. Для оформлення плану зверху та знизу, з правої та лівої сторін потрібно приблизно по 5 см. З урахуванням цього розміри аркуша плану мають бути такими: ширина не менше 36 см і довжина не менше ніж 29 см. Отже, для побудови плану такої ділянки потрібен аркуш білого паперу формату А3 з розмірами $29,7 \times 42,0$ см.

Для побудови координатної сітки широко застосовується спеціальна лінійка Ф. В. Дробишева. Існують велика і мала лінійки.

Великою лінійкою можна побудувати сітку квадратів розміром 80×60 см, а малою – розміром 50×50 см. Ці лінійки розроблено на принципі «єгипетського» трикутника з сторонами 3, 4 та 5 умовних одиниць міри довжини або 6, 8 та 10 умовних одиниць.

Оскільки розміри планшетів прямокутного розграфлення аркушів планів масштабу $1:5\,000 - 40 \times 40$ см, а масштабів $1:2\,000$, $1:1\,000$, $1:500 - 50 \times 50$ см, то для створення топографічних планів достатньо малої лінійки Ф. В. Дробишева (рис. 10.2).

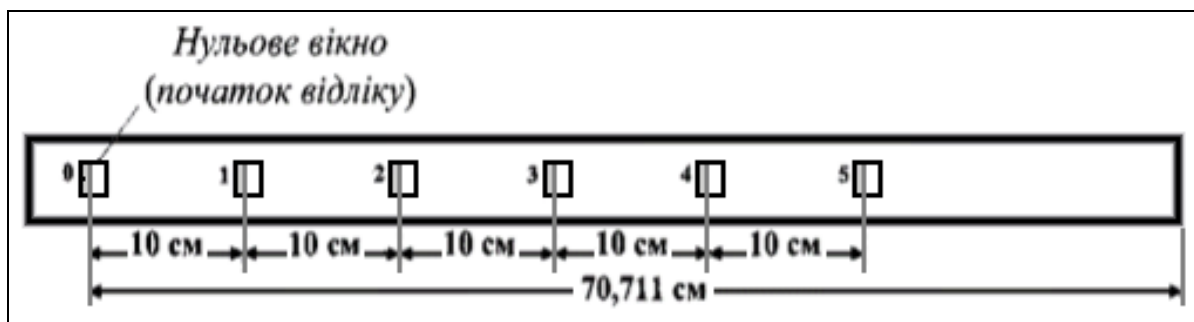


Рисунок 10.2 – Мала лінійка Ф. В. Дробишева

Мала лінійка Ф. В. Дробишева має шість вікон прямокутної форми, позначених 0, 1, 2, 3, 4, 5 (рис. 10.2). Правий кінець лінійки віддалений від початкової точки (початку відліку або нульового вікна) на 70,711 см. Ця величина є гіпотенузою великого квадрата з стороною 50 см. Ліві кінці в кожному вікні, верхній край і правий кінець лінійки скошені. Посередині скошеної частини лівого кінця нульового вікна лінійки вигравіювано штрих. Перетин скошеного краю нульового вікна з цим штрихом і є початком відліку лінійки. Скошений край нульового вікна лінійки є прямою лінією, а скошені краї вікон 1, 2, 3, 4, 5 та правого кінця лінійки є дугами радіусами 10 см, 20 см, 30 см, 40 см, 50 см та 70,744 см відповідно з центром кіл у початку відліків. Такою лінійкою можна побудувати і сітку квадратів з розмірами 30×40 см.

Нижче наведений опис послідовності побудови координатної сітки квадратів з розмірами 50×50 см (рис. 10.3).

Лінійку кладуть паралельно до нижнього краю аркуша креслярського паперу (рис. 10.3, а), і на відстані приблизно 5 см від нього прокреслюють вздовж скошеного верхнього краю лінійки добре загостреним олівцем (середньої твердості) лінію. Потім лінійку накладають на цю лінію так, щоб лінію було видно посередині віконця лінійки (рис. 10.3, б), а скошений край нульового вікна був на відстані приблизно 5 см від лівого краю паперу та прокреслюють олівцем вздовж скошених країв віконця лінійки шість штрихів. Так отримують на прокресленій лінії дві крайні точки майбутньої координатної сітки (ліву і праву), відстань між якими 50 см. Позначають їх наступним чином: ліву – 1, а праву – 2 (рис. 10.3, б).

Повертають лінійку на 90° (для цього можна використати трикутник) і встановлюють точку початку відліку (штрих у нульовому вікні) на перетині лівого штриха з прокресленою лінією (рис. 10.3, в). Прокреслюють вздовж скошених країв вікон лінійки шість штрихів.

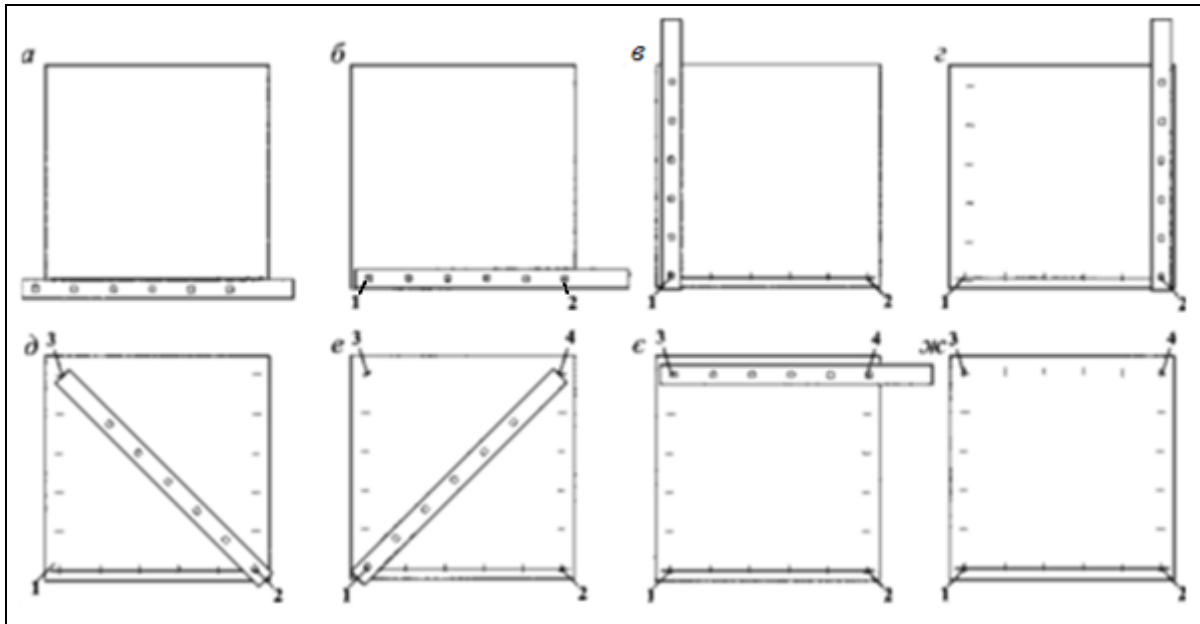


Рисунок 10.3 – Послідовність побудови координатної сітки за допомогою малої лінійки Ф. В. Дробишева (пояснення позначень у тексті)

Далі встановлюють початок відліку лінійки перпендикулярно до прокресленої на аркуші паперу лінії так, щоб точка початку відліку на лінійці збігалась з перетином правого крайнього штриха з прокресленою на папері лінією (рис. 10.3, з). Прокреслюють вздовж скошених країв вікон лінійки шість штрихів.

Щоб отримати ще дві верхні крайні точки нашої координатної сітки, лінійку укладають по діагоналі так, щоб початок відліку лінійки опинився у точці перетину правого крайнього штриха з прокресленою на аркуші лінії (точка 2), а скошений край кінця лінійки був на верхньому лівому прокресленому на папері штриху (рис. 10.3, д). Потім прокреслюють по скошеному краю кінця лінійки лінію (точка 3). У результаті отримують три вершини квадрата координатної сітки розміром 50 см.

Для побудови четвертої точки сітки лінійку укладають по діагоналі так, щоб точка початку відліку лінійки опинилася у точці 1 (рис. 10.3, е), а скошений край кінця лінійки розташувався на верхньому правому штриху. Потім прокреслюють по скошеному краю кінця лінійки лінію (точка 4).

Контролюють правильність побудови точок 3 та 4, тобто віддаль між цими точками повинна дорівнювати 50 см. Для цього лінійку кладуть так, щоб точка початку відліку була у точці 3 (рис. 10.3, є), а горизонтальний штрих на середині скошеного краю останнього вікна лінійки був у точці 4.

По скошених краях вікон лінійки прокреслюють штрихи (рис. 10.3, *є*). Якщо прокреслений штрих по скошеному краю останнього вікна лінійки проходить через точку 4 або утворює з попередніми лініями побудови трикутник, найдовша сторона якого не перевищує 0,2 мм, то побудову координатної сітки виконано правильно і за положення точки 4 приймають центр утвореного трикутника. Якщо ж умова не виконується, то побудову координатної сітки повторюють.

Штрихи побудови сітки (рис. 10.3, *ж*) з'єднують прямими лініями.

Викресливши квадрати координатної сітки (рис. 10.4), перевіряють якість (правильність) їх побудови по довжинах сторін і діагоналей кожного з квадратів.

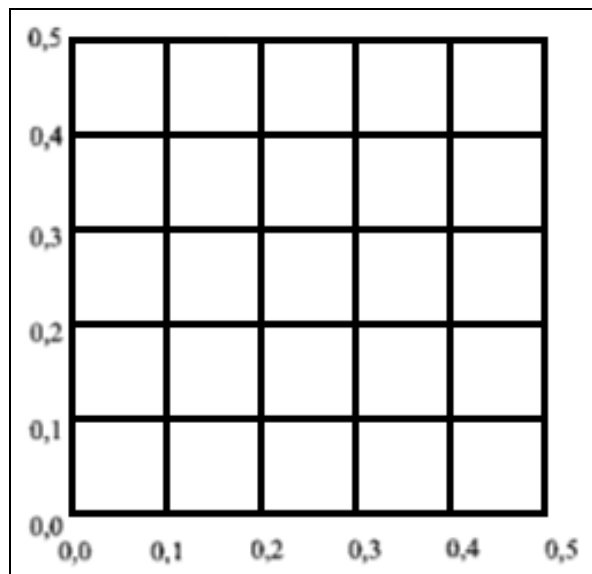


Рисунок 10.4 – Координатна сітка для побудови топографічного плану масштабу 1:1 000

Якість побудови координатної сітки перевіряють наступним чином:

1) циркулем-вимірником вимірюють сторони квадратів, їхні довжини повинні дорівнювати 10 см;

2) циркулем-вимірником вимірюють діагональ будь-якого квадрата координатної сітки, довжина якої має дорівнювати 14,12 см, а далі, прикладаючи циркуль-вимірник до діагоналей інших квадратів сітки, перевіряють, чи всі вони мають однакову довжину.

Розходження довжин діагоналей або сторін квадратів координатної сітки не повинні перевищувати 0,2 мм.

Якщо умова не виконується, знову будують координатну сітку.

Важливо під час побудови олівець, яким викреслюється координатна сітка, тримати весь час перпендикулярно до паперу, а вістря цього олівця краще загострювати «лопаткою».

Сітку квадратів оцифровують, тобто показують, яким віддалям від початку координат відповідають горизонтальні та вертикальні лінії сітки. При довільній системі координат координатна сітка має оцифровку, яка відповідає зменшеній (згідно з масштабом плану чи карти) прямокутній системі координат.

Лінії координатної сітки треба оцифровувати згідно з координатами пунктів, які будуть нанести на топографічний план або карту певного масштабу та номенклатури. Наприклад, складаючи план масштабу 1:1 000, координатну сітку підписують через 100 м (рис. 10.4), крайні лінії сітки підписують числом, яке кратне 0,5 км (тобто 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 км і т. д.).

Слід зазначити, що розроблені й інші методи побудови координатної сітки. Найпростіший та найпоширеніший – з використанням шаблонів на тонких металевих пластинах з бронзи або алюмінію (рис. 10.5), на яких пробито круглі отвори так, що між центрами отворів є сторони квадратів координатної сітки.

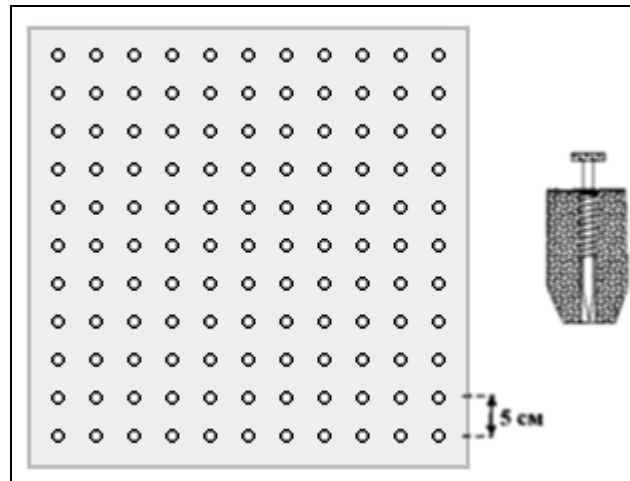


Рисунок 10.5 – Шаблон (ліворуч) і пристрій (праворуч) для побудови сітки квадратів розміром 5×5 см та 10×10 см

До шаблону додається спеціальний пристрій, вістря висувної голки якого примусово збігається з центром пробитого на планшеті отвору. Наклавши на папір планшет, за допомогою цього пристрою наколюють центри отворів планшета на папір. Залишається тільки з'єднати отвори на папері прямими лініями.

Ще досконалішим приладом для побудови координатної сітки є координатограф (рис. 10.6), в якому є дві взаємно перпендикулярні лінійки з поділками 0,2 мм, одна з яких може рухатися вздовж осі X . На цій рухомій лінійці з такими ж поділками вздовж осі Y розташована голка, яка, переміщуючись, може наколювати на папері точки у вершинах квадратів.

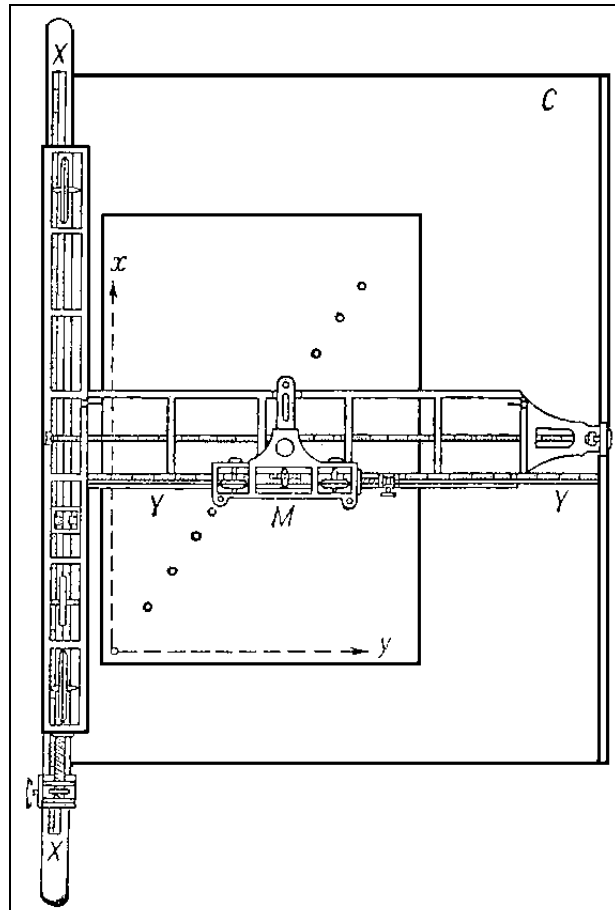


Рисунок 10.6 – Схема координатографа
(пояснення позначень у тексті)

Координатографами можна не тільки будувати сітки квадратів, але й наносити на план точки з відомими координатами. Координатографи можуть автоматично будувати координатні сітки і наносити за значеннями координат точки на план за допомогою спеціальних програм на ПК.

Координатограф (рис. 10.6) складається з станини (С), на якій наглухо прикріплена лінійка з розподілами (XX), яка відповідає осі абсцис (x). Уздовж осі абсцис пересувається каретка, що несе на собі лінійку (YY), яка відповідає осі ординат (y). По осі ординат рухається мала каретка (М), на якій укріплена голка для наколювання точок.

Автоматичний електронний координатограф крім зазначеного вище додатково має лічильно-вирішальний пристрій і пульт управління. Така система забезпечує можливість за результатами обчислень прямокутних координат на лічильно-вирішальному пристрої наносити вузлові точки і автоматично викреслювати або гравірувати лінії координатної сітки.

2. Нанесення на план точок тахеометричного ходу. Перевіривши правильність побудови координатної сітки, за допомогою прямокутних координат наносять на план вершини тахеометричного ходу та інші точки, координати яких обчислені. Для нанесення точки спочатку необхідно за її координатами x та y встановити квадрат, у якому має міститися ця точка, а потім від південно-західного кута квадрата з координатами x_0 та y_0 вздовж його сторін відкласти різниці координат точки і кута квадрата Δx та Δy :

$$\Delta x = x - x_0 \quad \text{та} \quad \Delta y = y - y_0. \quad (10.1)$$

Наприклад, якщо для точки A (рис. 10.7) $x = +538,37$ м, $y = +637,42$ м, а довжина сторони квадрата за заданого масштабу плану дорівнює 200 м, то на сторонах цього квадрата від південно-західного кута (з координатами $x_0 = 400$ м, $y_0 = 600$ м) потрібно буде відкласти наступні різниці координат точки і кута квадрата: вгору – $\Delta x = +538,37 - 400 = 138,37$ м, у правий бік – $\Delta y = 637,42 - 600 = 37,42$ м. З'єднавши паралельними до сторін квадрату лініями нанесені на план точки, отримаємо на їх перетині шукану точку A .

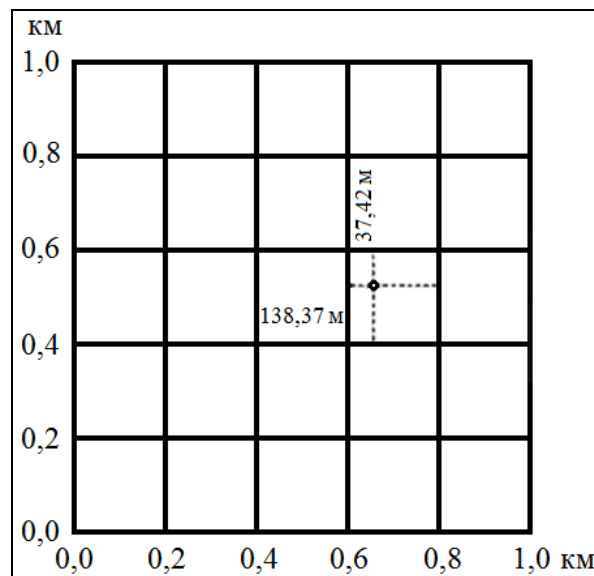


Рисунок 10.7 – Нанесення точки за прямокутними координатами на топографічний план масштабу 1:2 000 (пояснення позначень у тексті)

Нанести точку за її координатами на план можна іншим способом:

- спочатку відкласти на західній (лівій) і східній (правій) сторонах квадрата різницю ординат, тобто відрізок 138,37 м (див. рис. 10.7);
- з'єднати ці дві точки, прокресливши між ними лінію;
- на цій лінії, відклавши від лівої сторони квадрата у правий бік відстань 37,42 м, одержимо положення точки *A* м (див. рис. 10.7).

Аналогічно виконують побудову всіх інших точок тахеометричного ходу, для яких обчислені прямокутні координати.

Кожну точку наколюють голкою діаметром 0,1 мм і позначають умовним знаком «точки планових знімальних мереж (тривалого закріплення)» (рис. 10.8), тобто розрахованих на тривале зберігання. Ліворуч підписують номер точки (наприклад, 7) або назву точки (якщо вона найменована), а праворуч – висоту (позначку) центра точки та поверхні землі до десятих або сотих часток метра (в залежності від вимог технічного проєкту). Якщо різниця позначок центру пункту та поверхні землі менше ніж 0,1 м, то на плані підписують тільки позначку центра.

$\begin{array}{c} 2,5 \text{ мм} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 7 \odot 386,0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 1,5 \text{ мм} \end{array}$	$\begin{array}{c} 2,5 \text{ мм} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 18 \odot \frac{385,51}{385,60} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 1,5 \text{ мм} \end{array}$
1:5 000, 1:2 000	1:1 000, 1:500

Рисунок 10.8 – Умовне позначення та розміри точок планових знімальних мереж (тривалого закріплення) на планах різних масштабів (пояснення позначень у тексті)

Правильність нанесення всіх точок перевіряють наступним чином:

- 1 – вимірюють за допомогою циркуля-вимірника та поперечного масштабу віддаль між тільки що нанесеною і попередньою точками;
- 2 – порівнюють цю довжину з довжиною горизонтальної проєкції, що відповідає цій лінії, виміряній на місцевості.

Розходження довжин не повинно перевищувати 0,2 мм у масштабі плану. Наприклад, для плану масштабу 1:2 000 це розходження не повинно перевищувати 4 м.

3. Нанесення на план рейкових точок. Нанесення на план рейкових точок роблять полярним способом за допомогою геодезичного транспортира з масштабною лінійкою (рис. 10.9) або тахеографа (рис. 10.10).

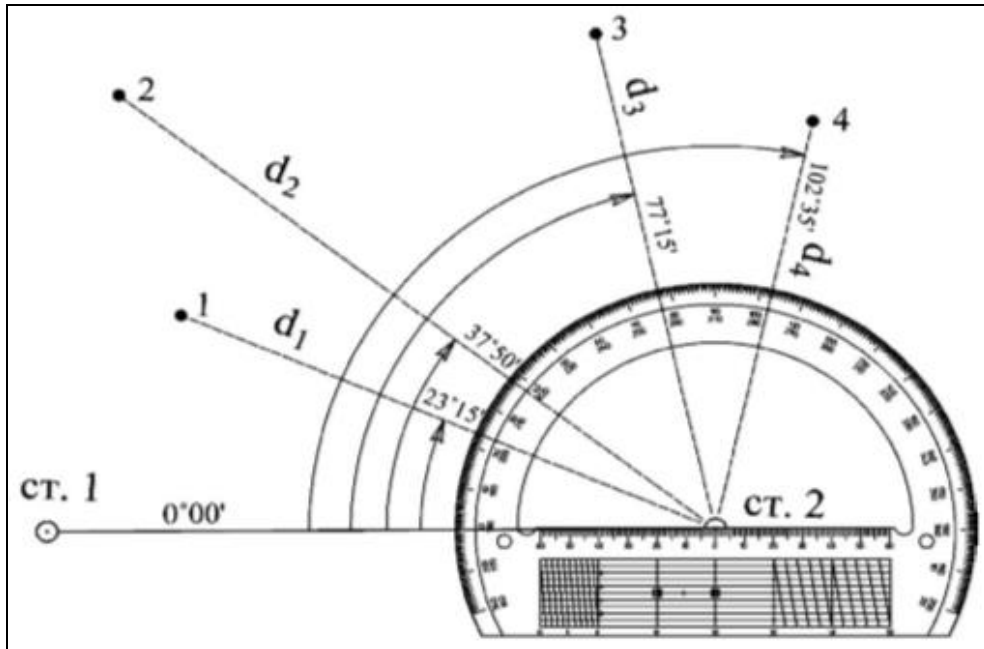


Рисунок 10.9 – Схема нанесення на топографічний план рейкових точок тахеометричної зйомки полярним способом за допомогою геодезичного транспортира та масштабної лінійки (пояснення позначень у тексті)

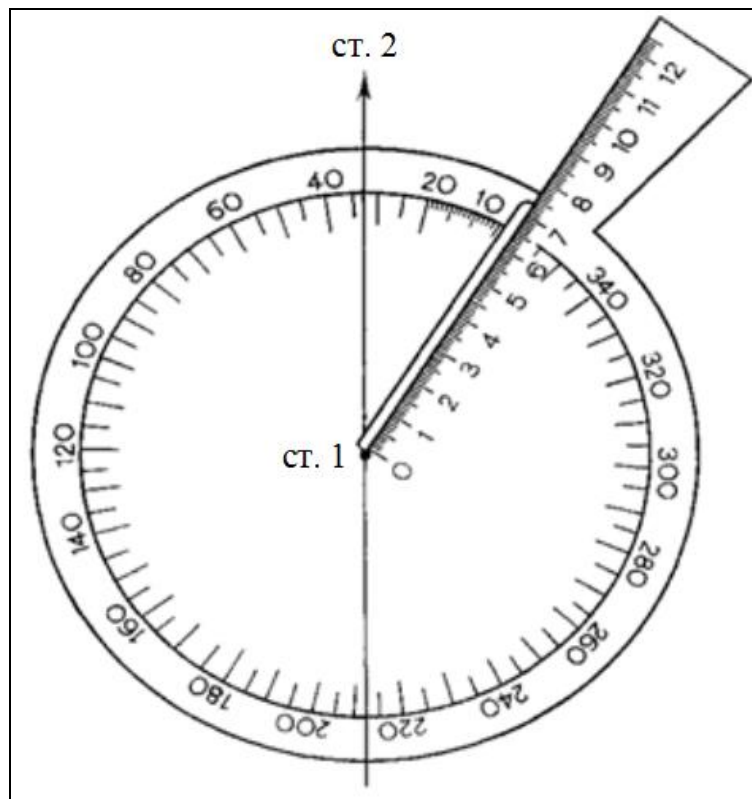


Рисунок 10.10 – Тахеограф

Центр геодезичного транспортира (нульовий штрих на його лінійці) сполучають зі станцією знімання, наприклад, зі ст. 2 (рис. 10.9). Нульову поділку транспортира (0°) орієнтують на вихідний напрям, наприклад, на ст. 1. Відраховують за годинниковою стрілкою виміряний при зніманні горизонтальний кут між вихідною лінією і напрямком на рейкову точку тахеометричного знімання, наприклад, $23^\circ 15'$ на точку 1. Вздовж даного напрямку (від ст. 2 на т. 1) в масштабі плану відкладають горизонтальне прокладення d_1 , користуючись вимірником і лінійкою поперечного масштабу на транспортирі. Таким чином отримують положення на плані шуканої рейкової точки 1, а потім інших рейкових точок тахеометричного знімання. Праворуч від всіх рейкових точок у вигляді звичайного дробу підписують їхні номери і висоти (позначки) до 0,01 м, взяті з журналу тахеометричного знімання.

Тахеограф (рис. 10.10) є круговим транспортиром з своєю лінійкою з прозорого матеріалу (целулоїду), по колу якого нанесені поділки через $30'$, причому оцифрування ділень виконане проти ходу годинникової стрілки. Уздовж нульового радіусу розташована міліметрова шкала лінійки з початковим штрихом в центрі круга, в якому закріплена голка.

Для нанесення рейкової точки центр круга тахеографа поєднують з точкою станції на плані. Потім поворотом диска поєднують початковий напрям на плані з відліком, рівним полярному куту на знімальну точку. Далі по лінійці відкладають в масштабі плану відповідну полярну відстань (горизонтальне прокладення) і наколюють точку. Далі, як і при роботі з геодезичним транспортиром, праворуч від нанесених на план рейкових точок підписують їхні номери і висоти (позначки).

4. Нанесення на план ситуації та викреслювання контурів і предметів місцевості. Після нанесення на план усіх точок ділянки, що мають відомі координати, з використанням прийнятих умовних знаків у відповідності до абрисів тахеометричного знімання на план наносять ситуацію, позначають контури і предмети місцевості, знімання яких виконувалось під час прокладання теодолітних ходів.

Способи нанесення точок ситуації на план застосовують залежно від способів виконання зйомки. Під час нанесення ситуації горизонтальні кути будують за допомогою транспортира, а довжини ліній – за допомогою циркуля-вимірника та поперечного масштабу. Ситуація викреслюється на папері (плані або карті) олівцем в умовних знаках заданого масштабу, а потім наводиться тушшю. Далі, зробивши необхідні надписи відповідними шрифтами та розмірами, отримують план ділянки місцевості.

При нанесенні ситуації, знятої *способом перпендикулярів*, від лінії знімальної основи за допомогою прямокутних трикутників відкладають відстані x та y до кожної точки у масштабі плану.

При нанесенні ситуації, знятої *способом кутових засічок* на плані транспортиром будують вимірні кути від лінії знімальної основи і на перетині отриманих напрямків знаходять положення шуканої точки.

При нанесенні ситуації, знятої *способом лінійних засічок* циркулем роблять засічку довжинами вимірних ліній у масштабі плану і на перетині отримують шукану точку.

При нанесенні ситуації, знятої *способом створів* у масштабі плану відкладають за створом лінії вимірні відрізки.

5. Викреслювання на плані горизонталей. З використанням позначок рейкових точок, користуючись методом графічної інтерполяції, проводять горизонталі.

Інтерполяція – процес побудови горизонталей на плані або карті, що полягає в знаходженні на плані або карті за напрямком між двома точками місцевості з відомими висотами проєкцій точок на площині із січенням між ними, яке дорівнює висоті перерізу рельєфу (рис. 10.11).

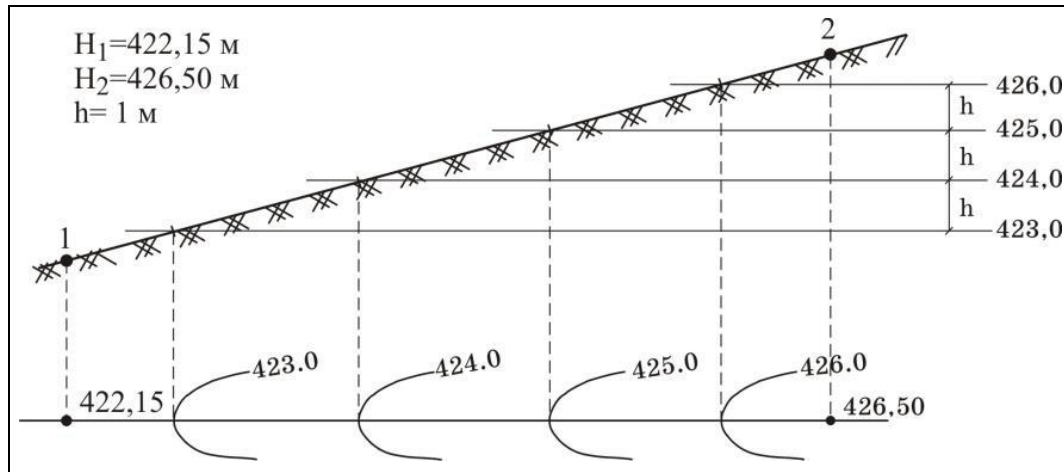


Рисунок 10.11 – Схема визначення на площині точок, що задають розташування горизонталей

Інтерполяцію виконують тільки по тих напрямках, які позначені на абрисі зйомки стрілками.

Існують різні способи інтерполяції. Одним з найпоширеніших є *графічний спосіб*, який здебільшого виконується за допомогою лінійної палетки (рис. 10.12).

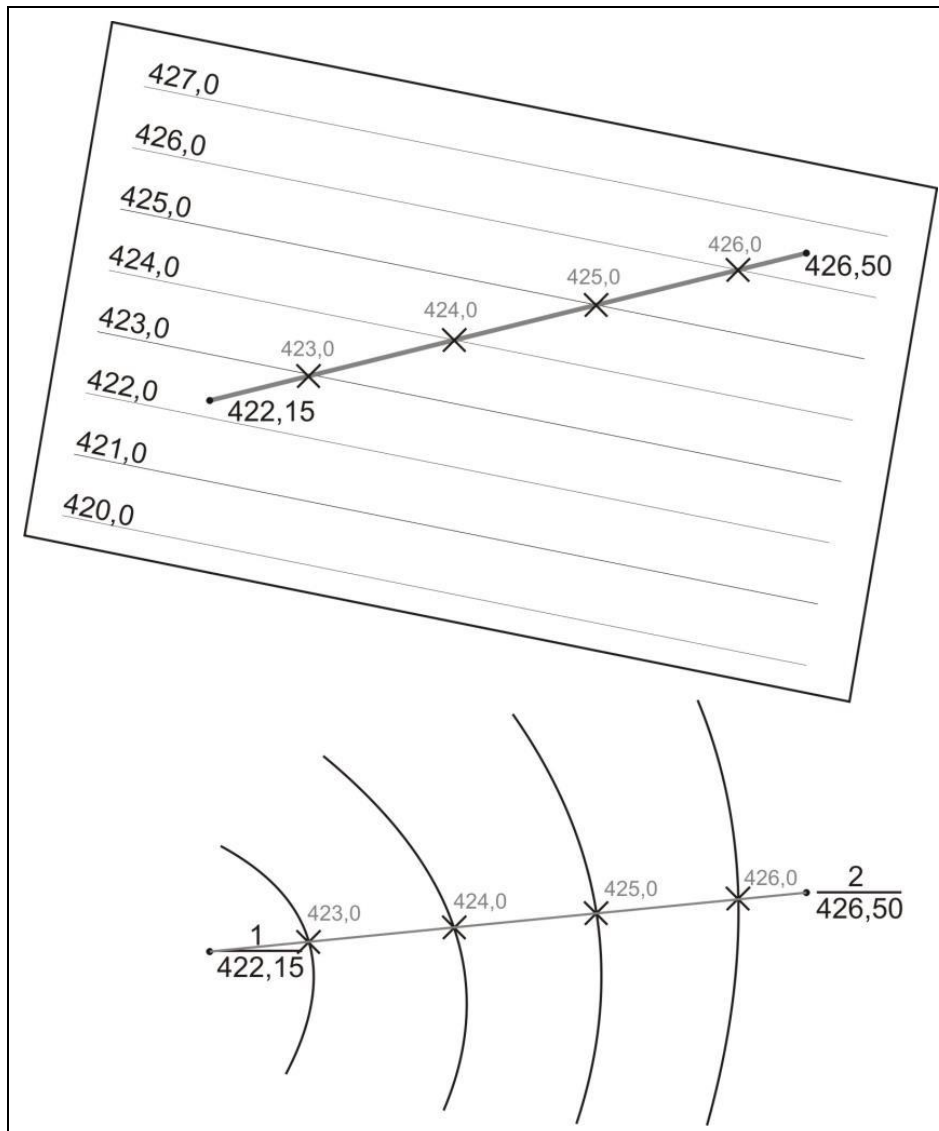


Рисунок 10.12 – Схема графічної інтерполяції горизонталей на плані (карті) за допомогою лінійної палетки

Лінійна палетка – це аркуш прозорого паперу, на якому проведені паралельні лінії з інтервалом 5-10 мм між ними. На кожній лінії палетки підписують значення висоти (позначки) горизонталі обов'язково кратне висоті перерізу рельєфу, наприклад, 420,0, 421,0, ..., 427,0 (див. рис. 10.12).

Палетку накладають на лінію, за якою виконується інтерполяція, і задають їй такий поворот, щоб точки з відомими висотами (позначками) розташовувались між паралельними лініями, відповідно до значень своїх висот (на рис. 10.12 – точка 1 з висотою 422,15 м та точка 2 з висотою 426,50 м). Переколюють на план точки перетину ліній палетки з лінією інтерполювання та підписують олівцем їх висоти. Аналогічні операції виконують за іншими лініями.

Точки з однаковими висотами з'єднують плавними кривими, отримуючи таким чином горизонталі. Основні горизонталі на плані (карті) повинні мати товщину 0,12-0,15 мм, а потовщені – 0,25-0,30 мм. Потовщені горизонталі з висотами кратними 5 або 10 підписують (позначають їх висоту), при цьому верх чисел треба направляти у бік підвищення висоти місцевості. На характерних вигинах горизонталей викреслюють *бергштрихи* – короткі штрихи, за допомогою яких показують напрямки схилів (рис. 10.13).

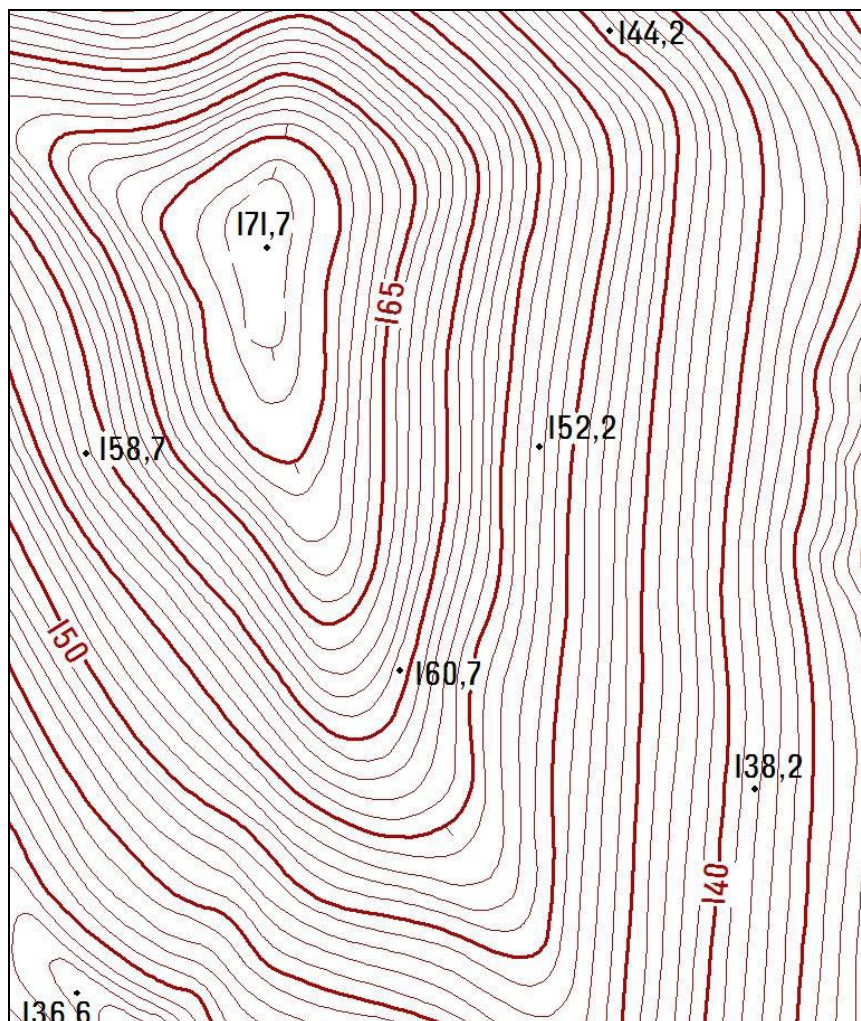


Рисунок 10.13 – Фрагмент плану з відображенням горизонталей

6. Редагування плану ділянки місцевості. Виконання редагування плану полягає у видаленні зайвих підписів точок у місцях їх скупчення і там, де вони заважають показу ситуації (див. рис. 10.14-10.16). Ситуацію, рельєф і позарамкове оформлення топографічного плану або карти (рис. 10.17) викреслюють (наводять) тушшю, згідно з вимогами до умовних знаків.

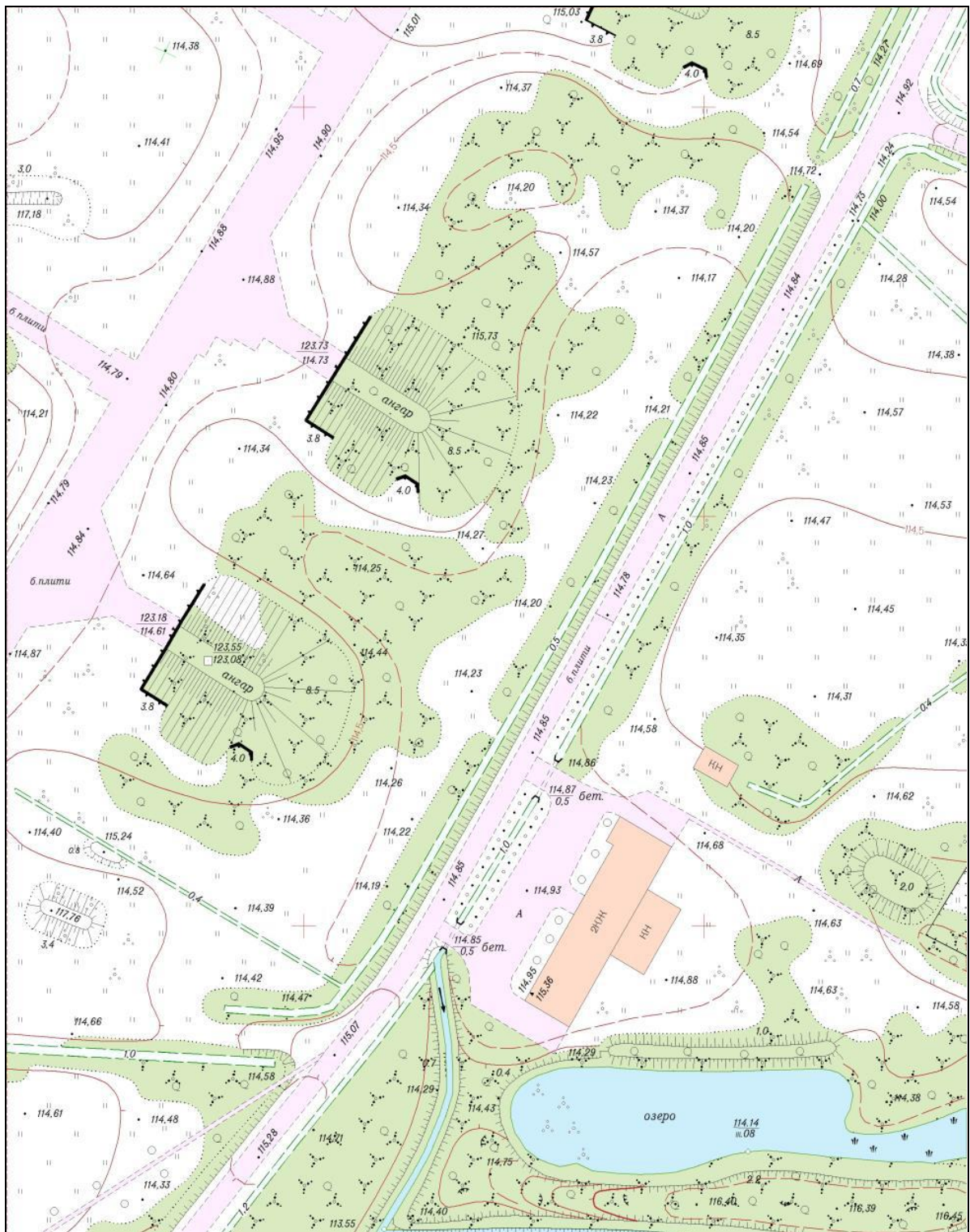


Рисунок 10.15 – Фрагмент топографічного плану масштабу 1:1 000

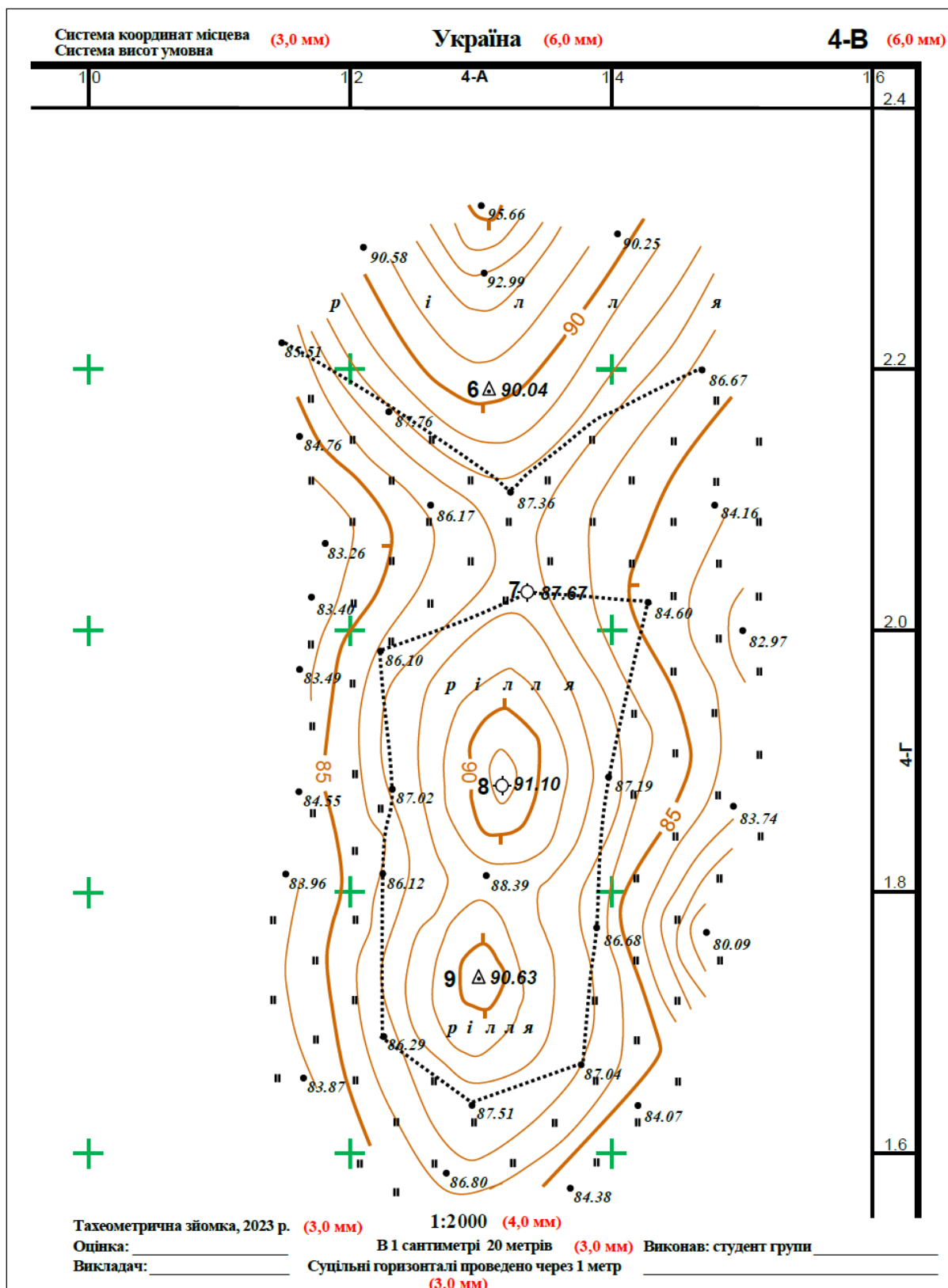


Рисунок 10.16 – Приклад оформлення топографічного плану масштабу 1:2000 за даними тахеометричної зйомки ділянки місцевості:
 (3,0 мм), (4,0 мм), (6,0 мм) – висота тексту в міліметрах (на плані не вказується!)

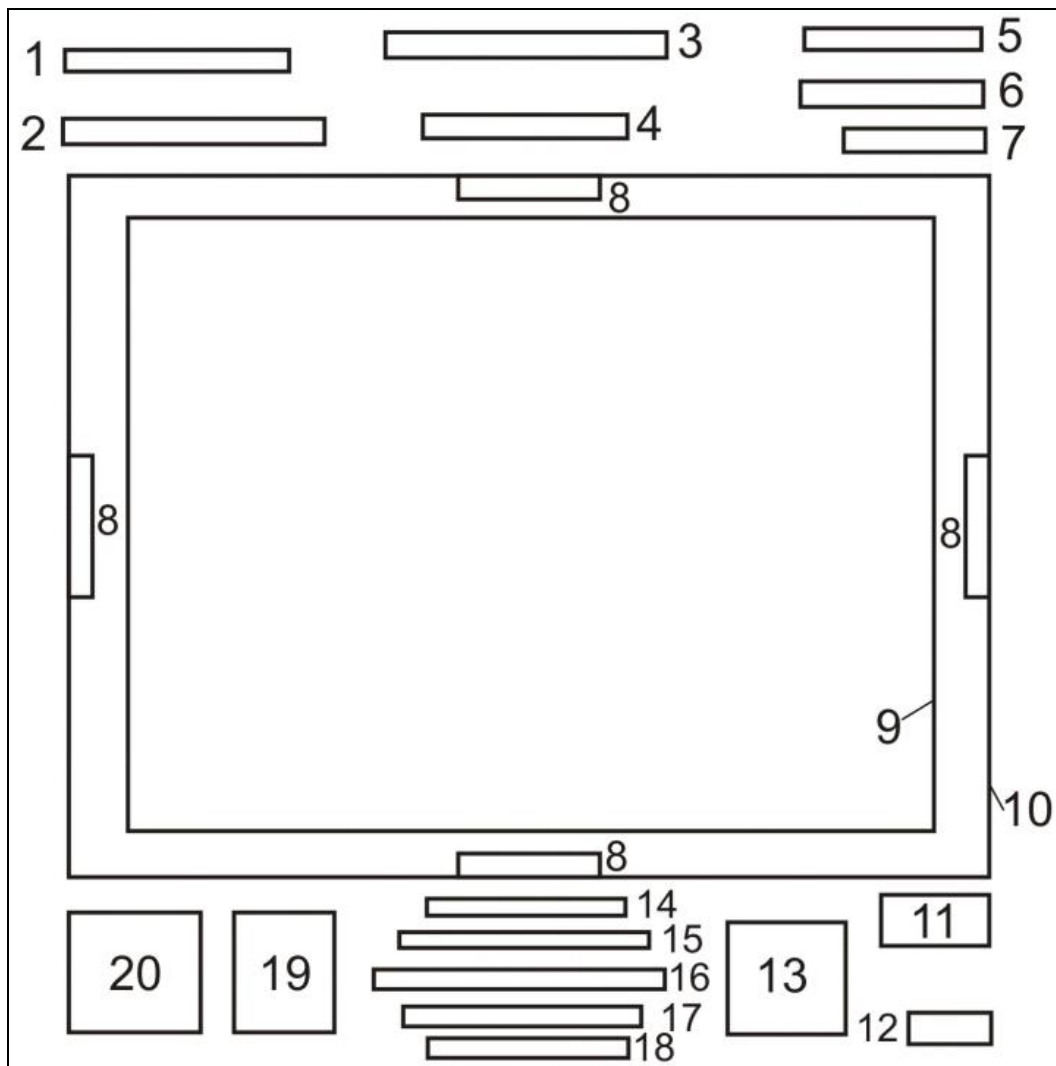


Рисунок 10.17 – Загальна схема позарамкового оформлення аркуша топографічного плану (топографічної карти):

- 1 – система координат; 2 – назва республіки та області, територія яких зображена на аркуші; 3 – назва відомства, що підготувало і видало план; 4 – назва найбільш значного населеного пункту на зображеній території; 5 – гриф плану; 6 – номенклатура аркуша плану; 7 – рік видання плану; 8 – номенклатура сусідніх аркушів плану; 9 – внутрішня рамка; 10 – зовнішня рамка; 11 – рік і вид знімання, за даними якого складений план; 12 – виконавці; 13 – графік закладень; 14 – числовий масштаб; 15 – іменований масштаб; 16 – лінійний масштаб; 17 – висота перерізу рельєфу; 18 – система висот; 19 – схема взаємного розташування осевого, істинного та магнітного меридіанів; 20 – дані про схилення магнітної стрілки та зближення меридіанів в будь-якій точці на цьому аркуші

Питання для самоперевірки до теми № 10

1. Як можна виконати розбивку (креслення) координатної сітки для створення топографічного плану та яким чином перевіряють (контролюють) якість побудови цієї координатної сітки?

2. За допомогою чого наносяться точки тахеометричної зйомки на план і які дані використовуються для цього?

3. За якими даними та як виконується нанесення на план ситуації та викреслювання контурів і предметів місцевості?

4. Який метод є одним з найпоширеніших для визначення положення горизонталей на плані та в чому він полягає?

5. З якою метою здійснюється редагування плану ділянки місцевості та що включає позарамкове оформлення топографічного плану?

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Ратушняк Г. С. Топографія з основами картографії : Навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2003. 208 с.
2. Артамонов Б. Б., Штангрет В. П. Топографія з основами картографії : Навч. посіб. Львів : Новий Світ-2000, 2008. 248 с.
3. Стукальський В. П., Шаргар О. М. Геодезія : Навч. посіб. Одеса : ВМВ, 2013. 560 с.
4. Калинич І. В., Ничвид М. Р., Калинич І. І. Топографія : Лабораторний практикум. Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2020. 176 с.
5. Кравців С. С. Войтків П. С., Кобелька М. В. Картографія : Навч. посіб. (2-е вид., виправлене і доповнене). Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2020. 191 с.
6. Хаєцький Г. С., Стефанков Л. І. Картографія з основами топографії. Частина І. Топографія : Навч. посіб. Вінниця : ВДПУ, 2014. 132 с.
7. Хаєцький Г. С., Стефанков Л. І. Картографія з основами топографії. Частина ІІ. Картографія : Навч. посіб. Вінниця : ВДПУ, 2014. 147 с.
8. Лахоцька Е. Я. Картографія : Конспект лекцій. Ужгород : УжНУ, 2015. 77 с.
9. Лахоцька Е. Я., Калинич І. В. Лабораторний практикум до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Картографія» : Навч. посіб. Ужгород : УжНУ, 2015. 84с.
10. Лахоцька Е. Я., Калинич І. В. Картографія : Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Ужгород : УжНУ, 2021. 47с.
11. Запара Л. Г. Конспект лекцій з курсу «Картографія з основами топографії». Харків : ХНАМГ, 2011. 54 с.
12. Косенко Т. В. Геотроніка та маркшейдерська справа: Частина І. Геотроніка: Лабораторний практикум : Навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 70 с.
13. Шевченко Р. Ю. Картографія: Електронний підручник. Київ : ЦНМВ «Кий», 2015. 230 с.
14. Лахоцька Е. Я. Основи картографії : Навч. посіб. Ужгород : УжНУ, 2017. 79 с.
15. Островський А. Л., Мороз О. І., Тарнавський В. Л. Геодезія. Ч. 2: Підручник. Львів : НУ «Львівська політехніка», 2007. 508 с.

- 16.** Дарчук К. В., Мельник А. А. Топографія з основами геодезії : Навч. посіб. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2016. 148 с.
- 17.** Лозинський В. В. Топографічна карта : Навч.-метод. посіб. Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. 56 с.
- 18.** Кривошеєв А. М., Приходько А. І., Петренко В. М., Сергієнко Р. В. Військова топографія: Навч. посіб. Суми: Видавництво СумДУ, 2010. 281 с.
- 19.** Ковальчук В. В. Топографія з основами картографії. Методичні вказівки до практичних занять. Луцьк: ЛНТУ, 2011. 116 с.
- 20.** Костюк В. С. Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів з освітньої компоненти «Картографія з основами топографії». Житомир : Житомирський державний ун-т ім. Івана Франка, 2021. 25 с.
- 21.** Тельнов В. Г. Геодезія : навч. пос. Дніпро : НТУ, 2019. 317 с.
- 22.** Топографо-геодезична та картографічна діяльність: Законодавчі та нормативні акти. В 2-х частинах. Ч.1. Вінниця: Антекс, 2000. 408 с.
- 23.** Топографо-геодезична та картографічна діяльність: Законодавчі та нормативні акти. В 2-х частинах. Ч.2. Вінниця: Антекс, 2002. 656 с.
- 24.** Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98) (затверджено наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 9 квітня 1998 р. № 56). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98#Text> (дата звернення: 16.02.2023).
- 25.** Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (затверджено наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 24 січня 1994 р. № 3). URL: <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3101> (дата звернення: 16.02.2023).
- 26.** Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000 (затверджено наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 31 грудня 1999 р. № 156). URL: <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3201> (дата звернення: 16.02.2023).
- 27.** Порядок загальнодержавного топографічного і тематичного картографування (затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 4 вересня 2013 р. № 661). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-2013-%D0%BF> (дата звернення: 16.02.2023).

28. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Київ : Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001. 221 с. Введені в дію з 01.01.2002 р. URL: https://gki.com.ua/files/uploads/documents/Norms/Ukrgeodesykart_norms/umovni_znaky_500-5000.pdf (дата звернення: 16.02.2023).

29. Колодеєв Є. І., Гриб О. М. Лабораторний практикум з геодезії: Навч. посіб. / Одеса : Екологія, 2007. 68 с. URL: <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/347/> (дата звернення: 16.02.2023).

30. Гриб О. М. Геодезія та картографія : Конспект лекцій. Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2017. 102 с. URL: <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/310/> (дата звернення: 16.02.2023).

31. Гриб О. М., Балан Г. К., Гращенко Т. В. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Топографо-геодезичні дослідження водних екосистем». Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2020. 124 с. URL: <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/7135/> (дата звернення: 16.02.2023).

32. Гриб О. М. Топографо-геодезичні дослідження водних екосистем. Навчальна практика: Навч. посіб. Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2021, 76 с. URL: <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/9050/> (дата звернення: 16.02.2023).

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А

Абстрактність карти – 19

Аналогові карти – 99

Б

База топографічних даних – 99, 103

Бергштрих – 239

В

Вибір методу топографічної зйомки – 112

Г

Географічний атлас – 25

Геоїд – 29

Глобус – 21

Д

Дорожній атлас – 26

Е

Екліметр – 166

Еліпс спотворень – 34

З

Зміст державних топографічних карт – 104

І

Ізоколи – 34

Інтерполяція – 237

К

Карта – 18

Картографія – 6, 8

Координатограф – 232

Курвіметр – 81

Л

Лінійка Ф. В. Дробишева – 227

М

Математичні елементи карти – 31

Метричність карти – 19

Н

Написи на карті (плані) – 65

Номенклатура карт – 42

О

Однозначність карти – 19

Ортофотокарта (фотокарта) – 100, 102

П

Планіметр – 93

Проекція картографічна – 32

Р

Рельєфна карта – 20

Референц-еліпсоїд – 30

Розграфлення – 42

С

Сітка координатна – 32

Т

Тахеограф – 236

Тахеометрія – 201

Топографія – 6, 8

У

Умовні знаки (картографічні) – 52

Ф

Фотокарта (ортофотокарта) – 20, 102

Х

Хід: тахеометричний – 207

теодолітно-висотний – 206

теодолітно-нівелірний – 206

Ц

Цифрова карта – 20, 52

Ч

Читанність карти – 20

Ш

Шрифт – 68

Навчальне електронне видання

ГРИБ Олег Миколайович, ГРАЩЕНКОВА Тетяна Валеріївна

ТОПОГРАФІЯ З ОСНОВАМИ КАРТОГРАФІЇ

Конспект лекцій

Видавець і виготовлювач

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016

тел./факс: (0482) 32-67-35

E-mail: info@odeku.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 5242 від 08.11.2016 р.