

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА
Географічний факультет
Кафедра геодезії, картографії та управління територіями**

**Топографо-геодезичне забезпечення території міст
(на прикладі міста Чернівці)**

**Кваліфікаційна робота
Рівень вищої освіти - другий (магістерський)**

Виконав:
студент II курсу, групи 208-М
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
ОПП «Геодезія»

Чорней Володимир Дмитрович
(прізвище, ім'я та по-батькові)
Керівник доц. Білокриницький С.М.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

До захисту допущено:
протокол засідання кафедри № 3
від «18» «листопада» 2025 р.
Зав. кафедою _____ доц. Костянтин ДАРЧУК

Анотація

У магістерській роботі досліджено теоретичні засади та сучасні підходи до топографо-геодезичного забезпечення територій міст, проаналізовано стан геодезичної мережі м. Чернівці та можливості створення топографічних матеріалів. На основі ГІС-аналізу встановлено недостатність чинних пунктів ДГМ та обґрунтовано необхідність її добудови відповідно до нормативів. Виконано просторове моделювання для визначення доцільних локацій нових пунктів, а також проаналізовано вплив підвищення точності геодезичної основи на ефективність просторового планування та соціально-економічний розвиток міста.

Abstract

The master's thesis investigates the theoretical foundations and modern approaches to topographic and geodetic support of urban areas, analyzes the state of the geodetic network in Chernivtsi, and examines the possibilities for creating topographic materials. Based on GIS analysis, the insufficiency of existing geodetic network points was identified, and the need for their expansion according to current standards was justified. Spatial modeling was conducted to determine optimal locations for new points, and the impact of improving geodetic accuracy on the effectiveness of spatial planning and socio-economic development of the city was analyzed.

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів наукових досліджень інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ В.Д. Чорней
(підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
 РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ	
1.1. Вимоги до організації топографо-геодезичного забезпечення міста.....	8
1.2. Структура та особливості побудови міських геодезичних мереж (розрядні мережі та зйомочні пункти).....	14
1.3. Порядок виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт.....	19
Висновки до 1-го розділу.....	27
 РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СТАНУ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ	
2.1. Історія формування геодезичних мереж та розвиток топографо-геодезичного забезпечення міста Чернівці.....	29
2.2. Оцінка сучасного стану топографо-геодезичного забезпечення та можливості створення картографічних матеріалів на досліджувану територію..	37
Висновки до 2-го розділу.....	47
 РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ДОБУДОВИ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ ТА ВПЛИВ ПІДВИЩЕННЯ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК ТЕРИТОРІЇ	
3.1. Розрахунок і обґрунтування добудови ДГМ відповідно до чинних нормативів.....	48
3.2. Вплив рівня топографо-геодезичного забезпечення на сталий соціально-економічний розвиток території.....	51
Висновки до 3-го розділу.....	53
 ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58

ВСТУП

Місто Чернівці є одним із провідних адміністративних, культурних та економічних центрів Західної України, розвиток якого характеризується активним оновленням міського середовища, реконструкцією інженерної інфраструктури та розширенням територіальної структури. У таких умовах особливого значення набуває якісне топографо-геодезичне забезпечення, яке створює просторову основу для прийняття обґрунтованих містобудівних рішень, проектування об'єктів житлової, комерційної та транспортної інфраструктури, а також забезпечення ефективного землекористування.

Специфіка Чернівців, зокрема їх унікальна історично сформована забудова з австрійського та румунського періодів, складна конфігурація вулично-дорожньої мережі, наявність значних перепадів висот, густота інженерних комунікацій, а також активний розвиток приватного та багатопверхового житлового будівництва, зумовлюють підвищені вимоги до точності, деталізації та актуальності топографо-геодезичних матеріалів. Брак своєчасно оновлених топографічних планів та недостатня інтеграція сучасних геоінформаційних технологій у роботу органів місцевого самоврядування створюють додаткові труднощі у процесі містобудівного планування.

Важливим чинником, що визначає актуальність дослідження, є необхідність модернізації та гармонізації локальних геодезичних мереж Чернівців відповідно до європейських норм та стандартів просторових даних. Це передбачає не лише оновлення геодезичної інфраструктури, але й впровадження сучасних методів збору, обробки та зберігання просторової інформації, включаючи використання ГІС-технологій, цифрових моделей рельєфу, а також даних дистанційного зондування Землі.

Зростаюча потреба у створенні цифрового середовища міста, розвитку «розумної» інфраструктури, моніторингу інженерних мереж та підвищення безпеки будівництва зумовлює необхідність якісного та системного підходу до формування топографо-геодезичної основи міста Чернівці. Крім того, актуальними залишаються питання оперативного оновлення просторової інформації та забезпечення доступності достовірних геоданих для органів

місцевого самоврядування, проектних організацій та інших користувачів.

Таким чином, дослідження сучасного стану та перспектив удосконалення топографо-геодезичного забезпечення території міста Чернівці є важливим як у теоретичному, так і в практичному аспектах. Воно сприятиме підвищенню ефективності системи просторового планування, оптимізації управління міськими територіями та формуванню сучасного геоінформаційного середовища міста.

Метою дослідження є комплексний аналіз сучасного стану топографо-геодезичного забезпечення території міста Чернівці, виявлення проблемних аспектів функціонування існуючих геодезичних мереж та топографічних матеріалів, а також обґрунтування напрямів удосконалення системи просторових даних міста з урахуванням сучасних технологій, нормативних вимог та потреб містобудівного розвитку.

Досягнення мети забезпечується шляхом виконання таких завдань:

1. Проаналізувати теоретико-методичні засади топографо-геодезичного забезпечення територій міст, зокрема його роль у системі містобудівної діяльності та просторового планування.

2. Дослідити нормативно-правове забезпечення топографо-геодезичної та картографічної діяльності в Україні, визначити вимоги стандартів і регламентів, що регулюють створення та оновлення просторових даних.

3. Вивчити історію формування та розвитку геодезичних мереж м. Чернівці, їх структуру, призначення та стан на різних етапах розвитку міста.

4. Проаналізувати сучасний стан локальних геодезичних мереж Чернівців, їх точність, збереженість, ступінь відповідності сучасним вимогам та можливість їх використання у містобудівній діяльності.

5. Оцінити наявні топографічні та картографічні матеріали міста Чернівці, визначити їх актуальність, повноту, деталізацію та відповідність нормативно-технічним вимогам.

6. Виявити основні проблеми та недоліки у сфері топографо-геодезичного забезпечення Чернівців, що впливають на якість містобудівної документації та інженерного планування.

7. Обґрунтувати шляхи підвищення ефективності системи топографо-геодезичного забезпечення міста, включаючи модернізацію геодезичних мереж, оновлення картографічної інформації та впровадження сучасних цифрових технологій.

Об'єктом дослідження є система топографо-геодезичного забезпечення території міста Чернівці, що включає геодезичні мережі, топографічні матеріали, просторові дані та організаційно-технічні процеси їх створення, оновлення й використання у містобудівній діяльності.

Предметом дослідження є закономірності, методи та технологічні підходи до організації, функціонування й удосконалення топографо-геодезичного забезпечення міста Чернівці, включаючи структуру геодезичних мереж, особливості створення та оновлення просторових даних, а також способи підвищення їх точності, актуальності та придатності для містобудівних потреб.

Методологічною основою дослідження є комплексний підхід до аналізу топографо-геодезичних процесів, що ґрунтується на положеннях геодезії, картографії, землеустрою, містобудування та просторового планування. У роботі використано нормативно-правові акти України, державні стандарти у сфері топографо-геодезичної та картографічної діяльності, методичні рекомендації щодо створення та оновлення геодезичних мереж, підходи геоінформаційного моделювання та принципи системного аналізу.

У дослідженні застосовано аналіз і порівняння нормативних та наукових джерел, історико-геодезичний підхід для вивчення розвитку геодезичних мереж Чернівців, картографічні та геодезичні методи оцінювання стану просторових даних, геоінформаційні методи для аналізу можливостей інтеграції даних у ГІС, а також елементи системного та експертного аналізу для визначення проблем і шляхів удосконалення топографо-геодезичного забезпечення міста.

Наукова новизна полягає у комплексному дослідженні сучасного стану топографо-геодезичного забезпечення м. Чернівці, уточненні характеристик локальних геодезичних мереж та їх відповідності сучасним нормативним вимогам, а також у розробленні обґрунтованих напрямів удосконалення системи просторових даних міста на основі впровадження сучасних

геоінформаційних технологій і цифрових моделей місцевості.

Практичне значення полягає в можливості використання результатів дослідження органами місцевого самоврядування й проєктними організаціями для покращення топографо-геодезичних робіт у Чернівцях, оновлення містобудівної документації, підвищення точності та доступності просторових даних, а також для подальшого розвитку муніципальних геоінформаційних систем та цифрових моделей міста.

Структура магістерської роботи визначається метою та завданнями дослідження і включає вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел та додатки. Загальний обсяг роботи становить 59 сторінок. Робота містить 6 рисунків та 4 таблиць, що ілюструють результати дослідження та основні аналітичні дані.

РОЗДІЛ 1.

ТЕОРЕТИЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

1.1. Вимоги до організації топографо-геодезичного забезпечення міста

Організація топографо-геодезичного забезпечення міських територій є важливим елементом сучасного містобудівного процесу та здійснюється відповідно до чинного законодавства України і нормативно-правових актів, які регулюють діяльність у сфері геодезії, картографії та містобудування. Така діяльність спрямована на забезпечення достовірності просторової інформації, яка є основою для прийняття обґрунтованих містобудівних рішень, планування інженерних мереж, виконання проектів благоустрою та проведення геомоніторингу. Серед основних нормативних документів, що регламентують порядок організації топографо-геодезичних робіт, слід виділити Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність», який визначає загальні принципи та вимоги щодо проведення геодезичних і картографічних робіт на території України. Крім цього, значну роль відіграє Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності», що встановлює правила розробки містобудівної документації та забезпечує її відповідність державним стандартам і нормам. Важливим нормативним документом є також Закон України «Про Національну інфраструктуру геопросторових даних», який визначає порядок створення та функціонування єдиної інфраструктури просторових даних на національному рівні, стандартизацію форматів даних та методів їх збору.

Крім законодавчих актів, топографо-геодезичне забезпечення міст регулюється Державними будівельними нормами (ДБН), державними стандартами України (ДСТУ) та спеціальними інструкціями щодо виконання топографо-геодезичних робіт. Додатково, для забезпечення комплексного контролю та актуалізації просторових даних використовуються Порядки ведення Державного земельного кадастру та містобудівного кадастру, що

визначають стандарти обліку земельних ділянок та об'єктів забудови. Особлива увага в процесі організації геодезичного забезпечення приділяється дотриманню вимог щодо створення та функціонування інфраструктури просторових даних, а також стандартизації форматів, методів збору, точності та актуальності геодезичної інформації.

Якість та ефективність містобудівних рішень безпосередньо залежать від відповідності геопросторової інформації ряду ключових критеріїв. Насамперед, це достовірність та актуальність даних, що забезпечує відображення реального стану території на момент проведення робіт. По-друге, велике значення має технічна сумісність даних, тобто здатність різних джерел інформації інтегруватися між собою без втрати точності та повноти. По-третє, дані повинні бути відкритими для інтеграції з іншими кадастрами та інформаційними системами, що дозволяє здійснювати комплексний просторовий аналіз та ефективне планування. І, нарешті, геопросторові дані мають відповідати міжнародним стандартам, таким як ISO та OGC, що забезпечує їх уніфікованість, порівнянність та можливість використання у глобальному контексті.

Однією з найважливіших вимог до топографо-геодезичного забезпечення міських територій є забезпечення високого рівня точності геодезичних даних. Це обумовлено тим, що від точності вимірювань та правильності побудованих моделей території залежить ефективність використання цих даних у проектуванні інженерних мереж, плануванні забудови, проведенні геомоніторингу та виконанні просторового аналізу. Основні види точності, що повинні забезпечуватися при виконанні топографо-геодезичних робіт у міських умовах, включають планову точність, висотну точність, точність визначення положення елементів інженерних мереж та точність прив'язки об'єктів капітальної забудови. Зокрема, для густонаселених міських районів планова точність зазвичай не перевищує $\pm 0,10$ – $0,20$ м, тоді як висотна точність для топографічних планів масштабів 1:500 та 1:1000 складає від $\pm 0,05$ до $\pm 0,10$ м. Точність визначення положення підземних інженерних мереж повинна

забезпечуватися на рівні не гірше $\pm 0,05$ м, а точність прив'язки об'єктів капітальної забудови при геодезичній розбивці не перевищує $\pm 0,02$ м

Таким чином, організація топографо-геодезичного забезпечення міста є комплексним і багаторівневим процесом, що вимагає не лише дотримання чинного законодавства та нормативних документів, але й застосування сучасних методів геодезичних вимірювань, забезпечення сумісності та інтегрованості геопросторових даних, а також високої точності виконання робіт. Лише за таких умов можливо досягти надійності та ефективності містобудівного планування, забезпечити безпеку й оптимізацію інженерних мереж та гарантувати повноцінне використання просторової інформації для розвитку міської інфраструктури.

Таблиця 1.1.

Точність визначається масштабом та призначенням матеріалів

Масштаб плану	Середня висотна помилка	Планова помилка
1:500	0,05–0,10 м	0,05–0,10 м
1:1000	0,10–0,20 м	0,10–0,20 м
1:2000	до 0,30 м	до 0,30 м

Сучасне місто неможливо уявити без єдиної опорної геодезичної мережі, яка слугує координатною основою для всіх видів геодезичних та містобудівних робіт. Така мережа включає державну геодезичну основу, мережу згущення, міську інженерно-геодезичну мережу, мережу супутникових пунктів (GNSS), а також локальні мережі, призначені для будівельних об'єктів. Основні вимоги до геодезичних мереж полягають у стабільності пунктів, що передбачає вибір місць розташування з урахуванням можливості їх довготривалої експлуатації. Щільність мережі визначається особливостями міської забудови та зазвичай складає від 150 до 300 м для густозабудованих районів. Важливим аспектом є використання сучасних GNSS-технологій для забезпечення єдиної системи координат та ведення паспортів пунктів і їх цифрових моделей. Регулярне

оновлення мережі у зв'язку з реконструкцією та розвитком міських територій дозволяє підтримувати актуальність і точність геодезичних даних (рис.1.1).

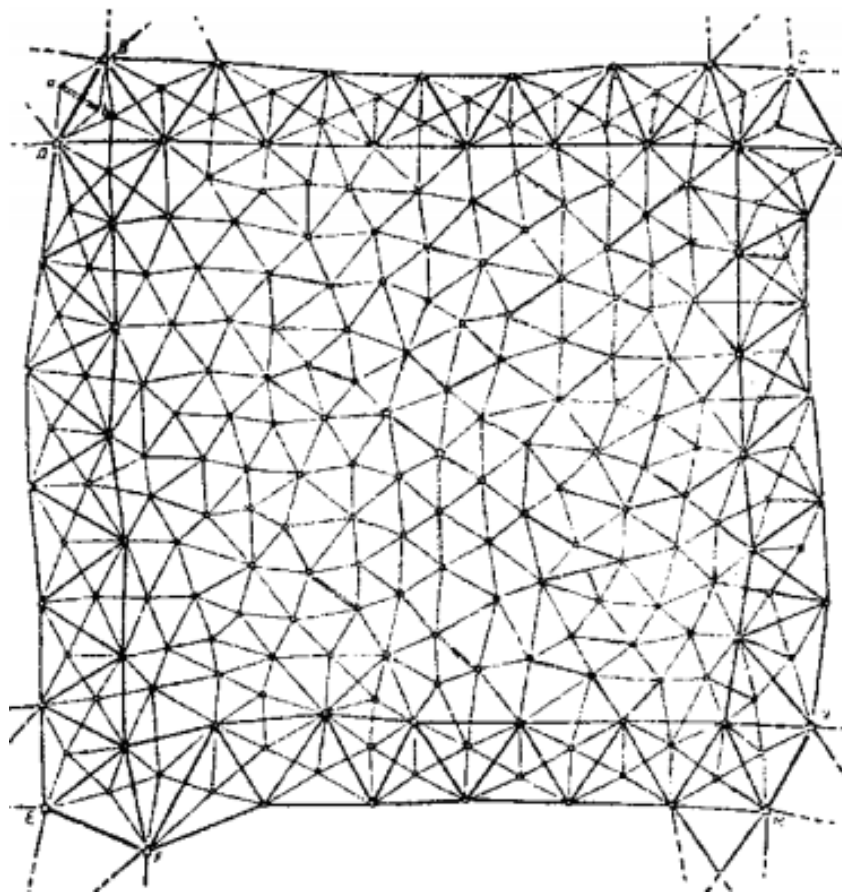


Рис. 1.1. Схема державної тріангуляції [7].

Топографічні знімання є основою для формування карт і планів міста. Вони повинні виконуватися відповідно до вимог щодо масштабності (1:500, 1:1000, 1:2000), методів знімання, включаючи лазерне сканування, GNSS-вимірювання, тахеометричне знімання та дрон-знімання, а також повноти відображення ситуації і точності позиціонування елементів рельєфу та забудови. У міських умовах застосовуються різні види топографічних знімків: інженерно-топографічне для проектування, знімання для ландшафтного аналізу та містобудівного планування, аерофотознімання та фотограмметричні методи, лідарне сканування (LiDAR) та мобільне лазерне сканування вулиць. Обов'язковими є вимоги щодо відображення всіх елементів інженерної

інфраструктури, у тому числі підземних комунікацій, а також облік малих архітектурних форм, зелених насаджень, транспортних елементів та фіксація небезпечних або аварійних об'єктів.

Під час створення цифрових топографічних планів необхідно забезпечити стандартизовану структуру даних відповідно до ДСТУ та директиви INSPIRE, атрибутивну наповненість об'єктів, сумісність форматів для інтеграції з містобудівним і земельним кадастрами, GIS-платформами, а також топологічну коректність без розривів і накладань. Важливою є можливість тривимірного моделювання, оскільки багатоповерхова забудова та складні інженерні об'єкти потребують детальних 3D-моделей. Цифрові топографічні плани є складовою міських інформаційних систем і формують основу концепції «Digital Twin» для сучасного міста.

Для кожного будівельного об'єкта здійснюється комплекс геодезичних робіт, що включає створення будівельної розбивочної основи, перенесення проєктних рішень у натуру, контроль геометричних параметрів конструкцій і геодезичний моніторинг деформацій. Вимоги до таких робіт передбачають використання спеціалізованих приладів, таких як роботизовані тахеометри та GNSS-приймачі RTK, забезпечення субсантиметрової точності для складних інженерних споруд, регулярний контроль положення будівельних осей та ведення виконавчої документації відповідно до ДСТУ.

Оскільки сучасне місто є динамічною системою, топографо-геодезичні дані повинні регулярно оновлюватися (не рідше ніж раз на 2–3 роки у щільній забудові), включати інформацію про нові об'єкти, зміни рельєфу, реконструкцію інженерних мереж, вестися у цифровому форматі з можливістю автоматичного порівняння версій та інтегруватися з іншими інформаційними ресурсами міста. Крім того, дані підлягають суворому контролю якості: технічному, логічному та метрологічному. Важливо впроваджувати системний моніторинг деформацій будівель і споруд, що особливо актуально у районах із підвищеним антропогенним навантаженням.

Організаційні аспекти топографо-геодезичного забезпечення включають формування міського центру геопросторових даних, який координує всі роботи,

використання єдиної системи координат та висот, створення стандартів обміну даними між установами, забезпечення захисту та резервного копіювання геоданих, а також визначення відповідальних органів за актуалізацію інформації. Управління геопросторовими ресурсами міста ґрунтується на принципах INSPIRE, використанні хмарних технологій, автоматизації збору та обробки даних, а також впровадженні цифрових двійників міського середовища.

Інтеграція топографо-геодезичного забезпечення з міськими кадастрами є обов'язковою, оскільки геодані становлять основу для містобудівного, земельного, інженерного, зелених насаджень та транспортного кадастрів. Вимоги до інтеграції включають створення єдиної моделі даних, забезпечення топологічної узгодженості об'єктів кадастрів, надійні механізми синхронізації та можливість використання даних для просторової аналітики та моделювання.

Геодані є критично важливою інформацією, тому організація їх збирання та обробки передбачає захист від несанкціонованого доступу, регламентований доступ для користувачів різного рівня, створення резервних копій у кількох локаціях, дотримання стандартів кібербезпеки та забезпечення надійної системи архівації й версіонування даних.

Таким чином, організація топографо-геодезичного забезпечення міста є комплексним процесом, що охоплює нормативно-правові, технічні, технологічні та організаційні аспекти. Сучасні вимоги передбачають високий рівень точності, повноти та актуальності геопросторової інформації, застосування інноваційних технологій, систематичне оновлення топографічних матеріалів, інтеграцію з міськими кадастрами та забезпечення безпеки даних. Дотримання цих вимог забезпечує ефективне управління міськими територіями, підвищує якість містобудівної діяльності та сприяє сталому розвитку міста.

1.2. Структура та особливості побудови міських геодезичних мереж (розрядні мережі та зйомочні пункти)

Топографо-геодезичне забезпечення міських територій ґрунтується на створенні та функціонуванні системи міських геодезичних мереж, які формують просторово-координатну основу для виконання знімальних, проєктних, кадастрових та будівельно-монтажних робіт. Геодезичні мережі визначають точне положення пунктів на місцевості, забезпечують узгодженість координат усіх елементів міського середовища та створюють технічну базу для розроблення цифрових моделей рельєфу, планувальних матеріалів та інженерних схем. У сучасних умовах трансформації міських просторів, цифровізації процесів управління та переходу до використання геоінформаційних систем роль міських геодезичних мереж суттєво зростає. Вони виступають основою для формування геопорталів, побудови тривимірних моделей міського середовища, ведення кадастрів, моніторингу деформацій та контролю інженерних споруд. Міські геодезичні мережі традиційно поділяються на розрядні мережі (державна, мережі згущення різних розрядів) та зйомочні мережі, які включають зйомочні та розпланувальні пункти. Кожен рівень виконує своє функціональне призначення, однак усі разом вони формують інтегровану просторову систему, узгоджену в єдиній державній системі координат і висот. Вони забезпечують можливість масштабування міської територіальної інформації та гарантують точність у визначенні просторових параметрів будь-яких об'єктів.

Побудова міських геодезичних мереж базується на принципах ієрархічності, планово-висотної єдності, використання сучасних GNSS-технологій, довготривалої стабільності пунктів та повної відповідності нормативно-технічним документам. Ієрархічність передбачає, що мережі формуються від найбільш точних вихідних пунктів державної геодезичної мережі до локальних знімальних пунктів, які застосовуються при створенні топографічних планів та виконанні будівельно-монтажних робіт. Планово-висотна єдність полягає у тому, що всі пункти визначаються в координатах X ,

У та висоті Н, що дозволяє створювати тривимірні моделі, цифрові моделі рельєфу та застосовувати дані для інженерних розрахунків. Сучасні GNSS-технології забезпечують високу точність у міських умовах та дозволяють інтегрувати мережі з національними стандартами. Важливою вимогою є гарантована стабільність пунктів, адже вони повинні зберігатися в умовах постійних будівельних процесів та інтенсивного антропогенного впливу. Закладення пунктів, їхнє конструктивне виконання та можливість повторних спостережень регламентуються вимогами Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність», ДСТУ та інструкціями з побудови державних геодезичних мереж.

Державна геодезична мережа (ДГМ) є вихідною основою для побудови усіх міських мереж. Вона охоплює всю територію України і включає мережі планового та висотного забезпечення, які вирізняються найвищою точністю та стабільністю. Основними функціями ДГМ є забезпечення опорної бази для створення мереж згущення, забезпечення єдиного координатного простору (СК-2000/УСК-2000), інтеграція територій у державні геоінформаційні системи, а також можливість проведення високоточних GNSS-вимірювань. Пункти ДГМ у межах міста зазвичай розташовуються в місцях, де ймовірність руйнування або деформації мінімальна — у парках, на майданчиках адміністративних установ, територіях навчальних закладів тощо. Пункти мають довговічну конструкцію та повну паспортизацію.

Мережа згущення 1-го розряду створюється на основі пунктів ДГМ і формує первинний геодезичний каркас міста. Вона вирізняється високою точністю: середня довжина сторін становить 1–2 км, планова похибка — $5\text{--}7\text{ мм} + 3\text{ ppm}$, а висотна — 2–4 мм на 1 км нівелювання. Призначення мережі 1-го розряду полягає у забезпеченні вихідної опорної основи для топографічних знімань масштабів 1:500–1:1000, виконанні інженерних робіт високої точності, а також у прив'язці нових територій забудови. Пункти цієї мережі закладаються на фундаментних конструкціях, бетонних постаментах та інших стійких елементах, гарантуючи тривале їх збереження.

Мережі згущення 2-го та 3-го розрядів мають нижчу точність, але більшу щільність, що робить їх необхідними для виконання кадастрових і знімальних робіт на локальному рівні. Мережа 2-го розряду характеризується довжиною сторін 600–1200 м, точністю 10–25 мм + 5 ppm і щільністю близько 1 пункту на 20–40 га. Мережа 3-го розряду є ще більш деталізованою, із довжиною сторін 200–400 м та точністю 30–50 мм, забезпечуючи густоту приблизно 1 пункт на 5–10 га. Пункти цих мереж встановлюють як у ґрунті, так і на стінних конструкціях, оглядових колодязях та інженерних елементах міського середовища, що значно спрощує їх використання. Мережі другого і третього розрядів найбільш затребувані на територіях зі щільною забудовою, у центральній історичній частині міст, у районах зі складною інженерною інфраструктурою та в місцях активного розвитку нових житлових масивів.

Таблиця. 1.2

Основні характеристики мереж згущення

Показник	2-й розряд	3-й розряд
Середня довжина сторін	600–1200 м	200–400 м
Планова точність	10–25 мм + 5 ppm	30–50 мм
Щільність	1 пункт на 20–40 га	1 пункт на 5–10 га
Метод спостережень	GNSS, полігонометрія	Тахеометрія, GNSS

Зйомочні мережі є найбільш чисельною та мобільною частиною міських геодезичних мереж. Вони забезпечують високоточне проведення топографічних знімів, винесення проєктів у натуру, виконання будівельно-монтажних робіт та ведення містобудівного кадастру. Зйомочні мережі поділяються на розпланувальні, знімальні та локальні будівельні мережі. Їхні пункти можуть мати як тимчасовий, так і довготривалий характер залежно від призначення. Метод визначення координат варіюється від тахеометрії до GNSS-технологій у форматі RTK або PPK. Висока маневреність цих мереж робить їх особливо ефективними в умовах постійних змін у міському

середовищі, оскільки вони можуть швидко адаптуватися до конкретного виду робіт.

Таблиця. 1.3

Характеристика основних типів знімальних пунктів

Тип пункту	Метод визначення	Точність	Призначення	Особливості
Тахеометричні ходи	Тахеометрія	20–40 мм	Знімання 1:500	Можлива швидка побудова
GNSS-пункти	RTK/PPK	10–30 мм	Оновлення карт, GIS	Потребує відкритого неба
Розпланувальні точки	Тахеометрія	10–20 мм	Будівництво	Закріплення на місцевості
Тимчасові пункти	Всі методи	30–50 мм	Поточні роботи	Не призначені для тривалого зберігання

Побудова геодезичних мереж у складних міських умовах має низку специфічних особливостей. Висока щільність забудови суттєво ускладнює використання прямих ліній видимості та GNSS-навігації. Для зниження впливу негабаритних будівель і забудованих кварталів застосовують комбіновані методи вимірювань, які поєднують супутникові спостереження з тахеометричними ходами. У районах, де GNSS-сигнал затінений, встановлюють стінні та дахові знаки. У місцях, де фіксуються динамічні навантаження, використовують антивібраційні конструкції, що забезпечують стабільність пунктів.

Підземні інженерні мережі також впливають на надійність геодезичних пунктів, викликаючи осідання ґрунту та можливі зсуви. Тому при виборі місця закладення пунктів уникають зон техногенного ризику, а стабільність їх перевіряють за допомогою періодичних повторних спостережень. У сучасних

містах дедалі частіше впроваджуються динамічні активні мережі, що базуються на роботі постійно діючих GNSS-станцій. Вони забезпечують безперервний збір даних, корекційні поправки для RTK-вимірювань, моніторинг деформацій та високоточне тривимірне моделювання об'єктів.

Вимоги до закладення та збереження пунктів у міських умовах охоплюють конструктивні та організаційні аспекти. Пункти мають бути захищені від механічних впливів, мати паспортизоване закріплення, відповідну маркувальну табличку та збережений доступ для повторних вимірювань. Конструкція пунктів повинна гарантувати їхню стабільність, а відомості про них передаються замовнику у формі каталогів координат, описів пунктів, схем їх розміщення та польових журналів.

Міські геодезичні мережі відіграють ключову роль у системі управління територією. Вони є основою для створення цифрових карт, ведення містобудівного та земельного кадастру, контролю за станом інженерних мереж, створення 3D-моделей міста, ведення адресного реєстру та реалізації концепції «розумного міста». Використання сучасних геопросторових технологій у поєднанні зі стабільною опорною мережею дозволяє забезпечити ефективне управління територіальним розвитком, планування забудови та моніторинг інженерних об'єктів.

Таким чином, міські геодезичні мережі становлять багаторівневу систему, яка включає державні мережі, мережі згущення та зйомочні мережі і забезпечує комплексне просторове забезпечення міста. Вони гарантують точність, надійність та актуальність даних, необхідних для розвитку сучасної урбаністики. Подальший розвиток геодезичних мереж пов'язаний із впровадженням нових GNSS-технологій, розширенням локальних мереж, створенням активних станцій та удосконаленням нормативної бази, що у своїй сукупності сприятиме високій ефективності управління міським простором.

1.3. Порядок виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт

Виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт на території України регулюється рядом законодавчих та підзаконних актів, які визначають порядок проведення робіт, права та обов'язки виконавців, а також технічні стандарти і вимоги до точності вимірювань. Основними нормативними документами є:

1. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність». Цей закон визначає правові основи організації топографо-геодезичної та картографічної діяльності, регламентує порядок державного контролю, ліцензування, встановлює права та обов'язки виконавців робіт, а також регулює створення, ведення та використання геодезичних і картографічних матеріалів.

2. Державні стандарти України (ДСТУ), що визначають методики виконання геодезичних вимірювань, нівелювання, створення картографічних продуктів, а також порядок обробки та оформлення результатів робіт. Використання стандартів забезпечує уніфікацію процедур та гарантує високу точність отриманих даних.

3. Нормативно-методичні документи та інструкції (накази та методичні рекомендації Мінрегіону, Держгеокадастру та інших уповноважених органів), які деталізують виконання робіт у певних умовах, наприклад, при топографічній зйомці урбанізованих територій, створенні цифрових моделей рельєфу, фотограмметричній обробці матеріалів тощо.

4. Ліцензійні вимоги та допуск до робіт. Здійснення топографо-геодезичної та картографічної діяльності на території держави вимагає наявності відповідної ліцензії, що підтверджує кваліфікацію виконавців та їх право на здійснення робіт. Відсутність ліцензії робить діяльність юридично недійсною та тягне за собою адміністративну чи кримінальну відповідальність.

5. Вимоги щодо охорони праці та безпеки виконання робіт. Під час проведення польових геодезичних і картографічних робіт виконавці зобов'язані дотримуватися правил безпеки, користуватися засобами індивідуального

захисту, дотримуватися правил пересування на території з обмеженим доступом та забезпечувати безпеку обладнання.

Таким чином, нормативно-правова база визначає комплексний підхід до виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт, охоплюючи юридичні, технічні та організаційні аспекти діяльності. Дотримання цих нормативів є обов'язковою умовою для забезпечення точності, достовірності та юридичної сили результатів геодезичних і картографічних досліджень.

Підготовчий етап топографо-геодезичних і картографічних робіт має ключове значення для забезпечення високої точності та достовірності подальших польових та камеральних операцій. На початковому етапі здійснюється детальний аналіз технічного завдання, що надходить від замовника, з урахуванням обсягу робіт, необхідних масштабів картографічних матеріалів та рівня точності вимірювань. Одночасно вивчаються наявні топографічні карти, ортофотоплани, цифрові моделі рельєфу та дані попередніх зйомок, що дозволяє оцінити актуальність наявної інформації та визначити необхідність проведення додаткових польових робіт.

На основі отриманих даних розробляється програма та проект виконання робіт (ПВР), які визначають послідовність операцій, методи вимірювань, перелік використовуваних приладів та обладнання, а також заходи з контролю точності та охорони праці. Програма робіт включає графік проведення польових і камеральних операцій, методи закладання геодезичних пунктів, а також порядок оформлення і документування результатів.

Одним з важливих елементів підготовчого етапу є організація матеріально-технічного забезпечення. Для виконання робіт підбирається необхідне обладнання: тахеометри, GNSS-приймачі, нівеліри, лазерні сканери, квадрокоптери для аерофотозйомки та інші сучасні геодезичні прилади. Всі інструменти перевіряються на точність, калібруються та готуються до використання відповідно до вимог державних стандартів України. Крім того, організовується забезпечення робочих засобів для польових бригад, включно з транспортом, засобами зв'язку та індивідуального захисту.

Не менш важливим є отримання всіх необхідних дозволів для проведення робіт у межах населених пунктів, на приватних територіях або в охоронюваних зонах. Це дозволяє легітимно проводити роботи, запобігає адміністративним порушенням та забезпечує безперешкодний доступ до об'єктів зйомки. На завершальному етапі підготовки проводиться розподіл обов'язків серед членів бригади та інструктаж щодо техніки безпеки, методики вимірювань і правил документування результатів. Кожен виконавець отримує чітке розуміння своєї ролі та відповідальності, що дозволяє підвищити ефективність виконання польових і камеральних робіт.

Таким чином, підготовчий етап формує основу для всього процесу топографо-геодезичних і картографічних робіт, забезпечуючи високий рівень точності та мінімізуючи ризики виникнення помилок у наступних етапах.

Польові топографо-геодезичні роботи є основним етапом створення достовірної геодезичної та картографічної інформації і передбачають безпосереднє виконання вимірювань на місцевості з метою отримання вихідних даних для подальшої камеральної обробки та створення картографічних матеріалів. На цьому етапі здійснюється закладення та рекогностування геодезичних пунктів, які утворюють основу геодезичної мережі. Вибір пунктів і їх закладення проводиться з урахуванням рельєфу місцевості, доступності території та вимог до точності робіт.

Важливою складовою польових робіт є виконання знімальних операцій, які можуть включати тахеометричну зйомку, нівелювання, GNSS-вимірювання, а також фотограмметричну зйомку за допомогою дронів або аерофотокамер. Для забезпечення високої точності даних здійснюється контроль вимірювань шляхом дублювання операцій та перевірки результатів різними методами. У випадках складного рельєфу або високої забудованості території застосовуються комбіновані методи зйомки, що поєднують традиційні геодезичні інструменти з сучасними цифровими технологіями.

Під час виконання польових робіт особлива увага приділяється опису та документуванню всіх пунктів і вимірювань, що дозволяє забезпечити достовірність даних та їх подальше використання у камеральній обробці.

Виконавці робіт зобов'язані дотримуватися правил техніки безпеки, використовувати засоби індивідуального захисту та дотримуватися нормативів щодо пересування на території з обмеженим доступом.

Результати польових топографо-геодезичних робіт включають координати та висоти геодезичних пунктів, планові та висотні зйомки об'єктів місцевості, а також первинні картографічні матеріали, які є вихідною базою для створення топографічних планів, цифрових моделей рельєфу та інших картографічних продуктів. Дотримання чіткого порядку проведення польових операцій та застосування сучасних методів і приладів дозволяє забезпечити високу точність даних та зменшити ризик виникнення похибок у подальшій камеральній обробці.

Таким чином, польові топографо-геодезичні роботи формують основу достовірних геодезичних і картографічних матеріалів, забезпечують точність і повноту даних, необхідних для створення сучасних топографічних планів, цифрових моделей місцевості та інших картографічних продуктів, що використовуються у містобудуванні, землеустрої та інженерних дослідженнях.

Камеральна обробка матеріалів є наступним етапом після проведення польових топографо-геодезичних робіт і спрямована на систематизацію, перевірку та корекцію отриманих даних з метою створення точних картографічних продуктів. На цьому етапі здійснюється обробка координат геодезичних пунктів, нівелювальних вимірювань та інших польових спостережень за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення та методів математичної обробки даних. Важливим завданням камеральної роботи є усунення похибок вимірювань, перевірка узгодженості даних та приведення результатів до єдиної системи координат.

Після первинної обробки польових матеріалів проводиться побудова цифрових моделей рельєфу (ЦМР) та цифрових моделей місцевості (ЦММ), які є основою для створення топографічних планів та картографічних матеріалів різного призначення. Одночасно здійснюється генералізація даних, що передбачає спрощення та узагальнення об'єктів місцевості з урахуванням

масштабу майбутньої карти, а також уточнення положення об'єктів, нанесених на план.

Камеральна обробка включає також складання топографічних планів, ортофотопланів та спеціальних карт, де об'єкти місцевості відображаються відповідно до встановлених умовних позначень і картографічних стандартів. Особлива увага приділяється контролю точності та якості оформлення матеріалів. Для цього застосовуються методи внутрішньої перевірки, порівняння результатів із нормативами точності та перевірка сумісності даних з попередніми зйомками.

На завершальному етапі камеральної обробки формуються повні комплекти матеріалів, які передаються для використання у містобудівних, інженерних, землеустроювальних та екологічних проектах. Дотримання технології камеральної обробки та застосування сучасних програмно-апаратних засобів забезпечує високу точність результатів та можливість їх інтеграції у геоінформаційні системи державного та місцевого рівнів.

Таким чином, камеральна обробка матеріалів є критично важливим етапом топографо-геодезичних і картографічних робіт, що дозволяє отримати достовірні, точні та готові до використання геодезичні та картографічні дані, які становлять основу для прийняття управлінських, проектних та наукових рішень.

Картографічні роботи є завершальним етапом створення топографо-геодезичної інформації та передбачають перетворення оброблених польових даних у наочні картографічні продукти, готові до використання у практичній діяльності. На цьому етапі здійснюється проектування картографічної основи, вибір масштабу та умовних позначень, які відповідають характеру та призначенню картографічного матеріалу. Особлива увага приділяється узгодженню масштабів, точності нанесення об'єктів місцевості та забезпеченню логічної та наочної структури карти.

У процесі картографічних робіт проводиться генералізація даних, тобто спрощення і узагальнення відображення об'єктів з урахуванням масштабів та функціонального призначення карти. Це дозволяє забезпечити чітке і зрозуміле

представлення інформації, уникнути надмірного перенасичення карти деталями та водночас зберегти основні просторові взаємозв'язки об'єктів місцевості. Під час картографування також здійснюється редагування матеріалів, корекція похибок та уточнення розташування об'єктів на основі перевірених даних польових та камеральних робіт.

Особливу роль у сучасних картографічних роботах відіграє використання цифрових технологій, геоінформаційних систем (ГІС) та автоматизованих програмних комплексів. Це дозволяє створювати як традиційні топографічні плани та карти, так і цифрові продукти, такі як ортофотоплани, цифрові моделі рельєфу та тематичні карти, які можуть бути інтегровані у державні та регіональні інформаційні системи. Крім того, цифрові картографічні матеріали забезпечують можливість швидкого оновлення інформації та її поширення серед різних користувачів.

На завершальному етапі картографічних робіт формується готовий комплект матеріалів, що включає топографічні карти, плани, атласи, ортофотоплани та спеціальні тематичні карти, які передаються замовнику та для внесення до державного картографо-геодезичного фонду. Дотримання встановлених стандартів, точності та методології створення карт забезпечує високий рівень достовірності та наочності інформації, що є необхідною для містобудування, землеустрою, проектування інженерних об'єктів та проведення наукових досліджень.

Таким чином, картографічні роботи завершують процес топографо-геодезичного забезпечення, перетворюючи оброблені польові та камеральні дані у наочні, точні та функціональні картографічні продукти, які використовуються у різних сферах економіки та державного управління.

Технічний контроль і забезпечення якості є невід'ємною складовою процесу виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт, що гарантує точність, достовірність та надійність отриманих результатів. Контроль здійснюється на всіх етапах робіт — від підготовчого до камерального та картографічного — і включає перевірку якості польових вимірювань,

правильності обробки даних, а також відповідність результатів встановленим стандартам і нормативам точності.

Під час польових робіт контроль передбачає перевірку точності геодезичних пунктів, правильність закладання і нівелювання мереж, а також регулярне дублювання вимірювань для зменшення впливу випадкових похибок. Значну увагу приділяють перевірці працездатності приладів, їх калібруванню та коректності застосування методик вимірювань. На камеральному етапі контроль передбачає математичну перевірку обробки координат, узгодження даних, визначення допустимих похибок та виявлення невідповідностей між різними джерелами інформації.

Забезпечення якості картографічних матеріалів здійснюється шляхом перевірки відповідності створених планів та картографічних продуктів встановленим стандартам, методикам нанесення об'єктів, умовним позначенням та масштабу. При виявленні невідповідностей проводиться корекція матеріалів, уточнення координат об'єктів та повторна перевірка результатів. Всі етапи контролю документуються у вигляді протоколів перевірок, що фіксують відповідність роботи нормативам і точність результатів.

Дотримання процедур технічного контролю та забезпечення якості є обов'язковим для гарантування високої надійності топографо-геодезичних і картографічних робіт. Це дозволяє отримати достовірні дані, які можуть бути використані у містобудуванні, землеустрої, будівництві та інших сферах інженерної та наукової діяльності, а також забезпечує можливість інтеграції матеріалів у державні геоінформаційні системи.

Таким чином, технічний контроль і забезпечення якості виступають ключовим механізмом підтримання точності та надійності топографо-геодезичних та картографічних робіт, забезпечуючи високу ступінь довіри до результатів і їх ефективне використання у практичній діяльності.

Оформлення та передача результатів топографо-геодезичних і картографічних робіт є завершальним етапом процесу, що забезпечує належну документалізацію, систематизацію та можливість практичного використання

отриманих матеріалів. На цьому етапі здійснюється підготовка технічного звіту, який містить опис проведених робіт, методики вимірювань, результати перевірки точності та контрольні протоколи. Технічний звіт є основним документом, який підтверджує відповідність виконаних робіт встановленим нормативам і дозволяє замовнику оцінити якість отриманих даних.

Паралельно здійснюється формування картографічних матеріалів, включаючи топографічні плани, ортофотоплани, цифрові моделі рельєфу, тематичні карти та інші продукти, створені в ході виконання робіт. Всі матеріали оформлюються відповідно до встановлених стандартів та нормативів, що регламентують умовні позначення, масштаби, систему координат та технічні параметри картографічної продукції. При цьому забезпечується сумісність матеріалів із державними та місцевими геоінформаційними системами, що дозволяє їх інтегрувати у бази даних державного картографо-геодезичного фонду.

Передача результатів робіт відбувається як замовнику, так і у відповідні державні органи. Вона може здійснюватися у паперовому та цифровому форматах, залежно від вимог ТЗ та призначення матеріалів. Цифрові продукти часто передаються у форматах ГІС, що забезпечує можливість подальшої автоматизованої обробки, аналізу та використання даних у проектуванні, містобудуванні, землеустрої та інших сферах. Крім того, здійснюється архівування отриманих матеріалів, що гарантує їх збереження та доступність для повторного використання у майбутніх дослідженнях або проектах.

Таким чином, правильне оформлення та своєчасна передача результатів робіт є необхідною умовою ефективного використання топографо-геодезичних і картографічних даних, забезпечує їх достовірність, юридичну силу та інтеграцію у державні системи, що є ключовим для практичного застосування результатів у різних галузях господарської та наукової діяльності.

Результати топографо-геодезичних і картографічних робіт мають широке застосування у різних сферах економіки, державного управління та наукових досліджень. Основним напрямком використання отриманих даних є містобудування та планування територій, де точні топографічні плани та

цифрові моделі місцевості забезпечують розробку проектів забудови, інженерних мереж, транспортних систем та зонування територій. Використання цих матеріалів дозволяє підвищити ефективність проектування, зменшити ризики помилок та забезпечити оптимальне розміщення об'єктів на території.

У сфері землеустрою та кадастру результати топографо-геодезичних робіт застосовуються для визначення меж земельних ділянок, оформлення кадастрових планів, ведення державного земельного кадастру та контролю використання земель. Ці матеріали забезпечують юридичну точність визначення меж, їх документальне підтвердження та інтеграцію у державні системи обліку землі.

Іншою важливою сферою використання є будівництво та інженерні дослідження, де топографічні дані та цифрові моделі рельєфу слугують основою для проектування будівель, мостів, доріг, гідротехнічних споруд та інших об'єктів інфраструктури. Вони дозволяють розрахувати обсяги земляних робіт, оцінити складність рельєфу та забезпечити точне розміщення конструкцій у просторі.

Сучасні цифрові геоінформаційні системи дозволяють інтегрувати топографо-геодезичні та картографічні матеріали у державні і регіональні бази даних, що забезпечує доступ до актуальної інформації для органів влади, наукових установ та приватних підприємств. Це сприяє проведенню екологічного моніторингу, аналізу природних ресурсів, оцінки ризиків стихійних явищ та плануванню заходів цивільного захисту.

Таким чином, результати топографо-геодезичних і картографічних робіт відіграють ключову роль у забезпеченні точності, надійності та ефективності планування, проектування та управління територіями, а також сприяють інтеграції наукових і практичних даних у державні та приватні інформаційні системи, що робить їх незамінними у сучасній господарській та науковій діяльності.

Висновки до розділу 1

У першому розділі проаналізовано теоретико-методичні засади топографо-геодезичного забезпечення територій міст та визначено його ключову роль у

системі містобудівної діяльності й просторового планування. Досліджено понятійний апарат, сучасні підходи до формування геодезичної основи та нормативно-правові вимоги, що регламентують створення й розвиток державних геодезичних мереж. Обґрунтовано значення топографо-геодезичних даних як базового просторового ресурсу для проєктування, землеустрою, картографування та управління міським середовищем. Узагальнення теоретичних положень стало підґрунтям для подальшої оцінки стану геодезичного забезпечення досліджуваної території та виконання практичних завдань дослідження.

РОЗДІЛ 2.

АНАЛІЗ СТАНУ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ

2.1. Історія формування геодезичних мереж та розвиток топографо-геодезичного забезпечення міста Чернівці

Передумови розвитку геодезичних робіт у межах міста Чернівці формувалися під впливом природно-географічних, історичних та адміністративно-управлінських факторів, що визначали потребу в достовірних просторових даних та точних картографічних матеріалах. Чернівці, розташовані у передгірській частині Карпат, на берегах річки Прут, вирізняються складним рельєфом із системою терас, локальних підвищень і знижених ділянок. Таке геоморфологічне середовище вимагало особливо ретельного підходу до проведення топографічних і геодезичних робіт, оскільки природні особливості суттєво впливали на планування інженерної інфраструктури, забудови, дорожньої мережі та водовідведення. Саме характеристика рельєфу стала одним із чинників, що зумовив потребу в створенні детальних геодезичних мереж і топографічних планів, необхідних для управління розвитком міської території (рис. 2.1).

Історичні аспекти становлення міста також відіграли важливу роль у розвитку геодезичної діяльності. Вперше згадані у письмових джерелах у XV столітті, Чернівці поступово перетворилися на важливий торговельно-адміністративний центр Буковини. У процесі зростання населення, урбанізації та зміни адміністративної належності міста — від Молдавського князівства до Австро-Угорської імперії та подальших державних утворень — постала необхідність у здійсненні вимірювань територій, складанні кадастрів, визначенні меж земельних ділянок, обліку ресурсів та організації просторового управління. Особливої актуальності питання геодезичного забезпечення набуло в період модернізації міста в XIX столітті, коли активно розвивалася інфраструктура, промисловість і транспорт.

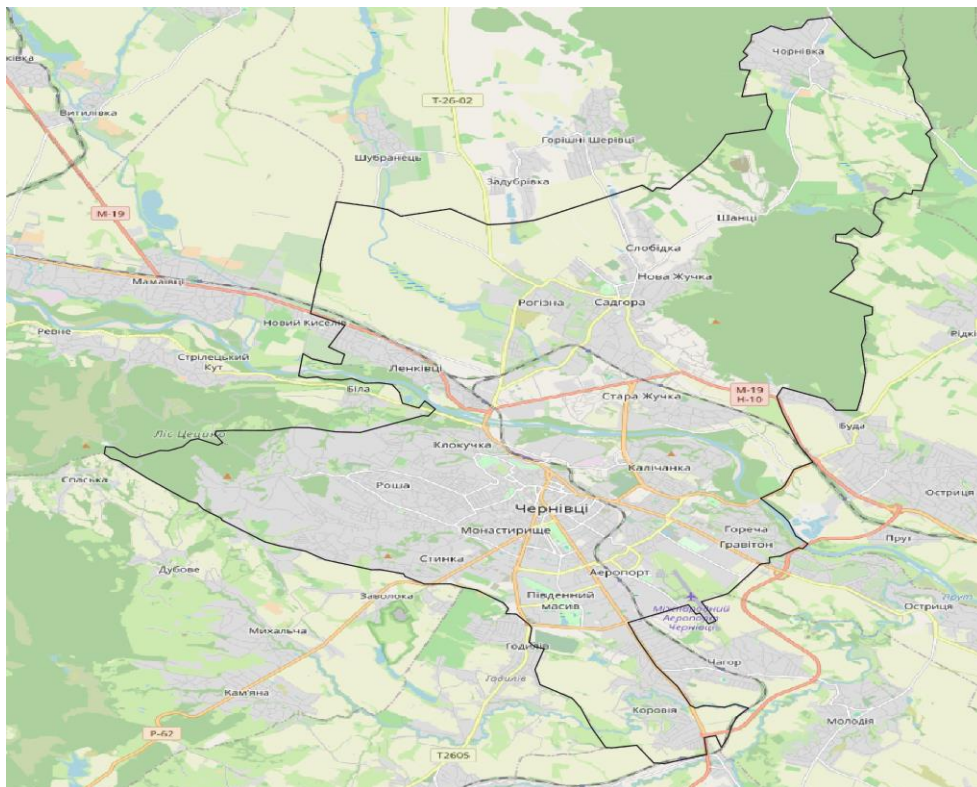


Рис. 2.1. Схема розташування міста Чернівці

Перші системні вимірювання території міста та околиць проводилися з метою складання кадастрових записів, встановлення меж землеволодінь, визначення площ сільськогосподарських угідь і забудованих територій. На ранніх етапах ці роботи мали локальний характер і часто здійснювалися за допомогою примітивних інструментів, проте з часом вимоги до точності зростали, що зумовило перехід від простих обмірів до створення перших тригонометричних і нівелірних мереж. Зміцнення ролі Чернівців як адміністративного центру регіону сприяло поступовому формуванню потреби у більш деталізованих топографічних схемах, які дозволяли вирішувати завдання регулювання забудови, планування транспортних коридорів, організації комунальних систем та інженерної інфраструктури.

Розвиток геодезичних робіт був тісно пов'язаний і з процесами адміністративної модернізації. З початку XIX століття, коли Чернівці стали центром Буковинського округу, а згодом — крайовою столицею, з'явилася потреба у створенні картографічних матеріалів, придатних для державного

управління, оборонних потреб, містобудування та економічного розвитку. Саме в цей період були започатковані перші системні кадастрові дослідження, що заклали основу для формування майбутніх міських геодезичних мереж.

У сукупності ці фактори — складний природний рельєф, інтенсивний розвиток міста та постійні зміни адміністративно-державної належності — стали фундаментом для становлення топографо-геодезичного забезпечення Чернівців. Вони визначили потребу у створенні точних геодезичних мереж, що забезпечували б не лише вимірювання територій, але й ефективне управління міським простором, планування розвитку та контроль за земельними ресурсами. Саме ці передумови стали вихідною базою для подальших етапів формування геодезичної основи Чернівців.

Період перебування Чернівців у складі Австро-Угорської імперії став ключовим етапом у формуванні перших системних геодезичних мереж на території міста та Буковини загалом. Саме в цей час було розпочато масштабні топографо-геодезичні роботи, які вперше забезпечили узгоджене картографування регіону за єдиними стандартами. Геодезичні вимірювання, що проводилися в Чернівцях наприкінці XVIII – на початку XIX століття, були пов'язані з великими кадастровими і топографічними зйомками, відомими як Йозефінська (Josephinische Aufnahme, 1764–1787) та Францисканська (Franzische Landesaufnahme, 1806–1869) зйомки. Це були перші детальні картографічні кампанії, які створили основу для подальших кадастрових і адміністративних реєстрів на території Буковини.

У Чернівцях було закладено низку первинних тригонометричних пунктів, які входили до мережі імперської триангуляції. Австрійські військові інженери застосовували методи класичної тригонометрії з використанням високоточних теодолітів, що дозволило отримати точні координати та висоти пунктів. Значну увагу приділяли нівелюванню території, оскільки місто мало складний рельєф, що вимагав ретельного визначення висотних відміток для інженерної інфраструктури та оборонних споруд. У цей період були створені плани міста у масштабах 1:2 880, 1:5 760 та 1:28 800, що використовувалися в управлінні територією, плануванні вулиць, зонуванні та облаштуванні міської забудови.

Під впливом австрійської адміністрації Чернівці поступово перетворилися на організований урбаністичний центр із розгалуженою системою вулиць, громадських будівель та промислових об'єктів. Зростаючі потреби в точному картографуванні сприяли вдосконаленню місцевої геодезичної основи. Усі роботи виконувалися за військовими стандартами, що забезпечувало високу точність та уніфікацію картографічних даних у межах усієї імперії. Важливо, що створені в цей період матеріали стали надзвичайно цінними історико-науковими джерелами, адже вони зафіксували структуру міста на етапі його активного формування та модернізації.

Таким чином, австро-угорський період був етапом становлення першої високоточної геодезичної мережі на території Чернівців, яка заклала фундамент для подальшого розвитку топографо-геодезичного забезпечення міста. Саме тоді було сформовано первинну планово-висотну основу, яка в наступні десятиліття підлягала уточненню і модернізації в умовах змін державної влади та зростання містобудівних потреб.

Після переходу Буковини до складу Румунії у 1918 році система геодезичного забезпечення Чернівців зазнала суттєвих змін, пов'язаних із адаптацією до національних стандартів Румунського королівства. У міжвоєнний період у місті проводилися роботи з модернізації існуючих геодезичних мереж, оновлення картографічних матеріалів та інтеграції місцевої топографічної основи у загальнодержавну систему координат. Румунська адміністрація прагнула створити єдиний картографічний простір, що вимагало ревізії австрійських матеріалів і повторного вимірювання територій із застосуванням нових інструментів.

У румунський період особливе значення мали топографічні зйомки масштабів 1:20 000 та 1:50 000, які охоплювали значні території Буковини, включаючи Чернівці. На рівні міста активно оновлювалися плани кварталів і комунальних систем, здійснювалося уточнення меж землекористування, створювалися нові кадастрові плани для потреб міського управління, землевпорядкування та податкового обліку. Румунські інженери-геодезисти виконували повторні нівелірні роботи, які мали на меті оновлення висотної

основи міста, адже частина австрійських пунктів зазнала руйнувань унаслідок Першої світової війни.

Важливою особливістю цього етапу стало поєднання спадщини австро-угорських картографічних стандартів із румунськими методиками, що інколи призводило до необхідності трансформації координат та адаптації систем вимірювання. У Чернівцях формувалася оновлена інженерно-геодезична база, яка забезпечувала місто точними планово-висотними даними для подальшої забудови, розвитку транспортної інфраструктури та муніципальних проєктів. Також в цей період значну увагу приділяли укріпленню міських територій, будівництву доріг та інженерних споруд, що вимагало застосування більш точних геодезичних методів.

Загалом румунський період розвитку геодезичних мереж Чернівців характеризувався модернізацією існуючої основи, узгодженням її зі стандартами Румунського королівства та створенням оновлених картографічних матеріалів, що слугували фундаментом для подальшого радянського етапу розвитку топографо-геодезичного забезпечення міста.

Радянський період становить один із найбільш масштабних етапів розвитку топографо-геодезичного забезпечення міста Чернівці. Після приєднання території до СРСР у 1940 році почалася системна перебудова всієї геодезичної інфраструктури відповідно до державних стандартів Союзу. Особлива увага приділялася створенню єдиної планово-висотної основи у координатних системах СК-42 та пізніше СК-63, які стали основними для військового, інженерного та цивільного картографування. У межах міста проводилися роботи зі створення триангуляційних мереж I–III класів, полігонометричних ходів, а також нівелірних мереж високої точності, що забезпечувало можливість виконання детальних інженерних робіт та створення нових топографічних планів.

У цей період значні зусилля були спрямовані на повну інвентаризацію та оновлення існуючих австрійських і румунських пунктів. Частину старих пунктів було знищено або втрачено під час воєнних подій, тому їх доповнювали і відновлювали, створюючи нову щільну мережу закріплених

реперів і пунктів. У місті активно розвивалася інженерно-геодезична діяльність, пов'язана з будівництвом промислових підприємств, житлових масивів, транспортних розв'язок, мостів і комунальної інфраструктури. Це вимагало виконання детальних топографічних зйомок у масштабах 1:500, 1:1000 та 1:2000, які забезпечували точне проєктування та містобудівне планування.

Значним досягненням радянського періоду стало створення повного комплексу топографічних карт і планів, які відзначалися високою точністю, уніфікованістю та жорсткими вимогами до оформлення і метричних характеристик. Чернівці отримали оновлений містобудівний план, розроблений на основі комплексних геодезичних робіт, що охоплювали як центральну частину міста, так і периферійні території з перспективою їх розбудови. Важливу роль відіграла інженерно-геодезична служба різних підприємств та проектних інститутів, які здійснювали зйомки для реконструкції вулиць, зовнішніх мереж водопостачання, каналізації, електричних ліній та інших інженерних комунікацій.

Таким чином, радянський період характеризувався формуванням однієї з найповніших і найдетальніших геодезичних основ у історії міста Чернівці. Впроваджені стандарти забезпечили високий рівень точності, системності та універсальності топографічних даних. Закладена тоді інфраструктура геодезичних пунктів стала фундаментом для переходу до сучасних методів просторового вимірювання та подальшої цифровізації геодезичної інформації.

Після проголошення незалежності України у 1991 році система топографо-геодезичного забезпечення міста Чернівці увійшла в етап суттєвих трансформацій, пов'язаних із переходом до нових національних стандартів, оновленням координатних систем та запровадженням сучасних технологій вимірювання. Суттєвою зміною стало впровадження Єдиної державної геодезичної мережі (ЄДГМ) та поступовий перехід до використання координатної системи УСК-2000, що відповідала міжнародним геодезичним референц-системам і була придатною для супутникових методів визначення координат. Це дозволило інтегрувати геодезичну основу Чернівців у загальнонаціональну та світову систему геопросторових координат.

У перші роки незалежності важливим завданням стало оновлення та модернізація існуючих триангуляційних і нівелірних мереж, частина яких була втрачена або втратила точність через інтенсивну забудову та техногенні процеси. Виконувалися роботи з повторного нівелювання, уточнення планових координат, відновлення реперів та рейкових знаків. Водночас розвиток міста, розширення його меж та інтенсифікація інженерно-будівельної діяльності вимагали створення нових щільних інженерно-геодезичних мереж, які могли б забезпечити високу точність для проєктування споруд, вулиць і комунікацій.

З кінця 1990-х років почався перехід до цифрових топографічних планів, що стало важливим етапом модернізації всієї геодезичної галузі. У місті впроваджувалися геоінформаційні технології, які дозволяли створювати цифрові моделі місцевості, інтегрувати дані різних відомств і забезпечувати доступ до просторової інформації для органів муніципального управління, проєктних установ і комунальних служб. Паралельно здійснювався перехід від класичних графічних карт до електронних картографічних систем, що значно підвищило швидкість та точність роботи геодезистів.

Період незалежності став ключовим у напрямі переходу Чернівців від традиційних форм картографування до сучасних цифрових технологій. Сформований у цей час комплекс оновлених геодезичних мереж та цифрових топографічних матеріалів створив умови для подальшого розвитку міста, а також став основою для впровадження супутникових технологій, які були широко застосовані вже у 2000-х роках.

Початок XXI століття ознаменувався для міста Чернівці переходом до принципово нового етапу розвитку топографо-геодезичного забезпечення, пов'язаного з активним поширенням супутникових технологій, цифровізацією картографічної інформації та створенням сучасних геоінформаційних систем. У цей період геодезична інфраструктура міста поступово трансформувалася з традиційної мережі пунктів у комплексний цифровий простір, що охоплює системи координат, бази геопросторових даних, автоматизовані технології обробки та мережі постійно діючих GNSS-станцій.

Ключовим напрямом розвитку стало впровадження супутникових технологій GPS, GLONASS, а згодом і Galileo, що забезпечили високу точність визначення координат і значно прискорили польові геодезичні роботи. У межах Чернівців сформовано мережу пунктів, придатних для роботи в системі УСК-2000, що дає можливість виконувати високоточні GNSS-вимірювання як для кадастрових робіт, так і для інженерного проєктування. Сучасні геодезичні підприємства міста активно застосовують методи RTK-позиціонування, що забезпечують сантиметрову точність у режимі реального часу та дозволяють виконувати складні інженерні знімання з мінімальними трудовими витратами.

Важливим етапом стало створення та розвиток цифрових топографічних планів масштабів 1:500, 1:1000 та 1:2000, які є основою для проєктування інженерних мереж, реконструкції забудови та ведення містобудівної документації. Цифрові плани інтегруються у геоінформаційні системи, що дозволяє оновлювати, аналізувати та використовувати просторові дані в автоматизованому режимі. Застосування ГІС-технологій у міській адміністрації сприяло створенню муніципальних баз даних, які охоплюють земельні ділянки, інженерні мережі, транспортну інфраструктуру та об'єкти містобудування. Це дало можливість значно підвищити ефективність управління міським простором.

Окремим напрямом сучасного розвитку є впровадження лазерного сканування (LiDAR) та аерофотозйомки з використанням БПЛА, що забезпечують отримання високоточних цифрових моделей рельєфу, 3D-моделей забудови та детальних ортофотопланів. Такі технології стали невід'ємною частиною оновлення кадастрової та містобудівної документації, дозволяють швидко виявляти зміни на території, ефективно планувати інженерні роботи та контролювати розвиток забудови.

Сучасний етап розвитку геодезичної системи Чернівців характеризується інтеграцією різних видів геоданих, використанням автоматизованих систем обробки, переходом до відкритих форматів даних і активним впровадженням просторової аналітики у діяльність міських служб. У поєднанні традиційних методів та інноваційних технологій формується єдиний цифровий

геопросторовий компонент, який забезпечує потреби містобудування, кадастру, інженерної інфраструктури та моніторингу територій. Таким чином, сучасна топографо-геодезична інфраструктура Чернівців є ключовим елементом у розвитку «розумного» міського управління та майбутньої цифрової трансформації міського середовища.

2.2. Оцінка сучасного стану топографо-геодезичного забезпечення та можливості створення картографічних матеріалів на досліджувану територію

Оцінювання сучасного стану топографо-геодезичного забезпечення міста Чернівці є ключовою складовою комплексного аналізу просторового розвитку території, адже від якості геодезичних мереж, актуальності топографічних планів та наявності цифрових просторових даних залежить ефективність містобудівної діяльності, землеустрою й управління міськими ресурсами. Чернівці, як адміністративний центр області та важливий соціально-економічний осередок, потребують постійного оновлення геопросторової інформації, що відповідає сучасним технологічним стандартам і вимогам Європейського Союзу.

На сьогодні топографо-геодезичне забезпечення міста характеризується поєднанням матеріалів різних періодів їх створення, неоднорідністю масштабів наявних планів та частковою втратою точності окремих елементів опорних геодезичних мереж. Значна частина доступних картографічних матеріалів базується на зніманнях минулих десятиліть, що зумовлює їх обмежену придатність для сучасних потреб містобудування, проєктування інженерних споруд, ведення кадастрів і моніторингу території. Водночас розвиток супутникових технологій, цифрових геодезичних приладів та геоінформаційних систем створює умови для оперативного формування актуальних картографічних ресурсів і їх інтеграції в єдиний міський геоінформаційний простір.

Подальше дослідження сучасного стану топографо-геодезичного забезпечення ґрунтується на комплексному аналізі системи геодезичних робіт, що дає змогу визначити ключові проблеми та сформулювати напрями її удосконалення. Центральним елементом такого аналізу є вивчення фактичної забезпеченості території опорною геодезичною інформацією та умов функціонування міської геодезичної інфраструктури.

Першочерговим завданням є створення повної інформаційної бази наявних геодезичних ресурсів. Це передбачає систематизацію відомостей щодо існуючих мереж різних класів та призначень, визначення ступеня їх збереженості, точності та повноти координатного забезпечення, а також аналіз актуальності технічної документації. Особливу увагу зосереджено на виявленні застарілих матеріалів, фрагментарності даних і невідповідності їх сучасним нормативним вимогам.

Наступним етапом є оцінка якісних характеристик топографо-геодезичного забезпечення з позицій придатності для виконання інженерних, містобудівних і кадастрових робіт. Такий аналіз дає змогу визначити, наскільки існуючі геодезичні мережі відповідають нормам точності й надійності, а також наскільки повно вони охоплюють територію міста. Важливими критеріями є рівень їх інтеграції у сучасні цифрові системи та можливість використання даних у ГІС-середовищі.

На основі отриманих результатів формується комплекс пропозицій щодо оптимізації та модернізації системи геодезичного забезпечення. До пріоритетних заходів належать оновлення та реконструкція існуючих геодезичних мереж, запровадження сучасних супутникових технологій і методів дистанційного зондування, вдосконалення методик польових і камеральних робіт. Не менш важливою є потреба у підвищенні рівня підготовки фахівців шляхом впровадження освітніх програм та регулярної професійної сертифікації.

Сукупність цих заходів спрямована на формування сучасної, надійної та технологічно адаптивної системи геодезичного забезпечення, яка відповідатиме

потребам розвитку міста і гарантуватиме високу якість картографічних матеріалів для наукових і практичних завдань.

У рамках оцінювання топографо-геодезичного забезпечення міста Чернівці важливим завданням є аналіз відповідності існуючих картографічних матеріалів сучасним вимогам просторових даних. Особливе значення має інтеграція історичних картографічних ресурсів у сучасний геоінформаційний простір, що дає змогу дослідити еволюцію геодезичних мереж та визначити актуальний стан пунктів державної геодезичної мережі. У зв'язку з цим для дослідження були використані топографо-геодезичні матеріали 1954–1961 років, а також сучасні цифрові дані, що опрацьовувалися із застосуванням програмного забезпечення QGIS, яке є одним із найбільш поширених інструментів відкритого доступу для роботи з просторовою інформацією [28; 9].

Першим етапом дослідження стало здійснення перепроєктування історичних картографічних даних, оскільки вони були створені у системі координат **Pulkovo 1942 / Gauss-Kruger zone 5 (EPSG:28405)**, яка застосовувалась на території України у середині XX століття. Для інтеграції цих матеріалів у сучасні ГІС-системи необхідно перевести їх у глобально вживану систему **WGS 84 / Pseudo-Mercator (EPSG:3857)**, що використовується більшістю сучасних вебкартографічних сервісів та ГІС-платформ [25]. У середовищі QGIS перепроєктування виконувалося за допомогою інструменту «Перепроєктування шару», де задавалися вихідні файли, параметри систем координат та каталог для збереження результуючого шару. Особливу увагу було приділено коректності вибору вихідної системи координат, оскільки помилка на цьому етапі може спричинити суттєве зміщення або деформацію просторових даних.

Після трансформації картографічних матеріалів здійснювалося формування контрольних точок для просторової прив'язки історичних топографічних планів. Використовуючи інструменти редагування QGIS (*Редагування* → *Додати точку*), на карті визначалися відповідні пункти державної геодезичної мережі (ДГМ), які збереглися в обох наборах даних. Для кожної точки зазначалися координати, отримані з уже прив'язаних сучасних

даних, що забезпечувало точну трансформаційну відповідність між двома джерелами інформації. Функція «З картки» дозволяла автоматично обрати ідентичний об'єкт на сучасній цифровій карті та здійснити коректну просторову прив'язку (рис. 2.2). Застосування таких методів відповідає загальноприйнятим практикам геоінформаційного опрацювання картографічної інформації [10].

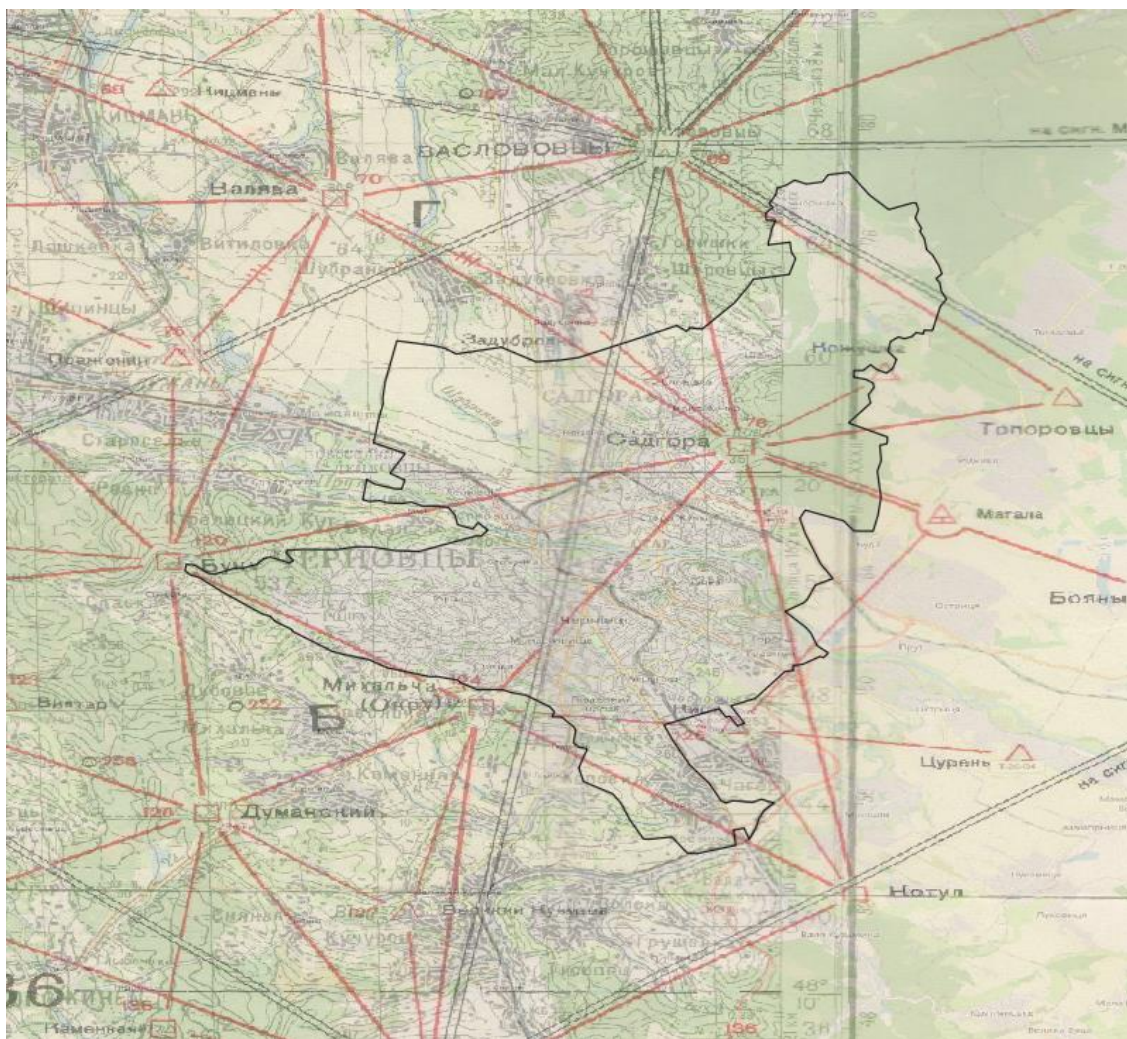


Рисунок 2.2. Прив'язка матеріалів топографо-геодезичного забезпечення 1954-1961 років.

У результаті виконаної прив'язки було відтворено просторову структуру розташування пунктів державної геодезичної мережі в межах Чернівців. Подальший аналіз показав, що досліджувана територія міста містить десять

пунктів ДГМ, відображених на схемі (рис. 2.3). Їхнє положення має важливе значення для оцінювання стану геодезичного забезпечення, адже саме ці пункти формують основу координатної мережі, необхідної для сучасних інженерно-геодезичних робіт, оновлення топографічних планів і ведення містобудівного кадастру.

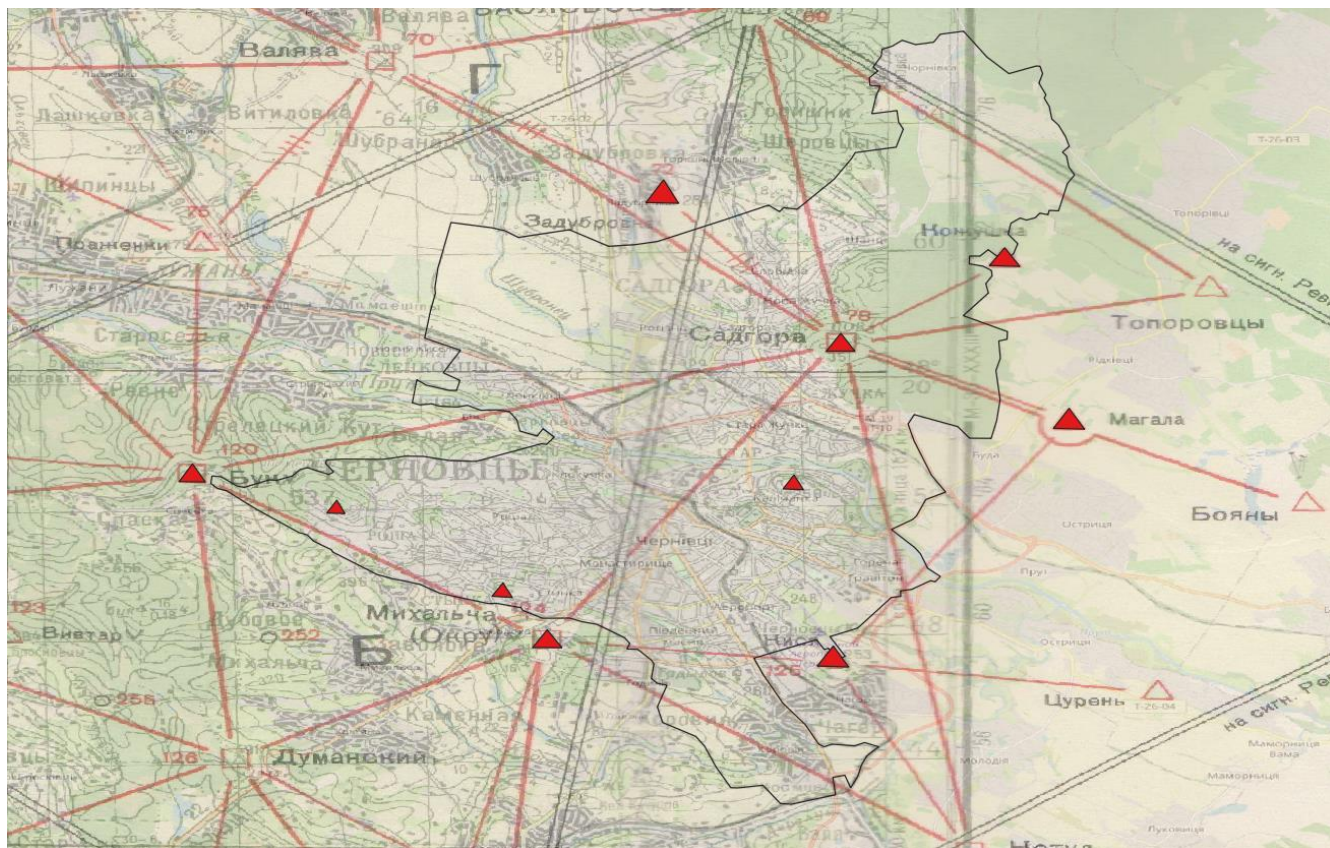


Рис. 2.3. Просторове розміщення елементів топографо-геодезичного забезпечення 1954–1961 років

У ході дослідження просторової структури геодезичної мережі міста встановлено, що її формування здійснювалося на основі пунктів триангуляції II класу, переважно розташованих у районі Садгори. Саме вони слугували вихідним фундаментом для розвитку більш детальної мережі, яка забезпечувала необхідну точність і щільність геодезичних визначень у межах міста та прилеглих територій.

На основі матеріалів топографо-геодезичного забезпечення 1954–1961 років визначено, що на базі зазначених пунктів була побудована мережа тріангуляції III класу, яка охоплювала значну частину сучасних Чернівців. Вона включала дев'ять основних пунктів: **Задубрівка, Окру, Магала, Бук, Кожушка, Кися, Роша, Михальча та Калічанка**. Ці пункти формували просторовий каркас для подальшого згущення мережі та виконання топографічних знімів.

Кожен із пунктів відігравав важливу роль у створенні надійної координатної основи для топографічних і кадастрових робіт, забезпечуючи необхідний рівень точності для побудови планово-висотних мереж. Їх територіальне розташування дозволяло сформувати оптимальну геометрію тріангуляційної мережі, що відповідало вимогам геодезичних робіт того часу.

Отримані результати дають змогу простежити етапи розвитку геодезичної системи Чернівців та оцінити ступінь її збереженості, що є важливим елементом загальної оцінки сучасного стану топографо-геодезичного забезпечення міста й визначення потреб у його подальшій модернізації.

Створення топографічних карт або планів для будь-якої території є складним і багатокомпонентним процесом, який залежить від ряду факторів, що визначають точність та ефективність картографічних матеріалів. Одним із ключових факторів є масштаби дослідження та цілі, для яких створюється картографічний матеріал. Наприклад, для містобудівного планування, землеустрою або управління міськими ресурсами потрібні карти з високою точністю та деталізацією, що передбачає наявність достатньої кількості геодезичних пунктів для забезпечення необхідної координатної основи. У свою чергу, для загального орієнтування або аналітичних досліджень може бути достатньо карт із меншим рівнем деталізації.

Процес створення карт супроводжується низкою проблем, які потребують ретельного врахування під час планування топографо-геодезичних робіт. По-перше, важливим аспектом є **вартість** робіт. Створення нових карт може бути фінансово затратним, особливо якщо для цього потрібно отримати або актуалізувати геопросторові дані, проводити польові топографо-геодезичні

зйомки, застосовувати сучасні геодезичні прилади та програмне забезпечення. По-друге, **якість даних** безпосередньо впливає на точність створюваних карт. Використання неточних, застарілих або неповних даних може призвести до формування картографічних матеріалів, які не відображають реальний стан об'єктів і території, що ускладнює планування та прийняття управлінських рішень.

Ще одним важливим чинником є **масштабування**. Створення карт великих міст є особливо складним завданням, оскільки потребує інтеграції великого обсягу геопросторових даних, що охоплюють різноманітні об'єкти інфраструктури, будівлі, транспортні мережі та природні елементи. Для обробки такого обсягу інформації потрібні значні обчислювальні потужності та спеціалізоване програмне забезпечення. Також важливо враховувати **конфіденційність** геопросторових даних, адже частина інформації про території міст, окремі будівлі чи об'єкти інфраструктури може мати обмежений доступ. Використання таких даних потребує дотримання законодавчих норм та нормативних вимог щодо обробки та зберігання конфіденційної інформації.

На території міста Чернівці на сьогодні наявні 10 пунктів Державної геодезичної мережі (ДГМ) 2-го та 3-го класів. Загальна площа міста становить 153 км², що дозволяє розрахувати середню щільність геодезичних пунктів на його території. Згідно з цими даними, середня щільність пунктів ДГМ у межах міста становить приблизно 1 пункт на 15,3 км². Враховуючи вимоги нормативних документів, для створення топографічних карт масштабу 1:10 000–1:25 000 необхідна щільність геодезичних пунктів не менше ніж 1 пункт на 30 км². Для створення більш детальних топографічних планів масштабу 1:5 000 потрібна щільність 1 пункт на 20–30 км², а для планів великого масштабу 1:500–1:2 000 щільність має бути 1 пункт на 5–15 км². Таким чином, наявна щільність геодезичних пунктів на території Чернівців відповідає нормативним вимогам для карт масштабів 1:10 000–1:25 000, але для створення планів великого масштабу може знадобитися облаштування додаткових геодезичних пунктів.

Для оцінки можливості створення топографічних карт та планів на досліджуваній території доцільно застосувати метод **буферних зон**, який дозволяє визначити рівномірність покриття території наявними геодезичними пунктами та ідентифікувати ділянки, де необхідне облаштування додаткових пунктів. Суть методу полягає у побудові навколо кожного геодезичного пункту кола з радіусом, що визначається за формулою: $r = \frac{S}{\pi}$, де S – площа, яка припадає на один геодезичний пункт, км², а r – радіус буферної зони, км. Обчислення радіусів для кожного пункту дозволяє побудувати карту буферних зон та оцінити рівномірність розташування пунктів, а також визначити території, на яких необхідно встановити додаткові геодезичні пункти для забезпечення відповідності нормативним вимогам щодо щільності топографо-геодезичної мережі.

Використання такого підходу дозволяє забезпечити **науково обґрунтоване планування топографо-геодезичних робіт**, визначити пріоритетні ділянки для встановлення нових пунктів та підвищити точність створюваних карт і планів для подальшого використання у містобудівній та землеустрійній діяльності. Таким чином, метод буферних зон виступає ефективним інструментом оцінки геодезичного покриття та планування топографо-геодезичних заходів на території міста.

Таблиця 2.1

Обчислення радіусів кіл

Площа S , км ²	30	20	15	10	5
Радіус R , км	3,09	2,52	2,19	1,78	1,26

Для побудови буферних зон навколо пунктів геодезичного забезпечення використано інструменти програмного забезпечення QGIS, зокрема команди **Вектор → Обробка даних → Буфер**. На цьому етапі здійснюється налаштування параметрів буферних зон, які визначають радіус покриття для різних масштабів картографування та враховують щільність геодезичних пунктів.

У результаті виконаних операцій отримано візуалізацію буферних зон, що відображає геодезичне забезпечення території міста Чернівці для масштабів 1:25 000 – 1:500 (рис. 2.4). Візуалізація дозволяє оцінити рівномірність покриття території пунктами державної геодезичної мережі та визначити ділянки з недостатнім геодезичним забезпеченням, що потребують встановлення додаткових пунктів для створення високоточних картографічних матеріалів.

Отримані буферні зони слугують наочною основою для аналізу просторового розподілу пунктів ДГМ, а також для подальшого планування модернізації геодезичної мережі міста, що є важливим кроком у забезпеченні точності топографо-геодезичних робіт та створенні сучасних картографічних продуктів.

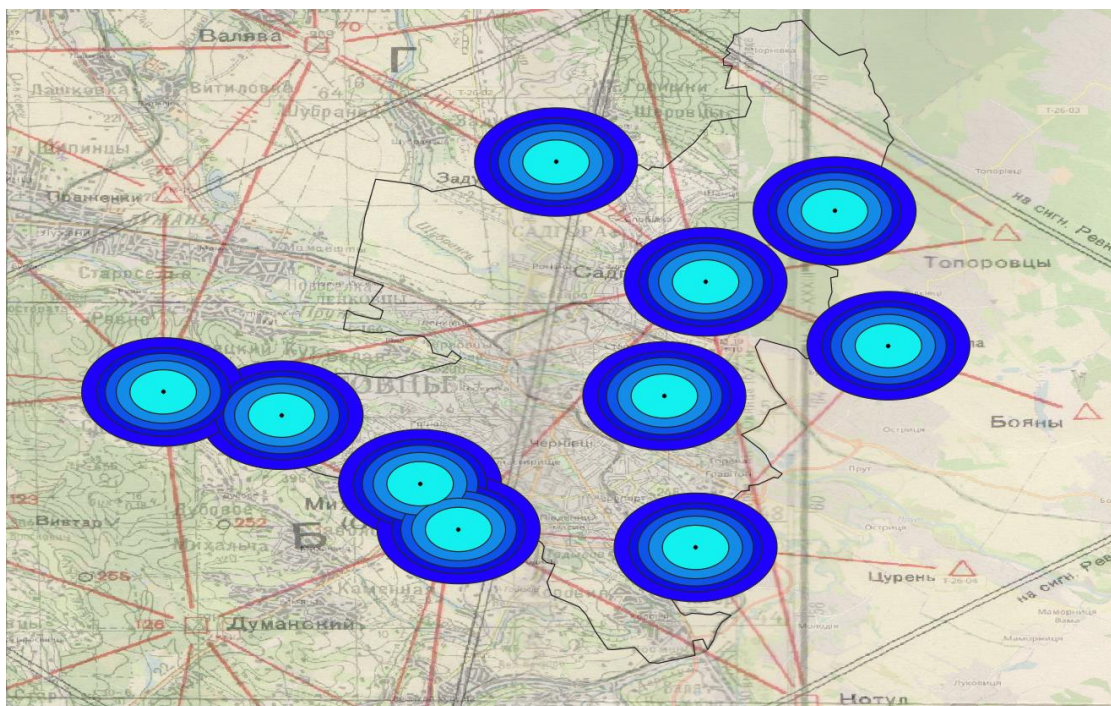


Рис. 2.4. Відображення буферних зон геодезичного забезпечення території міста Чернівці для масштабів 1:25 000 – 1:500.

Провівши проектування буферних зон навколо пунктів державної геодезичної мережі (ДГМ), можна підсумувати отримані результати та зробити кілька важливих висновків щодо стану геодезичного забезпечення міста

Чернівці. Аналіз показав, що наявна геодезична інфраструктура є достатньо стабільною та придатною для створення топографічних карт загального користування, проте її поточного стану недостатньо для забезпечення високоточних планів, які потребують більшої щільності пунктів та високої точності координатних визначень.

Водночас виконане моделювання дозволило визначити прогалини у покритті території сучасними пунктами ДГМ. Незважаючи на наявну мережу, існують ділянки міста, де щільність геодезичних пунктів не відповідає нормативним вимогам для детального картографування та інженерних робіт (рис. 2.5). Це підкреслює необхідність доповнення мережі новими пунктами, розташованими з урахуванням просторового розподілу існуючих опорних елементів, що забезпечить повноту геодезичного забезпечення всієї території міста.

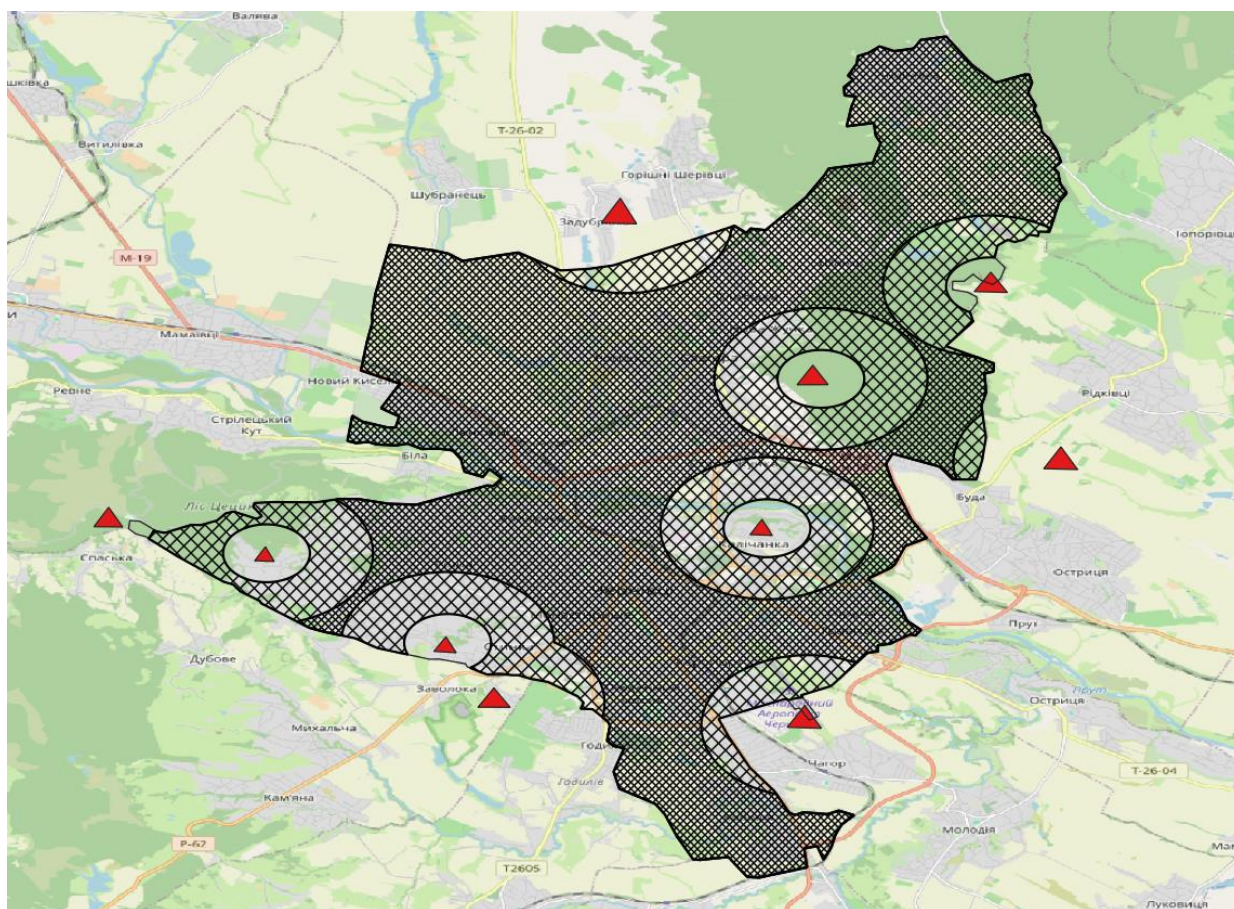


Рис. 2.5 Відображення територій, не охоплених пунктами державної геодезичної мережі

Отже, для підвищення точності та надійності топографо-геодезичних матеріалів, а також для забезпечення можливості створення високоточних планів, доцільно здійснити проектування та встановлення додаткових пунктів ДГМ у тих зонах, де покриття є недостатнім. Такі заходи дозволять сформувати єдиний координатний каркас, який забезпечить комплексне і безперервне геодезичне забезпечення Чернівців, стане основою для актуалізації картографічних даних та створення цифрових геоінформаційних продуктів сучасного рівня, що відповідають вимогам містобудівного планування, кадастрового обліку та моніторингу території.

Висновок до розділу 2

У результаті проведеного аналізу встановлено, що топографо-геодезичне забезпечення міста Чернівці формувалося протягом кількох історичних етапів, кожен із яких вніс суттєвий внесок у розвиток планово-висотної основи території. Починаючи від перших кадастрових зйомок австро-угорського періоду, через модернізацію мереж у румунський час, масштабне створення триангуляційних і нівелірних систем у радянську добу та до сучасної цифровізації геопросторових даних, геодезична інфраструктура міста зазнала суттєвих якісних змін.

Сучасний стан топографо-геодезичного забезпечення Чернівців характеризується наявністю багаторівневої мережі пунктів, охопленням території актуальними топографічними планами та активним використанням супутникових технологій, ГІС, цифрових моделей рельєфу та аерозйомки. Разом з тим виявлено певні проблеми, зокрема часткову втрату або руйнування окремих пунктів, нерівномірність їх розподілу та потребу в оновленні картографічних матеріалів для масштабів 1:500–1:2000.

Загалом оцінка стану геодезичного забезпечення свідчить про достатній потенціал міста для створення сучасних картографічних матеріалів, удосконалення існуючих геопросторових даних і забезпечення подальшого розвитку містобудівної, інженерної та кадастрової діяльності.

РОЗДІЛ 3.

ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ДОБУДОВИ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ ТА ВПЛИВ ПІДВИЩЕННЯ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК ТЕРИТОРІЇ

3.1. Розрахунок і обґрунтування добудови ДГМ відповідно до чинних нормативів

Добудова державної геодезичної мережі (ДГМ) на території дослідження є необхідним етапом забезпечення актуальності координатної основи, яка використовується у топографо-геодезичних, земельно-кадастрових, містобудівних та інженерних роботах. В умовах активного просторового розвитку території, збільшення інтенсивності забудови та зростання вимог до точності просторових даних виникає потреба в уточненні, оновленні та доповненні існуючих пунктів ДГМ відповідно до чинних нормативно-технічних документів, зокрема ДСТУ 8737:2017 [1], ДСТУ Б В.2.1-27:2006 [2], а також галузевих інструкцій із побудови та розвитку геодезичних мереж [3].

Процес розрахунку та обґрунтування необхідності добудови мережі здійснювався на основі аналізу просторового розміщення існуючих пунктів, їх технічного стану, придатності до подальшого використання та відповідності нормативним вимогам щодо міжпунктових відстаней і класності мережі. Важливою складовою стало оцінювання рівномірності покриття території пунктами ДГМ та визначення ділянок із недостатньою кількістю опорних точок, що не забезпечують отримання координат необхідної точності для сучасних інженерно-геодезичних робіт. Нормативи передбачають обмеження щодо максимально допустимих відстаней між пунктами геодезичної мережі різних класів, а також вимоги до їх конфігурації та стійкості [1; 3].

Допроєктування мережі виконувалося у середовищі **QGIS**, що забезпечило можливість комплексного просторового аналізу, інтеграції різних типів геопросторових даних та зручну візуалізацію проєктних рішень. Для потреб

дослідження було сформовано окремий векторний шар існуючих пунктів ДГМ. На основі цього шару здійснено побудову буферних зон відповідно до нормативних міжпунктових відстаней, що дозволило визначити ділянки території, де нормативне покриття порушене або відсутнє. Така методика відповідає рекомендаціям застосування геоінформаційних систем у кадастрових та геодезичних роботах [29].

Розрахунок оптимальних місць закладання нових пунктів ДГМ базувався на комплексному аналізі рельєфу, доступності території, рівня антропогенного навантаження, можливості забезпечення стабільності пункту, а також умов видимості для виконання геодезичних вимірювань. За допомогою інструментів QGIS було проведено аналіз цифрової моделі рельєфу, структури землекористування, транспортної доступності та потенційних зон техногенних перешкод. Просторовий аналіз дозволив визначити координатні позиції нових пунктів таким чином, щоб вони забезпечували нормативну міжпунктову відстань та можливість побудови стійкої геодезичної мережі з необхідними точнісними характеристиками, що узгоджується зі стандартами GNSS-вимірювань [26].

Важливим аспектом проектування стало дотримання вимог до структурної побудови геодезичних мереж. Нові пункти повинні утворювати раціональну конфігурацію із забезпеченням взаємної перевірки та можливістю виконання геодезичних визначень із використанням GPS/GNSS-технологій. Для цього у QGIS було змодельовано альтернативні варіанти мережі з подальшим порівнянням їх за параметрами стійкості та оптимальності. Методичні принципи побудови оптимальних мереж відображені у чинних інструкціях і науково-методичній літературі [3; 8].

У процесі проектування було опрацьовано питання нормативної точності визначення положення нових пунктів. Це охоплювало аналіз можливостей використання статичних, швидкостатичних та кінематичних GNSS-спостережень, а також застосування активних мереж постійно діючих референц-станцій (ПДРС). Використання таких технологій відповідає сучасним

вимогам до побудови геодезичних мереж високої точності та нормативам GNSS-вимірювань [26; 27].

Застосування функціоналу QGIS значно підвищило ефективність проєктування ДГМ, забезпечивши не лише просторовий аналіз, а й можливість створення наочних картографічних матеріалів. На створених картах відображено зони недостатнього геодезичного покриття, оптимальні місця розташування нових пунктів та інші ключові елементи структури мережі, що важливо для подальшого практичного впровадження результатів.

У результаті проведеного аналізу стану державної геодезичної мережі на території м. Чернівці було ідентифіковано 10 чинних геодезичних пунктів різних класів. Оцінка щільності опорної мережі засвідчила недостатність існуючих пунктів для виконання якісних топографічних зніманих у необхідних масштабах, що зумовлює потребу в її добудові відповідно до чинних нормативно-технічних вимог.

На основі розрахунку нормативної щільності геодезичних пунктів встановлено обсяги необхідного доопрацювання мережі для різних масштабів топографічних зніманих, а саме:

- для масштабів **1:10 000 – 1:25 000** потрібно додатково встановити **19 пунктів**;
- для масштабу **1:5 000 — 30 пунктів**;
- для масштабу **1:2 000 — 40 пунктів**;
- для масштабу **1:1 000 — 62 пункти**;
- для масштабу **1:500 — 119 пунктів**.

Таким чином, процес розрахунку та обґрунтування добудови ДГМ базувався на комплексному поєднанні нормативних вимог, результатів просторового аналізу та можливостей сучасних ГІС-технологій. Результати дослідження підтвердили необхідність доповнення існуючої мережі новими пунктами та дозволили сформулювати науково обґрунтовані пропозиції щодо їх розміщення, що забезпечить підвищення точності й надійності геодезичного забезпечення території та сприятиме подальшому розвитку просторової інфраструктури.

3.2. Вплив рівня топографо-геодезичного забезпечення на сталий соціально-економічний розвиток території

Рівень топографо-геодезичного забезпечення території є одним із найважливіших чинників, що визначають ефективність просторової організації міста, планування його інженерної інфраструктури, використання земельних ресурсів та реалізації містобудівних проєктів. Топографо-геодезична основа виступає базовим інформаційним ресурсом, на якому ґрунтується прийняття більшості управлінських рішень у сфері розвитку міської території. Висока точність геодезичних даних, їх актуальність та відповідність нормативним вимогам забезпечують зменшення технічних ризиків під час проектування, будівництва та експлуатації об'єктів, а також запобігають виникненню конфліктних ситуацій, пов'язаних із межами землекористування, просторовим плануванням та реконструкцією територій.

У сучасних умовах трансформації міського простору, збільшення навантаження на забудовані райони та підвищення вимог до точності інженерних вишукувань роль геодезичної мережі значно зростає. Міста, що динамічно розвиваються, потребують створення густих і стабільних геодезичних мереж, які дозволяють забезпечити проведення великомасштабних знімань для проектування будівель, дорожньо-транспортних споруд, підземних комунікацій та інженерних систем. Саме тому якісне топографо-геодезичне забезпечення виступає фундаментом сталого соціально-економічного розвитку території, оскільки від точності геопросторової основи залежить якість реалізації практично всіх видів господарської діяльності в межах міста.

Для території міста Чернівці проведений аналіз стану топографо-геодезичного забезпечення дозволив виявити актуальні проблеми, пов'язані з нерівномірністю розподілу пунктів державної геодезичної мережі та мережі згущення, а також недостатньою їхньою кількістю для виконання робіт у великих масштабах. Попри наявність мережі тріангуляції, полігонометрії та GNSS-пунктів, значна їх частина або втрачена, або не відповідає сучасним технічним вимогам. Це створює суттєві труднощі під час виконання

топографічних знімачь, кадастрових робіт, проєктування нових об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури та контролю за забудовою.

На підставі визначення нормативної щільності пунктів було виконано розрахунок необхідних обсягів доопрацювання геодезичної мережі для різних масштабів топографічних знімачь. Отримані результати засвідчили суттєвий дефіцит опорних пунктів, що зумовлює потребу у створенні додаткових закладних конструкцій на території міста. Зокрема, для забезпечення масштабів 1:10 000–1:25 000 необхідно встановити ще 19 пунктів, для масштабу 1:5 000 — 30 пунктів, для масштабу 1:2 000 — 40 пунктів, для масштабу 1:1 000 — 62 пункти, а для масштабів найбільшої деталізації — 1:500 — потрібно дообладнати мережу 119 додатковими пунктами. Такі показники підтверджують актуальність та необхідність подальшого розвитку державної геодезичної мережі для забезпечення належної точності та повноти топографо-геодезичних робіт у межах міста.

Такі показники вказують на суттєву нестачу опорної мережі для великомасштабних робіт, які сьогодні є найзатребуванішими в умовах активного міського розвитку. Відсутність належної кількості геодезичних пунктів призводить до зростання вартості виконання знімачь, збільшення тривалості робіт, необхідності виконання додаткових вимірювань, а інколи й до зниження точності отриманих результатів. Це негативно впливає як на якість інженерних проєктів, так і на планування інвестиційної діяльності в цілому.

Покращення рівня геодезичного забезпечення також впливає на економічну привабливість території. Інвестори, забудовники та інженерні компанії працюють більш ефективно за умов наявності достовірної геодезичної основи, що мінімізує кількість непередбачуваних ситуацій на ділянці, зменшує ризики перевищення кошторисів та прискорює реалізацію проєктів. У свою чергу, це сприяє підвищенню конкуренто-здатності міського середовища, збільшенню обсягу інвестицій у житлове та комерційне будівництво, що є вагомим чинником економічного розвитку території.

Окремої уваги заслуговує вплив геодезичного забезпечення на розвиток цифрових сервісів та просторових інформаційних систем. Сучасні ГІС-

платформи, міські геопортали, кадастрові системи та інформаційні моделі будівель (BIM) вимагають використання високоточних координатних даних. Наявність оновленої та густої мережі дозволяє забезпечити коректну інтеграцію даних з різних джерел, що є основою для цифрової трансформації управління містом, підвищення прозорості процесів прийняття рішень та якості надання адміністративних послуг громадянам.

Покращення геодезичного забезпечення прямо впливає також на соціальну складову розвитку міста. Завдяки якісним топографічним даним стає можливим більш ефективно планувати транспортної інфраструктури, громадського простору, реконструкції історичних районів, управління зеленими зонами та інженерними мережами. Це сприяє підвищенню комфорту проживання населення, безпеки дорожнього руху, формуванню доступного середовища та збільшенню туристичної привабливості міста.

Таким чином, підвищення рівня топографо-геодезичного забезпечення території м. Чернівці є критично важливим стратегічним завданням, що безпосередньо визначає темпи та якість сталого розвитку. Розбудова геодезичної мережі відповідно до нормативних вимог, впровадження сучасних методів GNSS-спостережень, забезпечення збереження пунктів та регулярне оновлення даних створюють надійну основу для подальшого економічного, соціального та інфраструктурного зростання міста.

Висновок до розділу 3

У розділі обґрунтовано необхідність добудови державної геодезичної мережі м. Чернівці та визначено її значення для подальшого розвитку території. Просторовий аналіз у QGIS показав, що наявні 10 пунктів не забезпечують нормативної щільності для створення топографічних планів у масштабах 1:10 000–1:500, що потребує встановлення додаткових 19–119 пунктів.

На основі моделювання рельєфу, землекористування та техногенних умов визначено оптимальні місця для нових пунктів відповідно до вимог нормативів та можливостей сучасних GNSS-технологій. Використання ГІС забезпечило обґрунтованість і наочність проєктних рішень.

Показано, що підвищення рівня геодезичного забезпечення є ключовим фактором розвитку міської інфраструктури, інвестиційної привабливості та ефективного просторового планування. Актуальна й стійка геодезична основа сприяє якісному проєктуванню, зменшенню ризиків і інтеграції міста в сучасні цифрові системи управління.

Отже, добудова ДГМ є важливим напрямом модернізації геопросторової інфраструктури Чернівців, що формує основу для сталого соціально-економічного розвитку та підвищення ефективності управління міським простором.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі здійснено комплексне дослідження теоретичних, нормативно-правових, історичних та практичних аспектів топографо-геодезичного забезпечення території міста Чернівці. Виконання поставлених завдань дозволило всебічно оцінити сучасний стан геодезичної основи міста, визначити її відповідність чинним стандартам, окреслити ключові проблеми та сформулювати науково обґрунтовані пропозиції щодо її модернізації.

Під час розгляду теоретико-методичних засад було встановлено, що топографо-геодезичне забезпечення відіграє фундаментальну роль у містобудівній діяльності, просторовому плануванні та цифровому управлінні територіями. Геодезичні дані є базовим ресурсом для проєктування будівель і споруд, ведення кадастрів, розвитку інженерної інфраструктури, моделювання ризиків та формування безпечного й збалансованого міського середовища.

Аналіз нормативно-правового регулювання засвідчив, що сфера топографо-геодезичної та картографічної діяльності в Україні ґрунтується на системі законів, державних стандартів і галузевих регламентів, які визначають вимоги до точності, структури й оновлення просторових даних. Дотримання цих вимог є ключовою умовою створення якісних картографічних матеріалів та функціонування сучасних геоінформаційних систем.

Вивчення історії розвитку геодезичних мереж Чернівців дозволило простежити їх еволюцію від мереж тріангуляції 2-го та 3-го класів до сучасних форм локальних систем опорних пунктів. Виявлено, що значна частина історичних пунктів втрачена або не відповідає чинним технічним стандартам, що обмежує можливості використання мережі у сучасних інженерно-геодезичних роботах.

Аналіз сучасного стану локальних мереж показав, що їх точність і конфігурація є недостатніми для повноцінного забезпечення великомасштабного картографування та високоточного містобудівного проєктування. Густота й просторове розташування пунктів не забезпечують нормативного покриття території, а ступінь їх збереженості потребує систематичного моніторингу.

Оцінка наявних топографічних і картографічних матеріалів продемонструвала їхню фрагментарність, недостатню актуальність та невідповідність сучасним вимогам щодо деталізації та точності. Це зумовлює низку проблем у сфері планування, кадастрової діяльності та цифрового моделювання міських процесів.

Виявлені проблеми — нестача стабільних опорних пунктів, застарілість картографічної інформації, нерівномірність просторового охоплення та обмеженість цифрових ресурсів — суттєво впливають на якість містобудівної документації та інженерного планування. Здійснені розрахунки нормативної густоти й буферного покриття підтвердили необхідність суттєвого розширення мережі: від близько 19 пунктів для середніх масштабів до понад 100 для виконання найдетальніших знімів.

На основі отриманих результатів запропоновано пріоритетні шляхи підвищення ефективності топографо-геодезичного забезпечення Чернівців, зокрема:

- модернізація геодезичних мереж з урахуванням GNSS-технологій та сучасних стандартів точності;
- створення інтегрованої цифрової бази топографічних і картографічних даних;
- впровадження системи постійного моніторингу пунктів ДГМ;
- оновлення картографічної інформації для масштабів 1:500–1:25 000;
- використання ГІС-технологій для забезпечення відкритості та оперативності просторових даних.

Узагальнюючи, можна зробити висновок, що сучасний стан топографо-геодезичного забезпечення м. Чернівці є частково задовільним для виконання оглядових картографічних робіт, але недостатнім для вирішення завдань високоточного проєктування, містобудівного моделювання та кадастрового забезпечення. Для ефективного управління міським простором необхідна модернізація геодезичної основи, створення актуальних цифрових даних та впровадження сучасних геоінформаційних інструментів.

Результати дослідження підтверджують, що формування актуальної, стабільної та технологічно сучасної системи топографо-геодезичного забезпечення є невід'ємною складовою просторового розвитку Чернівців. Оновлення та розбудова геодезичної мережі повинні стати пріоритетним напрямом розвитку інженерної та містобудівної інфраструктури міста, а також ключовим чинником його цифрової трансформації та сталого соціально-економічного зростання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 8737:2017. Геодезія і картографія. Геодезичні мережі. Загальні технічні вимоги. Київ: Мінрегіон України, 2017.
2. ДСТУ Б В.2.1-27:2006. Інженерні вишукування для будівництва. Геодезичні роботи. Київ: Мінбуд України, 2006.
3. Інструкція з побудови державної геодезичної мережі України. Київ: ГУГК при КМУ, 2001.
4. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98). Затв. наказом ГУГКК від 09.04.1998 № 56; зі змінами від 27.07.1999 № 90.
5. Про затвердження Інструкції з топографічного знімання...: Наказ ГУГКК при КМУ від 09.04.1998 № 56 // *Офіційний вісник України*. 1998. № 29.
6. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Київ, 1989. 286 с.
7. Білокриницький С. М. Геодезія. Частина I: навч. посібник. Чернівці: ЧНУ, 2011. С. 317–345.
8. Бровар М. І., Яценко В. М. Основи побудови геодезичних мереж. Київ: КНУБА, 2015.
9. Осадчий В. І., Ковальчук І. П. Геоінформаційні системи: теорія і практика. Львів: Видавництво ЛНУ, 2021.
10. Третяк К. Р. Сучасні методи трансформації та просторової прив'язки картографічних матеріалів. Київ, 2020.
11. Левчук Г. П., Новак В. В., Конусів В. Г. Основні методи й принципи інженерно-геодезичних робіт // *Прикладна геодезія*. 1981. С. 231.
12. Посібник з астрономо-геодезичних робіт. Київ, 1980. 56 с.
13. Посібник з топографічних зйомок у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 (Фототеодолітна зйомка). Київ, 1977. 126 с.
14. Збірник укрупнених кошторисних розцінок на топографо-геодезичні та картографічні роботи. Київ, 2003. 150 с.
15. Берлянт А. М. Картографія: Підручник для вузів. Москва, 2001. 336 с.

16. Геренчук К. І. Природа Чернівецької області. Львів, 1978. 160 с.
17. Жупанський Я. І. Географія Чернівецької області. Чернівці, 1993. 190 с.
18. Білокриницький С. М. Геодезичне забезпечення території Чернівецької області // *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2001. С. 202–207.
19. Білокриницький С. М., Жупанський Я. І. Проблеми раціонального використання природно-ресурсного потенціалу України // Матеріали II Всеукр. наук.-метод. конф. Чернівці, 2000. С. 8–9.
20. Білокриницький С. М. Сучасні можливості створення великомасштабних топографічних карт і планів // *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2002. С. 216–222.
21. Боровий В. О. Автоматизовані розробки і програмне забезпечення геоінформаційних технологій і кадастрів // *Інженерна геодезія*. 1998. С. 17–21.
22. Волосецький Б. І. Про точність кадастрових планів // *Геомоніторинг*. Львів, 1999. С. 89–92.
23. Жупанський Я. І. Дещо з історії топографо-картографічних робіт Чернівецької області // *Вісник геодезії та картографії*. 1998. С. 54–60.
24. Соса Р. І. Топографічне картографування території України (1920–2002 рр.) // *Землепорядне проектування*. 2006. С. 528.
25. EPSG Geodetic Parameter Dataset. OGP Surveying & Positioning Committee.
26. International GNSS Service (IGS). GNSS Surveying Manual. 2020.
27. EU Agency for Space Programmes. Galileo GNSS: Guidelines for High-Precision GNSS Measurements. 2021.
28. QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System: User Guide. Open Source Geospatial Foundation Project, 2023.
29. QGIS Documentation. User Guide/Manual. QGIS.org.