Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет природокористування
Навчально-науковий інститут заочної та післядипломної освіти
Кафедра геодезії і геоінформатики

Кваліфікаційна (дипломна) робота

освітнього ступеня «Магістр»

на тему: «**ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ДЛЯ ПОТРЕБ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ»**

Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

Виконала: студентка групи ЗВ-21 маг
Прийма Х.М.
Науковий керівник: к.е.н., доцент
Рій І.Ф.
Рецензент: _____

Львів 2022

УДК 528.4

Дослідження точності визначення площ земельних ділянок для потреб земельного кадастру. Прийма Х.М. Кваліфікаційна робота. Кафедра геодезії та геоінформатики. – Львівський національний університет природокористування, 2022.

79 с. текстової частини, 21 таблиця, 32 рисунки, 43 літературні джерела, презентація.

В роботі проаналізовано геодезичне забезпечення земельного кадастру в Україні. Наведені характеристики систем координат, що використовуються для виконання геодезичних робіт. Описано методику переходу з однієї системи координат в іншу, та процес координатного трансформування, вибір картографічної проекції для ведення земельного кадастру. Наведено переваги технологій RTK для координатного забезпечення топографо-геодезичних та кадастрових робіт. Описано методику встановлення меж та визначення площ земельних ділянок. Досліджено вплив переходу між системами координат СК-63 та УСК-2000 на зміни площі земельних ділянок. Визначено точність площ земельних ділянок з врахуванням кількості контурних точок та їх розташування.

Також у роботі приділено значну увагу питанням охорони навколишнього середовища та охорони праці.

ЗМІСТ

	ВСТУП	5
1	АНАЛІЗ ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ В УКРАЇНІ	7
1.1	Системи координат для виконання геодезичних робіт на території України	7
1.2	Аналіз принципів вибору картографічних проекцій для ведення земельного кадастру	16
1.3	Використання технології RTK для координатного забезпечення геодезичних та кадастрових робіт	21
1.4	Геодезичні вишукування як складова земельно-кадастрових робіт	26
2	ВСТАНОВЛЕННЯ МЕЖ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК	29
2.1	Порядок і методи встановлення меж земельних ділянок	29
2.2	Методи визначення площ	32
2.3	Про точність визначення площ земельних ділянок	39
3	ТОЧНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК	42
3.1	Вплив переходу між системами координат СК-63 та УСК-2000 на площі земельних ділянок	42
3.2	Точність визначення положення меж та площ земельних ділянок для інвентаризації земель населених пунктів	56
3.3	Дослідження точності визначення площ земельних ділянок з врахуванням кількості контурних точок та їх розташування	58
3.4	Аналіз методів оцінювання точності визначення площ земельних ділянок	61
4	ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	65
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ	68
	ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	74
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	75

ВСТУП

Актуальність теми. Нормативно-правове і технічне забезпечення при ринкових земельних відносинах відіграє ключову роль для визначення земельної ділянки з усіма її атрибутами. Прийняття законів про "Ринок землі" та "Земельний кадастр" законодавчо врегулює питання купівлі продажу землі. Проте ще не набули кваліфікованого розгляду нормативні питання координування та встановлення меж і точності визначення земельної ділянки. Значення площі земельної ділянки в державному акті на право власності встановлюється з точністю до 1 м^2, це значення вноситься в електронну базу даних при перевірці обмінного файла і приймається як фіксована незмінна характеристика ділянки при переході власності на неї до іншої особи. Проте ця величина площі ділянки не завжди відповідає фактичному розміру площі на місцевості.

Тому питання точності (гранична похибка і середня квадратична похибка (СКП) визначення площі) та встановлення меж земельної ділянки повинно зайняти належне місце в інструктивних вимогах.

Стан вивчення проблеми. Питанням точності визначення площ земельних ділянок і координат межових знаків займались багато вітчизняних вчених, а саме: Аврамчук Б.О., Патюк О.О., Барановський В.Д., Боровий В., Зарицький О., Брынь М., Бугаевский, Л. М., Віват А.Й, Літинський В.О., Граур Г.А., Дутчин М. Задемленюк А.В. Заєць І.М., Карпінський Ю.О. Лященко А.А., Кубах С.М. Кучер О.В. Ланьо О.В., Савчук С.Г., Маркузе М.Ю. Маслов А.В. Охрімчук А.Ю., Петров С.Л., Церклевич А.Л., Смірнов Є. І., Черняга П.Г.

У роботах [14, 15, 28, 34, 36] пропонується технологія проведення геодезичних вимірів, яка полягає у подвійному визначенні координат кутів повороту меж. Наведені граничні і середні квадратичні похибки визначення площ для різних за розмірами ділянок, які мають форму квадрата і прямокутника з різною видовженістю. Встановлені граничні похибки у значеннях площі ділянки за результатами її подвійного обчислення залежно від

адміністративно-територіального поділу, з врахуванням розміру, форми, точності і щільності знімання контура.

На нашу думку, для детальнішого аналізу впливу кількості контурних точок на оцінку точності визначення площі земельної ділянки необхідно також враховувати їх розташування за периметром ділянки і форму (видовженість) ділянки.

Об'єктом дослідження є земельні ділянки різної форми та конфігурації.

Предметом дослідження є площі земельних ділянок та оцінка точності визначення їх площі.

Мета дослідження Мета магістерської роботи – дослідження точності визначення площ земельних ділянок для потреб земельного кадастру.

Для досягнення мети вирішуються наступні завдання:

1) аналіз існуючих методів визначення площ земельних ділянок для потреб державного земельного кадастру;

2) аналіз супутникових технологій для координатного забезпечення кадастрових робіт;

3) аналіз картографічних проекцій для ведення земельного кадастру;

4) дослідження впливу на площі земельних ділянок при переході від однієї системи координат до іншої.

Практичне значення результатів дослідження. Практичне значення одержаних результатів магістерської роботи полягає у можливості застосування результатів досліджень щодо оцінки точності визначення площ земельних ділянок для цілей землеустрою.

1. АНАЛІЗ ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ В УКРАЇНІ

1.1 Системи координат для виконання геодезичних робіт на території України

Державна геодезична мережа (ДГМ) України є геодезичною основою топографічних знімань в усіх масштабах та забезпечує єдність координатного поля на території держави. Вона повинна задовольняти вимоги безпеки та оборони країни, потреб народного господарства і слугує базою для гарантування прав власності, зокрема на землю. Для цього на всій території країни необхідно мати систему геодезичних пунктів, координати яких обчислені в єдиній системі.

Система координат 1942 року (скорочена назва СК-42) це система плоских прямокутних координат, заснована на проєкції Ґавсса-Крюґера, яка існувала з половини XIX ст. до 60-тих років XX ст. Система була створена методами полігонометрії, тріангуляції та трилатерації, які опиралися на пункти, координати яких були визначені з астрономічних спостережень. Її параметри: центр еліпсоїда Красовського збігається початок системи координат; референц-еліпсоїд Красовського – a=6378,1 км, f=1/298,3; висота геоїда в Пулково над референц-еліпсоїдом дорівнює нулю.

Система координат 1963 року (скорочена назва СК-63) - умовна система координат, яка похідна від СК-42, але не референцна. Створена в 60-тих роках XX ст., але невдовзі була скасована постановою ЦК КПРС. СК-63 ґрунтується на 3° зонах проєкції Ґавсса-Крюґера. За математичним обґрунтуванням – це така ж система Ґавсса-Крюґера, зміна тільки у побудові номенклатурного ряду базових карт масштабу 1:100000. Система висот Балтійська. Застосовуючи сучасні ҐНСС для визначення координат в СК-63, необхідно спотворити дійсні координати, вносячи поправки в результати вимірювань. Для цього, кожна мережа перманентних станцій повинна створювати «grid файл поправок», який

буде відображати спотворені координати з найкращою точністю. Неоднорідність геодезичної мережі є одним з основних недоліків систем СК42 і СК63. Недоцільність використання цих систем координат на практиці підтвердили безліч досліджень.

На сьогодні офіційною системою координат в Україні є УСК-2000. Багато сил і часу потребувало введення цієї системи координат. Першим законодавчим актом, який запровадив УСК 2000 на території України, була постанова від 22 вересня 2004 р. № 1259 "Деякі питання застосування геодезичної системи координат". З 2 грудня 2016 року набув чинності наказ № 509 «Про затвердження Порядку використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою».

Система координат УСК-2000 повністю узгоджена з Міжнародною загальноземною референцною системою координат ITRS/ITRF2000 на епоху 2005 р., яка закріплена пунктами космічної геодезичної мережі. Висоти пунктів визначені в Балтійській системі висот 1977 року, за початок відліку є нуль Кронштадтського фудтштока. Висота квазігеоїда визначається над еліпсоїдом Красовського [29]. За поверхню відліку в УСК-2000 прийнятий референц-еліпсоїд Красовського з такими параметрами: а= 6378245м; f= 1/298,3.

Положення пунктів у системі УСК-2000 визначаються:

координатами X, Y, Z - просторові прямокутні координати (з віссю обертання еліпсоїда співпадає вісь Z, вісь X лежить в площині нульового меридіану, а вісь У доповнює систему до правої;

початком системи координат - центр еліпсоїда);

координатами *x* та *y* - плоскими прямокутними (обчислюються в проєкції Гавсса-Крюґера);

геодезичними координатами: довготою – L, широтою – B та висотою – H;

висота H (геодезична) утворюється, як нормальна висота плюс висота квазігеоїда над еліпсоїдом Красовського.

Також на території України, а саме для кожної області, АР Крим, міст Київ та Севастополь є свої місцеві системи координат. Місцеві системи

координат (МСК) – системи координат, які зв’язані з Державною системою координат УСК2000 та встановлені на території України.

Паспорт місцевої системи координат – це сукупність технічних характеристик місцевої системи координат. Паспорти кожної МСК розміщено на сайті Державної геодезичної мережі України [27].

Координатна операція *(coordinate operation)* зміна координат, що базується на відношенні типу один-до-одного, від однієї референцної системи координат до іншої.

Координатна операція включає поняття координатного трансформування та координатного перетворення. Перетворення від еліпсоїдної системи координат, що базується на даті WGS 84 до декартової референсної системи координат, що також базується на даті WGS 84, або зміна одиниць, таких як радіани, в градуси, або таких, як фути, в метри.

Координатне перетворення *(coordinate conversion)*- координатна операція, в якій обидві референцні системи координат базуються на одній і тій же даті. Координатне перетворення використовує параметри, що мають визначені значення, що отримані не емпіричним шляхом.

Перетворення координат:

- визначення прямокутних координат x, y в проекції Ґавсса-Крюґера по геодезичним координатам B та L
- визначення геодезичних координат B та L по прямокутним координатам x, y в проекції Ґавсса-Крюґера
- перерахування координат по за заданими параметрами перетворення (дійсні теоретичні значення параметрів відомі).

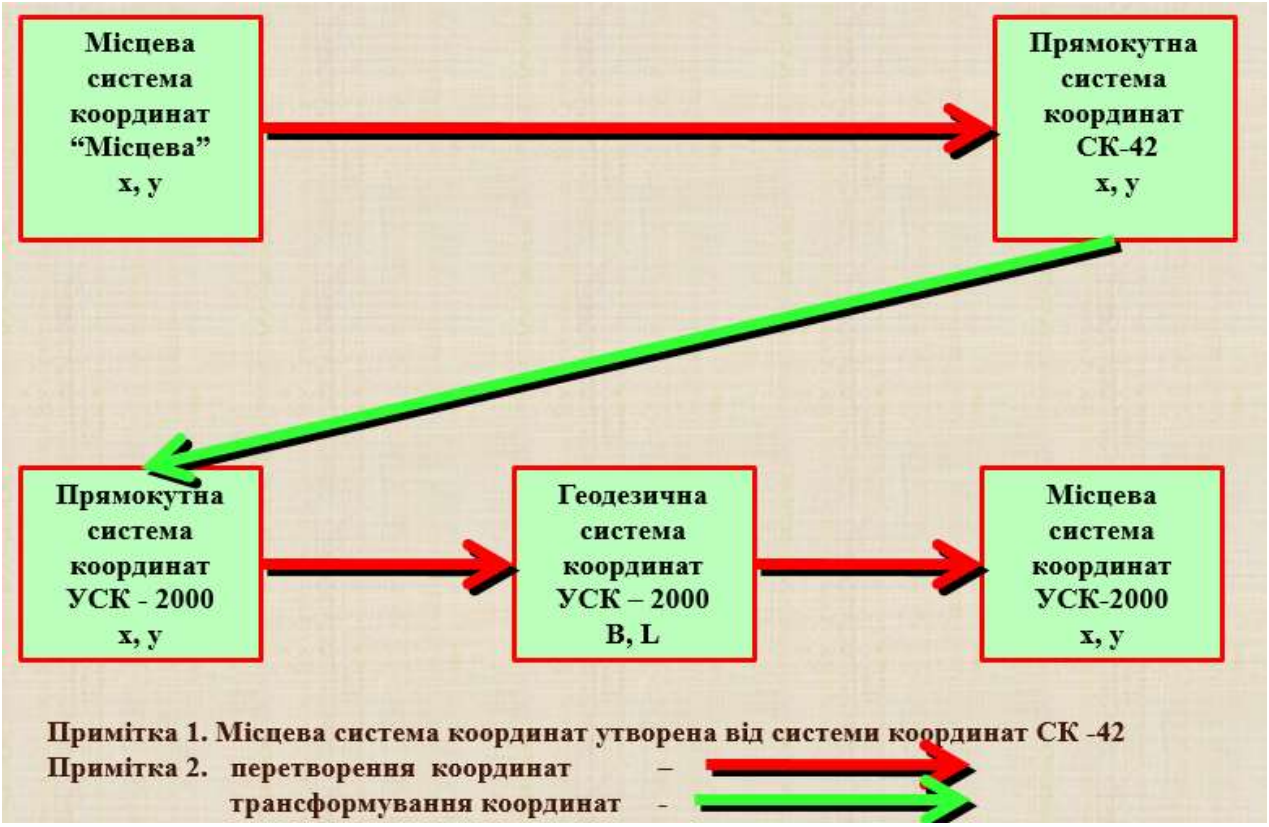


Рис. 1.1. Перехід від місцевої системи координат «Місцева» до місцевої системи координат в УСК 2000.

Рис. 1.2. Перехід від місцевої системи координат «Місцева 2» до місцевої системи координат в УСК 2000.

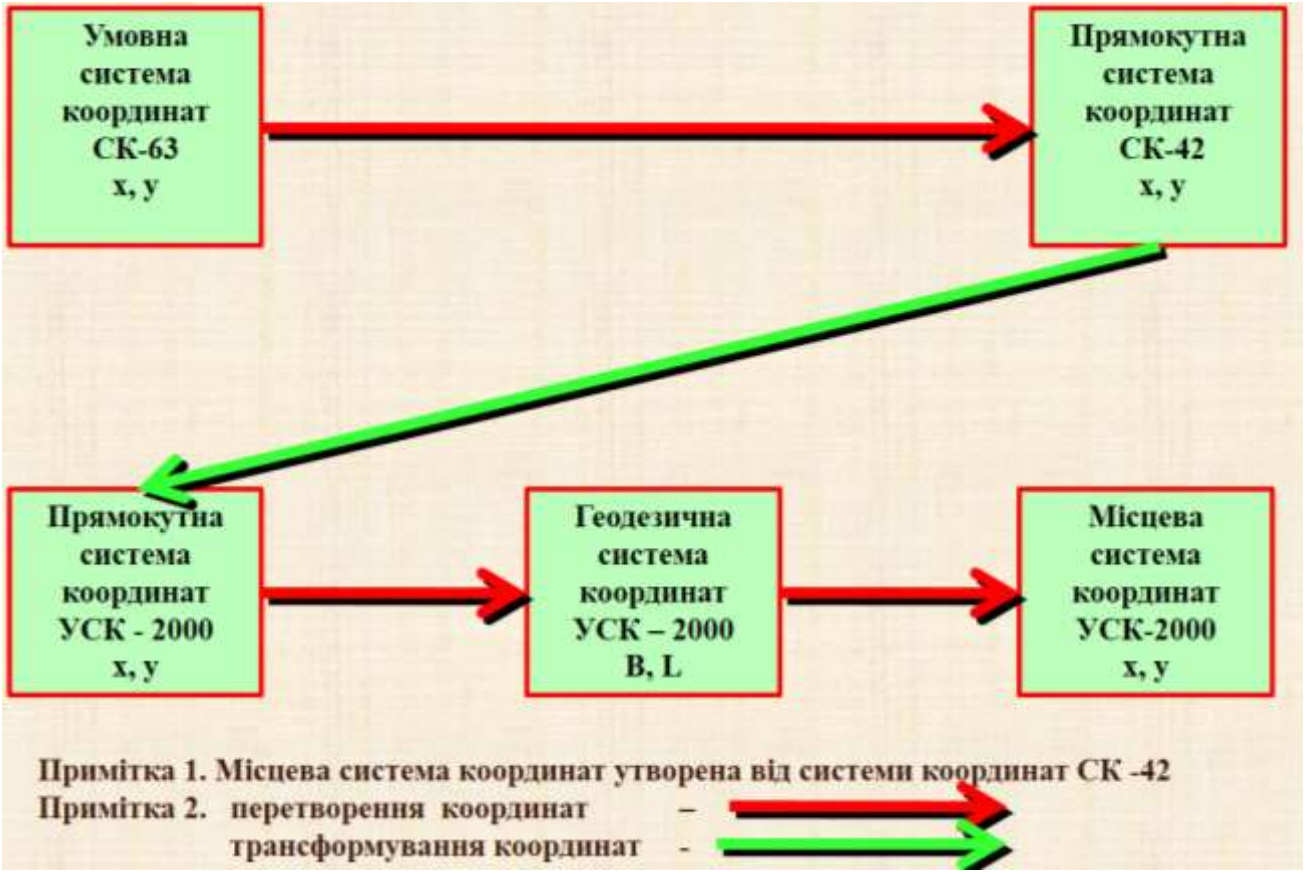


Рис. 1.3. Перехід від умовної системи координат СК-63 до місцевої системи координат в УСК 2000.

Координатне трансформування *(coordinate transformation)* координатна операція, в якій дві референцні системи координат базуються на різних датах.

В координатній трансформації використовують параметри, отримані емпірично через набір точок із відомими координатами в обох референцних системах координат.

Трансформування координат:

- визначення параметрів переходу в результаті побудови інтерполяційної або апроксимуючої функції по опорним (суміщеним) точкам, координати яких задані у вхідній та вихідній системах координат
- застосування афінного трансформування методом скінченних елементів на основі тріангуляційної моделі поля (TIN – моделі)

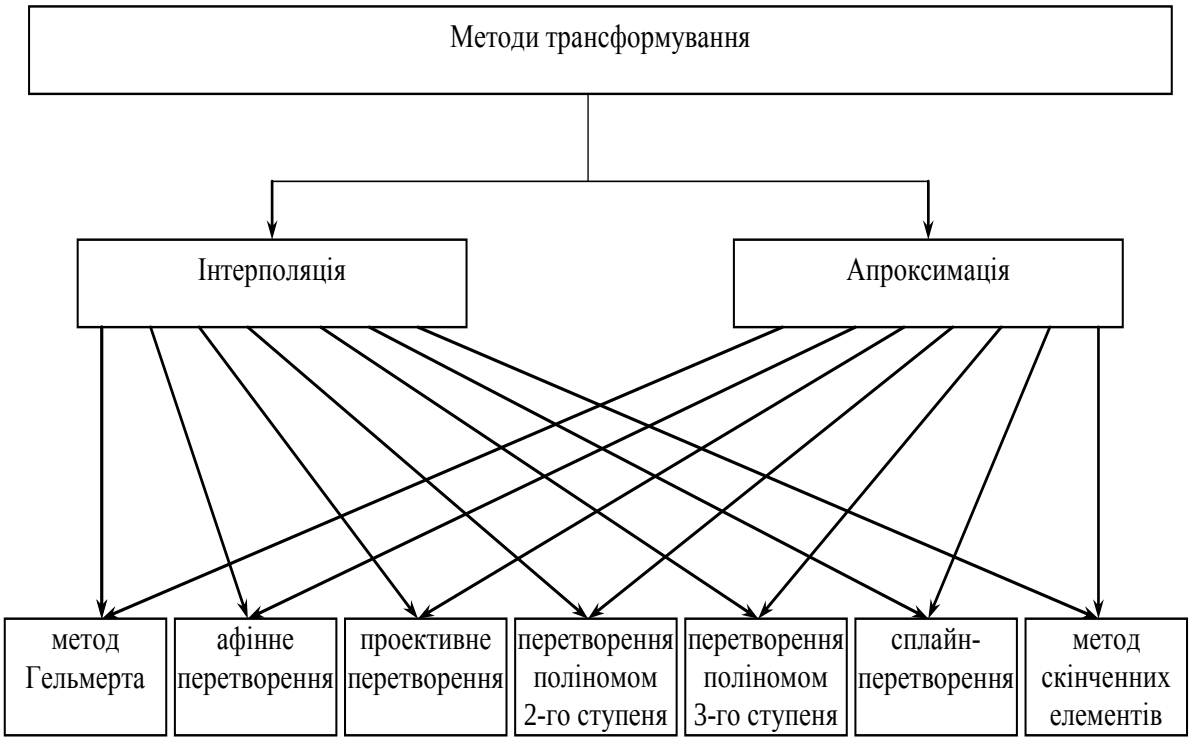


Рис. 1.4. Схема класифікації методів трансформування растрових зображень

Метод Гельмерта виконується поворот растрового зображення, плоскопаралельний зсув растрового зображення уздовж осей X та У, масштабування растрового зображення, при якому масштабні коефіцієнти вздовж осей X та У рівні.

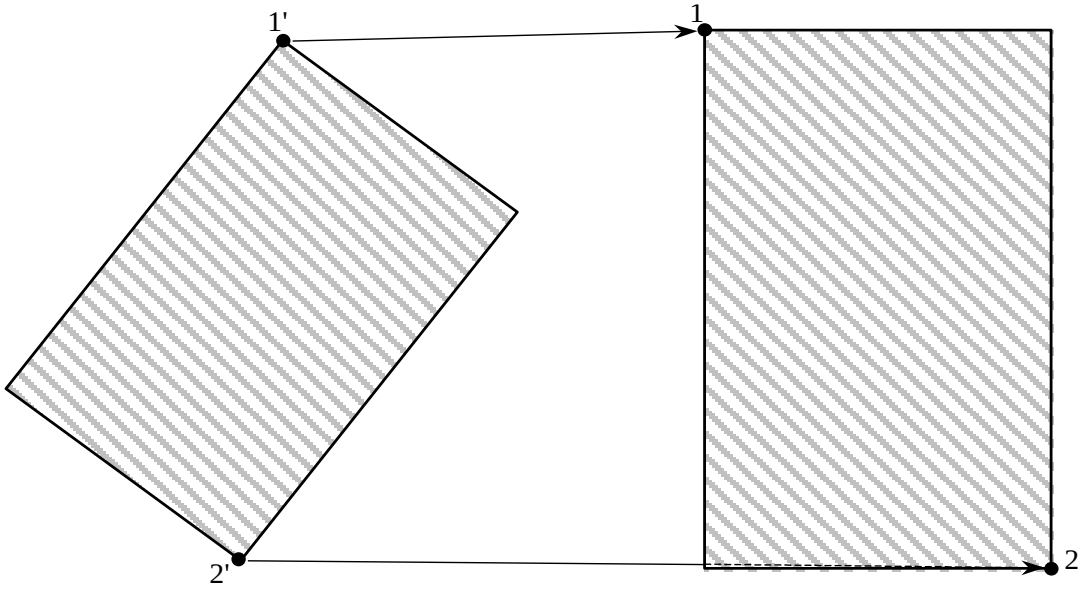


Рис. 1.5 Трансформування за методом Гельмерта

Трансформування за методом Гельмерта є конформним, що забезпечує перетворення фігури, у подібну при якому кути зберігаються а довжини ліній пропорційні.

Метод афінного перетворення виконується поворот растрового зображення, плоскопаралельний зсув растрового зображення уздовж осей X та У, масштабування растрового зображення, при якому масштабні коефіцієнти вздовж осей X та У неоднакові. Зміна конформності растрового зображення.

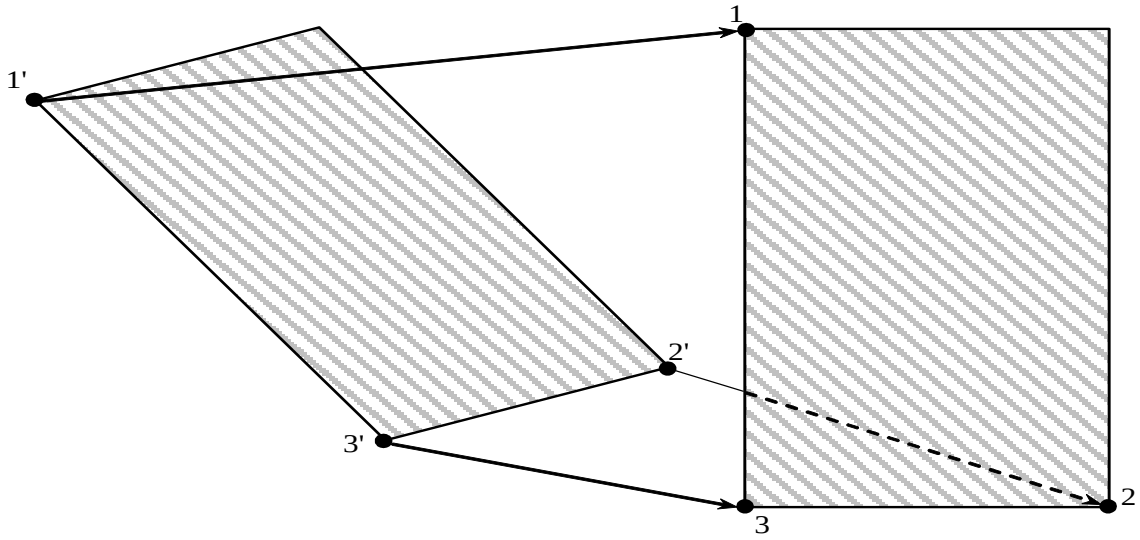


Рис. 1.6 Афінне перетворення

Методом проективного перетворення виконується проективне перетворення однієї плоскої фігури в іншу.

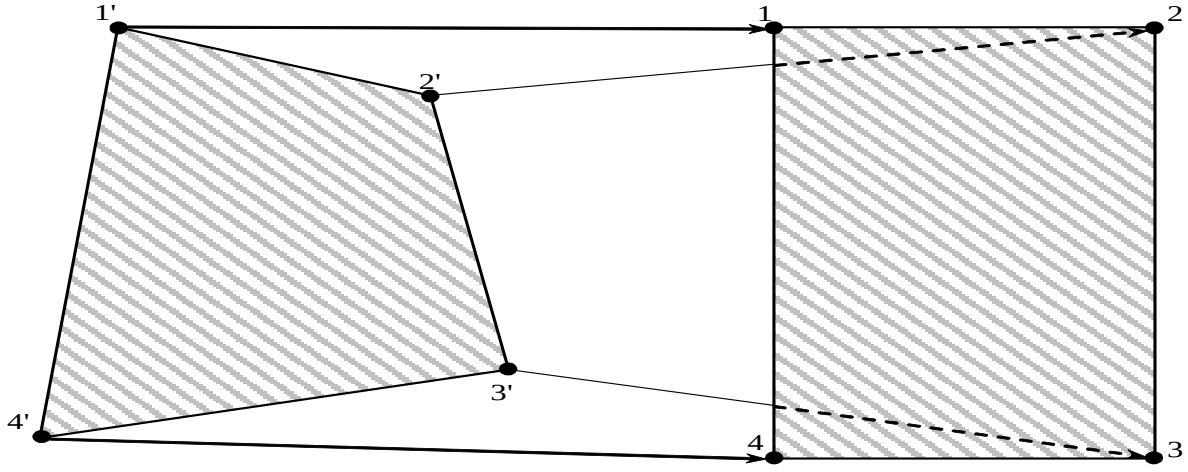


Рис. 1.7. Проективне перетворення

Виконується нелінійне перетворення однієї плоскої фігури в іншу в методі перетворення поліномом 2-го ступеня.

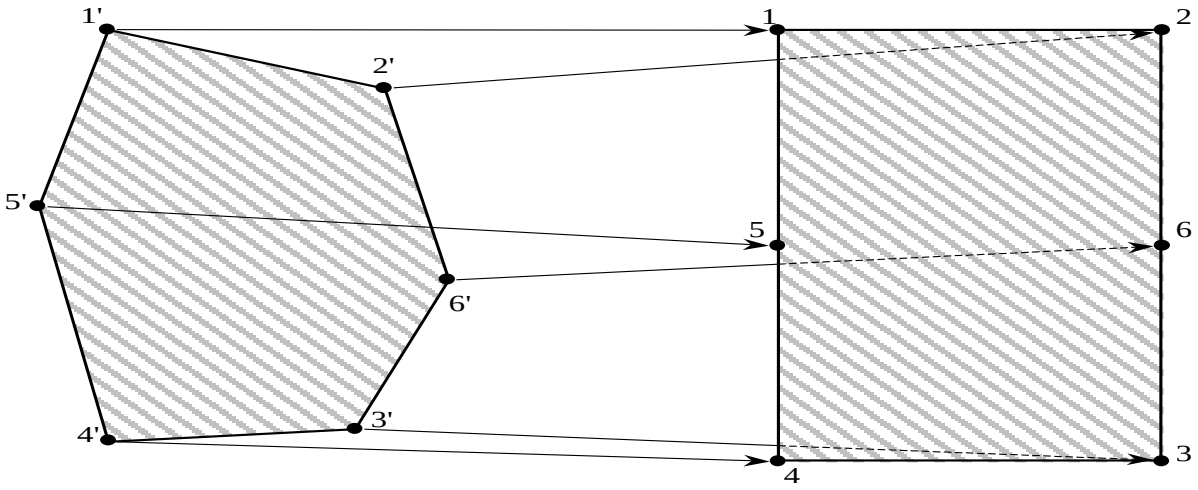


Рис. 1.8. Перетворення поліномом 2-го ступеня

Методом перетворення поліномом 3-го ступеня виконується нелінійне перетворення однієї плоскої фігури в іншу в.

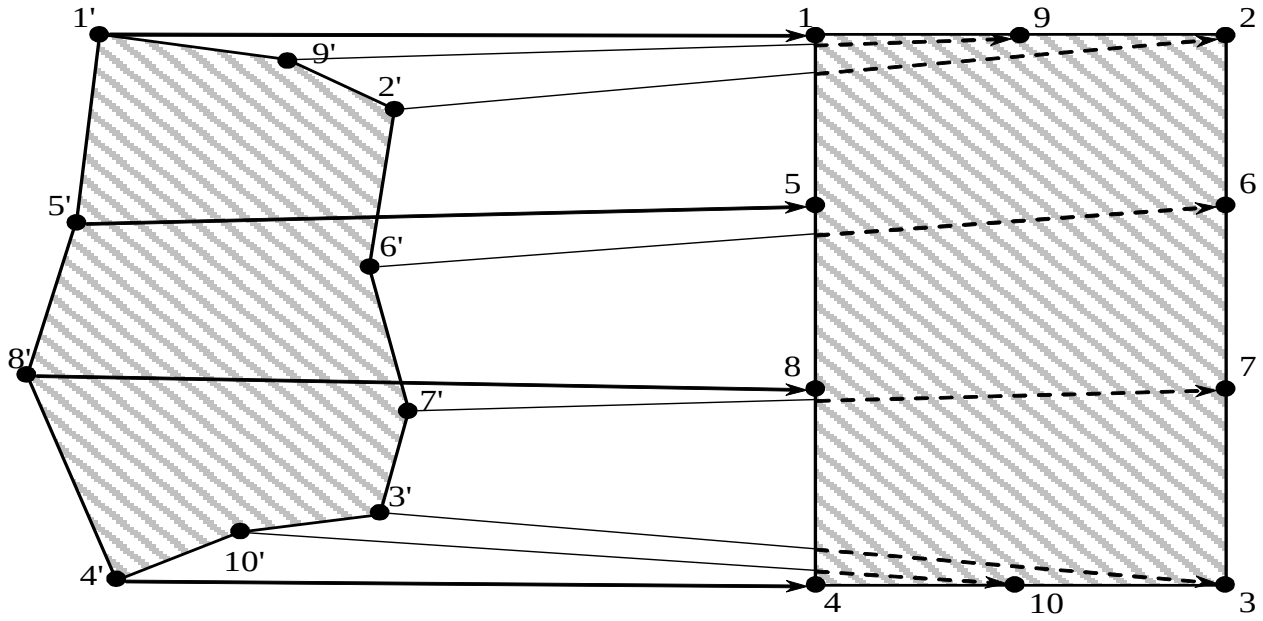


Рис. 1.9. Перетворення поліномом 3-го ступеня

Трансформування растру методами побудови поліномів 2-го чи 3-го ступеня виконується при наявності значних нелінійних спотворень растрового зображення та великої кількості опорних точок. Побудова інтерполяційного поліному не забезпечує достатньої точності трансформованого растрового зображення оскільки спотворення виправляється найкраще поблизу опорних точок, а де низька густина опорних точок залишається із значною величиною.

Кубічний сплайн, як кусково безперервна функція характеризується мінімальною кривиною, точно повертає координати опорних точок.

За методом скінчених елементів вхідне растрове зображення розчленовується на скінчені елементи – трикутники. (рис. 1.10)

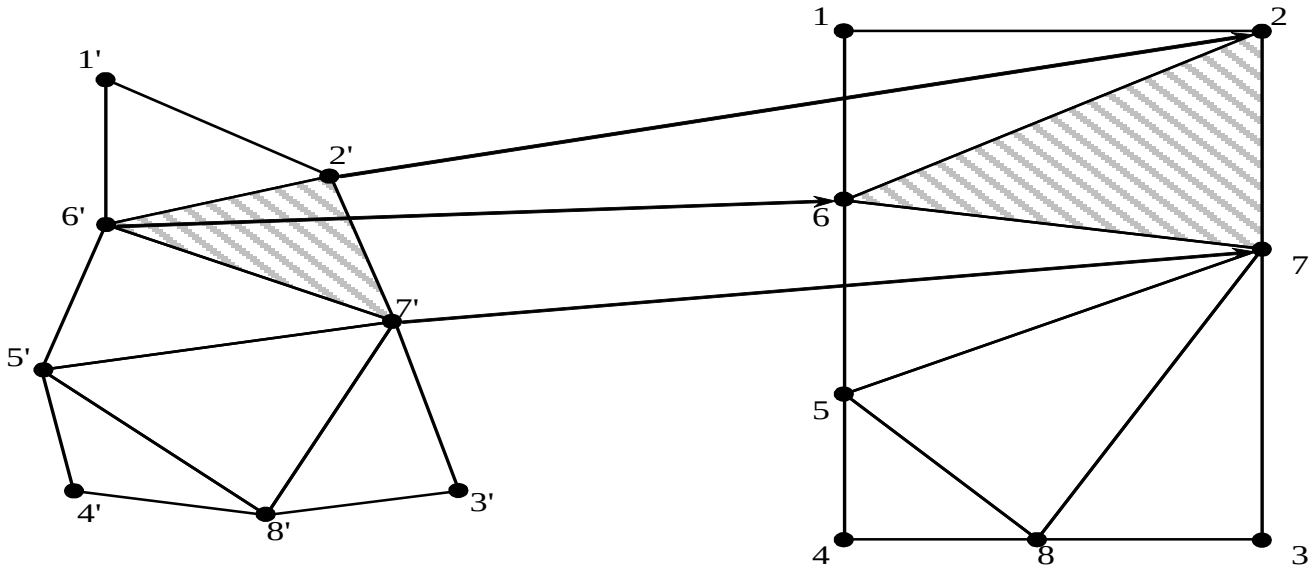


Рис. 1.10. Перетворення за методом скінченних елементів

Реалізується задача трансформування координат у двовимірному полі. Афінне трансформування будь-якої точки із системи координат у іншу систему має вигляд:

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_x \cos\theta_x & m_y \sin\theta_y \\ m_x \sin\theta_x & m_y \cos\theta_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix}$$

Для афінного трансформування методом скінченних елементів характерні такі особливості: визначення параметрів трансформування для кожного трикутника залежить тільки від координат вершин трикутника; при трансформуванні координат кожна точка (вершина трикутника) в одній системі координат точно “переходить” в ідентичну точку (вершину трикутника) в іншій системі координат; трансформування є неперервним, оскільки точки, які лежать на ребрах трикутників в одній системі координат трансформуються в точки, які лежать на ребрах перетворених трикутників в іншій системі координат, незалежно від того, які при цьому використовувались параметри трансформування суміжних трикутників; збільшення кількості та щільності

суміщених точок у деяких областях викликає тільки локальне уточнення параметрів трансформування, причому параметри трансформування в інших областях залишаються незмінними.

1.2 Аналіз принципів вибору картографічних проекцій для ведення земельного кадастру

Масштабність земельної реформи в Україні потребує актуальної, достовірної та різноманітної інформації про стан земельного фонду держави. Реалізація та насиченість такого інформаційного забезпечення здійснюється шляхом ведення земельного кадастру, який являє собою сукупність обов’язкових відомостей та документів про природний, господарський та правовий режим земель, їх розподіл серед землевласників і землекористувачів. Створення і ведення земельного кадастру потребує розв’язання проблем, пов’язаних з отриманням та використанням просторових даних про земельні ділянки.

Інформаційна основа земельного кадастру створюється в результаті виконання робіт з інвентаризації земель і кадастрових зйомок. Ці роботи охоплюють величезні території: населені пункти, райони, області. Межування і кадастрові зйомки є головним джерелом надходження просторових даних, які являють собою зміст земельного кадастру. Просторові дані за змістом, структурою і точністю представлення повинні відповідати вимогам, які випливають з конкретних цілей і завдань земельного кадастру. Для створення системи реєстрації прав власності на землю, їх ефективного захисту, здійснення державного моніторингу за використанням й охороною земель необхідним є виконання робіт з визначення меж адміністративно-територіальних утворень, розмежування земель різних форм власності, встановлення меж земельних ділянок особливого використання, результатами яких є створення земельно-кадастрових карт.

До сфери інтересів земельного кадастру належать питання систематизації та реєстрації земельних ділянок й об'єктів нерухомості, землеустрою,

інвентаризації об'єктів містобудівної діяльності, здійснення економічної, екологічної та грошової оцінки земель, моніторингу стану земель, земельного контролю та контролю за станом навколишнього природного середовища. Просторові дані, якими потрібно оперувати в питаннях земельного кадастру, за структурою, змістом і точністю представлення мають бути відповідні конкретним цілям і завданням, які забезпечуються кадастровими роботами. Інформаційна основа земельного кадастру створюється в процесі виконання кадастрових зйомок та інвентаризації земель, результатом є створення кадастрової карти. Концепція кадастрової карти повинна бути спрямована на розв’язання завдань у сфері земельного кадастру, відображати земельно-кадастрову специфіку, та мінімалізацію ступеня топографо-геодезичної основи, покликану лише забезпечувати наочність місцеположення об’єктів земельного кадастру з прив’язкою до об’єктів місцевості.

Певні геодезичні проєкції використовуються у кожній системі координат. Найрозповсюдженою є конформна (рівнокутна) проєкція, враховуючи спотворення, необхідно вводити одинакові значення поправки в довжину лінії.

Картографічні проєкції використовують певні математичні формули для зв’язку еліпсоїдних координат з плоскими координатами. Картографічних проєкцій є досить багато. У різних проекціях – різні спотворення.

Топографо-геодезичні та картографічні роботи у сфері землеустрою та кадастру мають певну специфіку, що позначається на методах їх виконання, складі та формі подання даних. Основним фактором, що визначає всі параметри земельно-кадастрових зйомок, є вимоги до точності та детальності відображення кадастрових об’єктів. Для забезпечення потрібної точності відображення облікової одиниці площі похибка (гранична) точок знімального обґрунтування і межових знаків відносно найближчих пунктів державної геодезичної сітки не повинна перевищувати: у містах загальнодержавного й обласного підпорядкування – 10 см; у містах районного підпорядкування, у селищах – 20 см; у селах – 40 см. Помилка взаємного положення суміжних точок межі не повинна перевищувати 0,1 мм у масштабі плану.

Аналізуючи допуски точності визначення площ територій і положення точок поворотів меж у земельному кадастрі, можна дійти висновку, що ці основні технічні характеристики є надто узагальненими. Вони не відображають ні функціонального призначення земельних ділянок, ні їх розміщення, ні їх ринкової вартості. У визначенні цих показників не береться до уваги також те, що нині змінилися технології виконання геодезичних робіт, що пов'язано із широким застосуванням сучасних електронних геодезичних приладів та супутникових технологій визначення положення точок земної поверхні. Їх можливості спонукають переглянути підходи до формування критеріїв вимірювальних робіт під час виконання земельно-кадастрових зйомок.

Для автоматизованої інформаційної системи земельного кадастру, основаній на використанні тієї чи іншої ГІС, об'єктом слугує цифрова кадастрова карта. Для цифрової карти, на відміну від паперових носіїв, масштаб вже не є утворювальним фактором у визначенні характеристик точності та детальності відображення об'єктів. Він стає показником, що регламентує зміст і ступінь узагальнення зображуваних об'єктів.

Кадастрова карта як картографічна компонента інформаційної основи системи земельного кадастру, призначена для наочного відображення результатів визначення місцеположення земельних ділянок, їх меж і площі, є інструментом управління земельними ресурсами. Всі об'єкти, представлені на кадастровій карті, мають просторову прив'язку; їх положення визначається в певній системі координат. Для кадастрових зйомок може бути використана як державна, так і місцева система координат, для якої потрібно визначати параметри переходу до державної системи координат.

Вибір картографічної проекції та рекомендацій щодо її застосування докладно розглянуто у працях, за якими вже традиційно вирішуються ці питання: навчальний посібник Д.В. Граур [11], атлас для вибору картографічних проекцій Г.А. Гінзбурга та Т.Д. Салманова [11]. Нині в Україні питанням пошуку та досліджень оптимальних картографічних проекцій розв'язують провідні вчені під егідою Науково-дослідного інституту геодезії і

картографії [2; 3; 20] - В.Д. Барановський, Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко та ін.

На вибір проекцій впливає багато чинників: географічні особливості території картографування (положення, форма, розміри, конфігурація); характеристики створюваної карти (призначення, масштаб, тематика); умови та способи використання карти (коло завдань, які вирішують за допомогою карти); особливості самої проекції (величина спотворень, їх розподіл по території об'єкта, складність врахування, форма картографічної сітки, кривина ліній та ін.).

Перші три фактори є первинними; вони задають й обґрунтовують вибір проекції. Четвертий фактор, що характеризує проекцію, залежить від зробленого вибору та слугує для його оцінювання.

У виборі проекції важливо визначити значущість кожного з факторів. Співвідношення між ними можуть бути різними, тому можливі будь-які комбінації та, як наслідок, різні варіанти проекцій.

Об'єктами спеціального змісту земельно-кадастрових карт мають бути: земельні ділянки, їх межі; одиниці кадастрового зонування; об'єкти адміністративно-територіального поділу; межі функціональних зон.

Домогтися мінімальних спотворень площ земельних ділянок є основною умовою успішного складання земельного кадастру. Система координат, яку нині застосовують для кадастрового обліку, створена на базі поперечно-циліндричної проекції Ґавсса–Крюґера, за своєю точністю є не зовсім задовільною та суперечить сучасним тенденціям, згідно з якими ускладнення математичного апарата створення проекції не впливає на швидкість опрацювання даних. Створюючи нові системи координат, потрібно розглядати всі можливі варіанти використання проекцій, оскільки в першу чергу треба брати до уваги питання оптимальності, точності та взаємозв'язку.

Проблема вибору картографічних проекцій та систем координат для кадастрового картографування полягає в необхідності одночасного досягнення рівності між фактичними вимірами на земній поверхні та значеннями,

обчислюваними на планах, та накопичення і сумісного використання геопросторових даних про земельні ділянки на значній території, що потребує врахування кривини Землі. Перетворення координат із локальної (місцевої) прямокутної системи в іншу, створену на основі однієї з загальновідомих картографічних проекцій (Ґавсса–Крюґера, UTM тощо), для великих об’єктів, особливо на краях зон, призводить до методичних похибок трансформування, які перевищують точність сучасних GPS-вимірювань або класичних геодезичних побудов. У виборі картографічних проекцій простежується основна теза – важливо брати до уваги характер і максимальні величини спотворень в межах зображуваної області, а вони залежать від призначення і змісту карти. Для різних умов слід порівнювати різні види проекцій й обрати найбільш доцільну, в якій характер спотворень перебуває в межах трьох відомих градацій: рівновеликі, рівнопроміжні, рівнокутні. Відомі також випадки, коли не можна обмежуватися використанням проекцій поширених класів, натомість доводиться порівнювати проекції, різноманітні за характером спотворень. В деяких випадках виявляється, що жодна з раніше відомих проекцій не може дати достатньо зваженого рішення, отже, постає потреба видозмінити одну з відомих проекцій або знайти цілком нову, найбільш відповідну сукупності висунутих вимог.

У теорії математичної картографії питання вибору найкращих конформних проекцій (теорема академіка П.Л. Чебишева, строге доведення академіка Д.А. Граве, практична реалізація проф. Н.А. Урмаєва [13]) досить добре вивчене. Але розробка теорії і способів отримання найкращих рівновеликих і довільних за характером спотворень проекцій перебуває в початковій стадії. Тому загальне питання розробки проекцій, що оптимально задовольняють всім вимогам до математичної основи карт певного призначення і територіального охоплення, потребує подальшого вивчення.

Проведення земельної реформи потребує належного інформаційного забезпечення, тобто наявності достовірної й актуальної інформації про земельний фонд держави. Таке інформаційне забезпечення реалізується шляхом

створення державного земельного кадастру. Застосування системного підходу до організації інвентаризації земель для ведення державного земельного кадастру, виконання на високотехнологічному рівні топографічних і земельно-кадастрових знімань із використанням супутникових навігаційних систем потребує обґрунтування і вибору математичної основи та структури системи координат і картографічної проекції для накопичення геопросторових даних, відповідних сучасним вимогам щодо точності створення карт земельно-кадастрового покриття як для окремої земельної ділянки, так і для значних територій (населених пунктів, районів, областей, держави), а також цілям та завданням земельного кадастру та управління земельними ресурсами.

1.3 Використання технології RTK для координатного забезпечення геодезичних та кадастрових робіт

На сьогоднішній день все частіше у виконанні кадастрових знімань використовують метод ҐНСС, а саме режим RTK. Але в Україні практично відсутнє нормативне забезпечення цього методу знімання.

Наказ «Про порядок використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою», затверджений Міністерством аграрної політики та продовольства України 02 грудня 2016р. №509, є лише одним нормативним документом що регламентує застосування ҐНСС методів. На основі цього документу можна використовувати технологію RTK з перевіркою диференційного поля координатних поправок, що дають мережі ҐНСС. Для перевірки диференційного поля контроль потрібно здійснити мінімум на 2 пунктах ДГМ або ГМЗ. Координати пунктів ДГМ і ГМЗ потрібно отримати в банку геодезичних даних. Згідно цього документу для опрацювання супутникових спостережень потрібно використовувати програмне забезпечення фірм-виробників приймачів ҐНСС.

У [1, 7, 8, 23, 39] проведені дослідження визначення координат і висот у режимі RTK (метод ҐНСС). На основі цих дослідженнях показано, що режим RTK може замінити класичні методи геодезії, як і в роботах з кадастру, так і в інженерно-геодезичних роботах.

У процесі здійснення державного управління важлива інформаційна складова, яку отримують, у тому числі, під час проведення кадастрової зйомки. Перелік послуг, що надаються органами державної влади, постійно розширюється, а якість надання послуг населенню удосконалюється. Так, згідно з Порядком ведення Державного земельного кадастру, при отриманні доступу в режимі читання можливе одержання відомостей щодо топографо-геодезичної і картографічної основи, державного кордону, земель у межах територій адміністративно-територіальних одиниць (назва, опис меж, площа, угіддя, економічна та нормативна грошова оцінка та ін.), обмежень у використанні, земельної ділянки (кадастровий номер, місце розташування, опис меж, площа, довжини ліній по периметру, координати поворотних точок меж, прив’язка поворотних точок меж до пунктів Державної геодезичної мережі (ДГМ), якісний стан земель та бонітування ґрунтів, цільове призначення та ін.).

У сучасних умовах кадастрові знімання виконуються переважно електронними тахеометрами, що надає змогу вимірювати відстані до 1 км і більше, а середні квадратичні похибки вимірювання відстаней при цьому рідко перевищують 5 мм, кутів – 7. Як наслідок, точність і якість результатів кадастрових зйомок підвищується.

Відповідно до законодавства виконання топографо-геодезичних та картографічних робіт починаючи з 1 січня 2007 р. здійснюється із застосуванням Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000, однак на практиці діють й інші системи геодезичних координат. Тому актуальне питання дослідження взаємозв’язків між існуючими системами координат та геодезичне забезпечення земельного кадастру в цілому.

Введена в дію система координат УСК-2000 забезпечила ефективне використання GNSS технологій у топографо-геодезичному виробництві, що

мають значні переваги порівняно з традиційними геодезичними технологіями. УСК-2000 отримана в результаті сумісного зрівнювання пунктів Української перманентної мережі спостережень глобальних навігаційних супутникових систем та Державної геодезичної мережі 1-4 класів і закріплена пунктами Державної геодезичної мережі. Однак донині під час проведення геодезичних робіт, зокрема для цілей земельного кадастру, застосовуються різні геодезичні системи координат (СК-42/СК-63, УСК-2000, місцеві системи координат). Виявлення невідповідностей між даними Публічної кадастрової карти України та даними щодо місця розташування і площ земельних ділянок, вказаних у земельно-кадастровій документації, дозволяє стверджувати про недосконаліть механізму представлення геодезичних даних. Тому доцільно провести аналіз процесу їх отримання.

З 6 жовтня 2015 р. Міністерство юстиції відкрило доступ до Державного реєстру речових прав на нерухоме майно, інформація з якого може надаватися щодо об’єкта нерухомого майна і щодо суб’єкта права. Також Державна служба геодезії, картографії та кадастру відкрила доступ до реєстру власників земельних ділянок, запустила онлайн-послуґу замовлення виписки про нормативно-грошову оцінку землі, що необхідна при здійсненні цивільно-правових угод щодо земельних ділянок та прав на них.

Розширення державних послуг призводить до необхідності вдосконалення геодезичного забезпечення кадастру, оскільки геодезичні дані є основою, до якої прив’язується будь-яка інша кадастрова інформація.

До результатів геодезичного забезпечення кадастру належать координати межових знаків, площі ділянок, координати вершин об’єктів нерухомості в межах ділянок та їх площі. Ці значення одержують у результаті проведення геодезичних робіт, координатною основою яких є ДГМ України та місцеві геодезичні мережі.

Для підтримки інтероперабельності різноманітних геопросторових даних на основі використання єдиної координатної основи України в січні 2013 р.

запущено геопортал ДГМ України, розроблений у Науково-дослідному інституті геодезії і картографії [5].

Метою створення ресурсу є інформаційна підтримка процесу використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 не тільки при виконанні геодезичних робіт для цілей топографічного картографування, але і в питаннях ведення Державного земельного кадастру.

Сукупність геоінформаційних сервісів геопорталу забезпечує:

- загальне ознайомлення користувачів з ДГМ України;
- ознайомлення з місцем розташування геодезичних пунктів на певній території;
- отримання довідок про характеристики пунктів;
- можливість вибору зі списку пунктів для оформлення заявки на отримання точних координат в установленому порядку;
- забезпечення зворотного зв’язку з користувачами для отримання додаткової інформації про пункті (про його стан, шляхи під'їзду до нього, фотографії його місця розташування тощо).

Нині планове положення межових знаків визначається або супутниковим методом, або полярним способом електронними тахеометрами з точок теодолітних ходів. При цьому основною нормативною вимогою при кадастрових зніманнях є допуск на положення межових знаків.

Відповідно до Порядку проведення інвентаризації земель гранична похибка поворотних точок меж земельних ділянок відносно найближчих пунктів ДГМ не повинна перевищувати:

- у містах Києві, Севастополі та містах обласного підпорядкування – 0,1м;
- в інших містах та селищах – 0,2 м;
- у селах – 0,3 м;
- за межами населених пунктів – 0,5 м.

Середні квадратичні похибки положення поворотних точок будуть при цьому в 2 рази меншими. Середні квадратичні похибки положення межових знаків складаються з похибок положення точок теодолітного ходу та похибок

координування межових знаків. Останніми похибками знехтуємо. Тоді дійдемо висновку, що середні квадратичні похибки положення точок теодолітних ходів не повинні перевищувати відповідно 0,05 м, 0,1 м, 0,15 м та 0,25 м для територій, приведених вище. Зауважимо, що похибки 0,05 м та 0,1 м відповідають графічній точності зйомки в масштабах 1:500 1:1000, для яких в Інструкції [19] визначені вимоги до створення знімального обґрунтування як оптичними теодолітами і мірними стрічками, так і електронними тахеометрами. Для відображення облікових одиниць з похибками 0,15 м та 0,25 м повинен застосовуватись масштаб зйомки 1:1500 та 1:2500 відповідно, проте знімання у зазначених масштабах не виконується, а отже, і нормативних вимог до створення знімального обґрунтування і виконання зйомки не розроблено [19].

Існуюча технологія постановки об’єктів на кадастровий облік припускає, що координати поставлених на облік раніше ділянок приймаються для більш пізніх результатів кадастрових знімань суміжних ділянок. При цьому керуються тим, що координати межових знаків на межі двох ділянок повинні бути однаковими. Однак, на практиці, ці значення різняться між собою і якщо вони виходять за межі допустимих значень, то необхідно вживати заходів для відшукання помилок, якщо ні – то приймати знов отримані координати в опрацювання, а не відкидати їх. В опрацювання слід приймати також результати лінійних і різницево-координатних вимірювань між межовими знаками, координатних і кутових – на вершинах межових знаків, які в значних обсягах у ході польових робіт при контролі межування.

На підставі викладеного можна зробити висновок, що в Україні розвинута координатна основа земельного кадастру, приймаються активні заходи щодо доведення інформації до споживачів, однак необхідно розробити нормативні вимоги для проведення кадастрової зйомки в селах та за межами населених пунктів. А застосування єдиної системи геодезичних координат, як і визначено законодавством, дозволить уникнути багатьох помилок, суперечливих ситуацій та зловживань у сфері земельних відносин. В Україні працюють в різних

системах координат, але офіційно прийняті тільки – УСК2000 та міські системи координат.

1.4 Геодезичні вишукування як складова земельно-кадастрових робіт

Станом на січень 2022 р. наповненість бази даних Державного земельного кадастру інформацією про земельні ділянки, розташовані в межах території України, складає 73% від загальної кількості земель. Права власності чи користування зареєстровано на 43,8 млн. га земель з 0,4 млн. га земель.

Забудовані землі займають 3,6 млн. га чи 6,0% від загальної площі земель України. Переважна більшість земельних ділянок, права на які підлягають реєстрації в базі даних Державного земельного кадастру, належить саме забудованим землям. Обов'язковою складовою частиною технічної документації із землеустрою при реєстрації земельних ділянок є виконання інженерних вишукувань. Виконання інженерних вишукувань підтверджує точність виконаної геодезичної чи топографічної зйомки земельної ділянки, підтверджує точність координат поворотних точок меж земельної ділянки, встановлює прив'язку повортних точок меж земельної ділянки до геодезичних пунктів ДГМ.

Програмне забезпечення Digitals забезпечує автоматизацію геодезичних робіт при обробці польових вимірювань, завантаження супутникових знімків з Google Maps і Virtual Earth і ПКК, створення обмінних файлів, кадастрових планів та землевпорядної документації.

Обробка геодезичних вимірювань за допомогою модулю Geodesy дозволяє імпортувати дані з більшості файлів електронних тахеометрів, або вводити журнал вимірювань вручну, будувати різні види теодолітних ходів, проводити їх спільне звірювання з видачею звітів по результатам. Виконує контроль помилок у вхідних даних з можливістю коригування вимірювань. Отримані в результаті звірювання координат пікетів передаються потім в основний модуль Digitals.

Модуль Reports дозволяє автоматично створювати готові для друку документи, такі як, каталог координат на основі інформації, що міститься в карті або обмінному файлі ХМЛ.

Напівавтоматичний векторизатор (модуль Topotracer) оптимізований для оцифровки топографічних елементів, таких як горизонталі, точкові контуру, позначки висот і ін. Застосовується також для напівавтоматичної векторизації різних схем і планів. Дозволяє виконувати векторизацію без попередньої обробки і приведення растра до монохромного перегляду. Містить інструменти для швидкого привласнення висоти горизонтів, редагування об'єктів, згладжування/проріджування контурів, додавання семантичної інформації. Зручний процес оцифровки не вимагає постійного перемикання в ручний режим при проходженні складних ділянок - це виконується автоматично. Забезпечує швидку роботу з растровими зображеннями розміром в кілька гігабайт. Простий в освоєнні і використанні.

За допомогою даного модуля програмного забезпечення Digitals створюються матеріали інженерно-геодезичних вишукувань на земельну ділянку, такі як схема GNSS-спостережень, відомість обробки векторів (електронний польовий журнал), відомість обчислення координат виміряних точок GPS та оцінки їх точності, відомість вирахування площі земельної ділянки.

Згідно [1 наказ №509] під час використання супутникових геодезичних приймачів ГНСС для визначення точок знімальної основи та зйомки геопросторових об’єктів із застосуванням технологій RTK розробниками документації із землеустрою перевіряється диференційне поле координатних поправок. Контроль диференційного поля координатних поправок під час роботи з використанням технологій RTK здійснюється не менше ніж на двох найближчих пунктах ДГМ і ГМЗ, координати яких отримуються у адміністратора банку геодезичних даних).

Обробка матеріалів зйомок при виконанні робіт із землеустрою здійснюється в системі координат УСК-2000 або в місцевій системі координат, однозначно зв’язаній із системою координат УСК-2000 [19].

Точність топографічних планів оцінюється за величинами розходжень положень контурів та висот точок, виміряних на плані з даними контрольних вимірів на місцевості. Критеріями оцінки якості є середні, граничні та грубі похибки, які не повинні перевищувати величини похибок.

2 ВСТАНОВЛЕННЯ МЕЖ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК

2.1 Порядок і методи встановлення меж земельних ділянок

Встановлення меж земельної ділянки виконують такими методами: лінійна засічка; пряма кутова засічка; метод полярних координат.

Лінійна засічка – це один з точних методів встановлення меж земельної ділянки на місцевості. Положення межової точки отримують в результаті перетину двох відрізків l_1 і l_2, прокладених від вихідних пунктів (рис 2.1.).

Точність лінійної засічки визначається за формулою:

$$m^2 = \frac{1}{\sin^2_\gamma} \cdot (m_{l1}^2 + m_{l2}^2) \qquad (2.1)$$

де γ – кут, утворений перетином двох відрізків;

m_{l1} і m_{l2} - середні квадратичні помилки вимірювання відрізків.

При умові, що $m_{l1} = m_{l2} = m_l$:

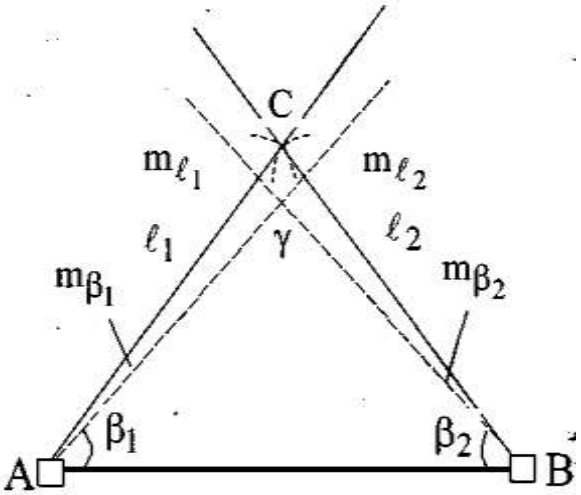


Рис. 2.1. Схема винесення межового знаку методом лінійної засічки.

$$m = \frac{m_\ell}{\sin\gamma} \cdot \sqrt{2} \ . \qquad (2.2)$$

Пряма кутова засічка застосовується, як правило, для винесення в натуру важкодоступних точок. Положення точки на місцевості отримують одночасним

відкладенням кутів (β_1 і β_2). Кути відкладають тахеометром при двох положеннях вертикального круга (рис. 2.2.).

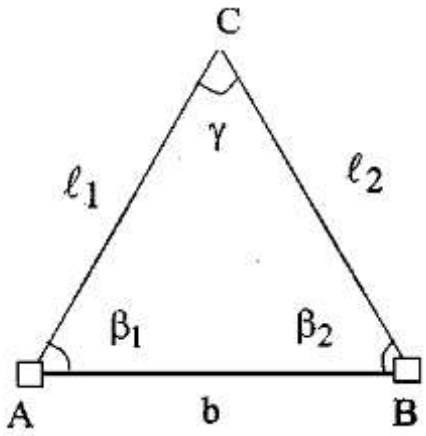


Рис. 2.2. Схема винесення межового знаку методом прямої кутової засічки.

Середня квадратична помилка кутової засічки має вигляд:

$$m^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2 \cdot \sin^2 \gamma} \cdot \left(\ell_1^2 + \ell_2^2\right), \tag{2.3}$$

де m_β - середня квадратична помилка визначення кута;

1, 2 - довжини відрізків; γ - кут, утворений відрізками.

Приймемо наступні позначення:

$$\ell_1 = \frac{b \cdot \sin\beta_2}{\sin\gamma},$$

$$\ell_2 = \frac{b \cdot \sin\beta_1}{\sin\gamma}, \tag{2.4}$$

де b - відстань між вихідними пунктами.

середня квадратична помилка методу прямої кутової засічки, визначається за формулою:

$$m^2 = \frac{m_\beta \cdot b}{\rho \cdot \sin^2 \gamma} \cdot \sqrt{\sin^2 \beta_2 + \sin^2 \beta_1} \tag{2.5}$$

Метод полярних координат дуже широко застосовується, особливо при встановленні меж земельної ділянки з пунктів геодезичної і знімальної основи.

Положення точки знаходять на місцевості за кутом β і відкладеним вздовж цього напрямку, проектним відрізком (рис. 2.3).

Середня квадратична помилка положення пункту визначається за формулою:

$$m_P^2 = m_l^2 + m_u^2, \qquad (2.6)$$

$$m_u = m_\beta \cdot \frac{l}{\rho''} \qquad (2.7)$$

де m_l - середня квадратична помилка відкладення проектного відрізка;

m_β- середня квадратична помилка вимірювання кута.

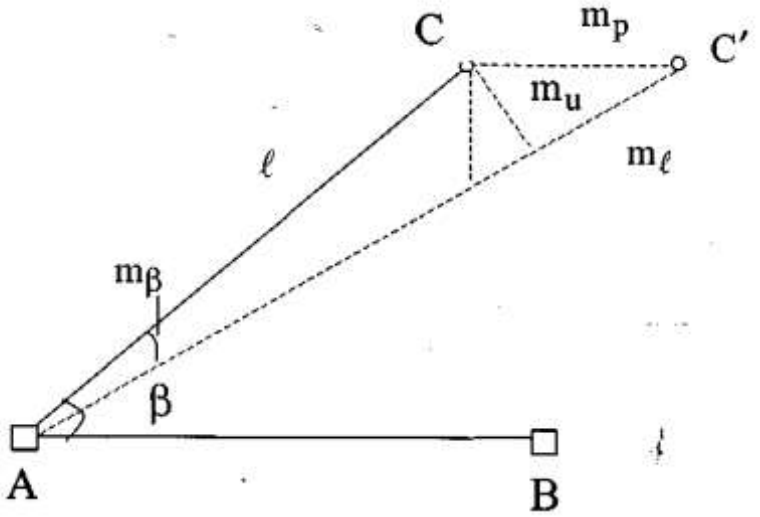


Рис. 2.3. Схема винесення межових знаків полярним методом.

Повна формула буде мати вигляд:

$$m_т^2 = m_s^2 + m_\beta^2 \cdot \frac{l^2}{\rho''^2} \qquad (2.8)$$

При різноманітних методах координування кутів поворотів меж розбіжність їх положення, отриманого із двох незалежних визначень не повинна перевищувати 0,10м.

$$\delta = \sqrt{\delta_X^2 + \delta_Y^2}, \qquad (2.9)$$

де δ_x - зміщення по X-ах;

δ_Y - зміщення по Y-ах.

Середня квадратична похибка визначення координат кутів поворотів меж і межових знаків землекористування не новина перевищувати 0,10 м.

З перерахованих вище методів, оптимальним є спосіб полярних координат, тому прив'язку кутів меж земельних ділянок виконано цим методом, з пунктів знімальної основи.

2.2 Методи визначення площ

Площу земельної ділянки визначають за допомогою наступних способів: графічний; механічний; аналітичний.

Графічний метод. Площу ділянки обчислюють за результатами вимірів ліній на плані. Ділянку розділяють лініями на прості геометричні фігури, переважно на трикутники (найкраще близькі до рівносторонніх), а також на прямокутники та трапеції. В кожній фігурі на плані, з врахуванням масштабу, вимірюють її параметри, за якими обчислюють площу. Сума площ фігур визначає площу ділянки. Якщо на межах фігури є проміри, виміряні на місцевості, їм надають перевагу при обчисленні площ.

Для підвищення точності і контролю визначення площі розрахунки проводять два рази, для кожної фігури, при різних основах і висотах. Допустиме розходження між двома значеннями площі фігури і допустиму нев'язку в сумі окремих площ фігур, при порівнянні її із загальною площею (коли загальна площа вже відома), визначають за формулою:

$$\Delta P = 0.04 \cdot \frac{M}{10000} \cdot \sqrt{P} \ , \tag{2.10}$$

де М - знаменник числового масштабу плану; Р- площа ділянки, га. Якщо розходження допустимі, тоді визначають середнє значення площі.

До графічного способу відносять також визначення площ палеткою. Палетка представляє собою сітку невеликих квадратів із сторонами 1-2 мм, або групу паралельних ліній, проведених через 2 мм одна від другої. Таку сітку можна накреслити на кальці, фотографічній плівці чи на іншому прозорому матеріалі. Квадратною палеткою визначають площі ділянок до 2 см^2, а паралельною палеткою - не більше 10 см^2.

Квадратну палетку накладають на відповідну фігуру і підраховують кількість цілих кліток, в межах фігури і кількість кліток, розділених межею фігури на частини. Площу ділянки (фігури) визначають за формулою:

$$P_{га} = \rho \cdot (к_ц + 0.5к_н) \tag{2.11}$$

де ρ - ціна поділки палетки, га;

$к_ц$ - кількість цілих квадратів;

$к_н$ - кількість неповних квадратів.

Ціну поділки палетки обчислюють із врахуванням довжин її сторін і масштабу плану.

Паралельну палетку накладають на фігуру так, щоб крайні точки межі були розміщені посередині між паралельними лініями палетки. Вимірюють, з врахуванням масштабу плану, суму відрізків паралельних прямих (ліній палетки) в середині фігури і множать на відстань між ними.

Похибка площі, при графічному способі обчислення, буде наступною:

$$m_p = 0.01 \cdot \frac{M}{10000} \cdot \sqrt{P} \tag{2.12}$$

де Р - площа земельної ділянки, га; М - знаменник числового масштабу плану. Похибка площі, при визначенні палеткою, має наступний вигляд:

$$m_p = 0.025 \cdot \frac{M}{10000} \cdot \sqrt{P} \tag{2.13}$$

Загальна помилка визначення площ визначається за формулою:

$$M_p^2 = m_{p1}^2 + m_{p2}^2 \tag{2.14}$$

де m_{p1} - середня квадратична помилка вимірювань на місцевості і побудови плану; m_{p2} - середня квадратична помилка методу, за яким обчислювалась площа.

Середня квадратична помилка вимірювань на місцевості і побудови плану визначається за формулою:

$$m_{pl} = 0.04 \cdot \frac{M}{10000} \cdot \sqrt{P} \cdot \sqrt{\frac{1+K^2}{2K}} \tag{2.15}$$

де К – видовженість фігури.

Аналітичний спосіб визначення площ. Для обчислення площі фігури 1234, зображеної на рис. 2.4, необхідно знати координати *x* і *y* вершин фігури. Вони визначаються за картою або обчислюються на підставі геодезичних вимірів на місцевості.

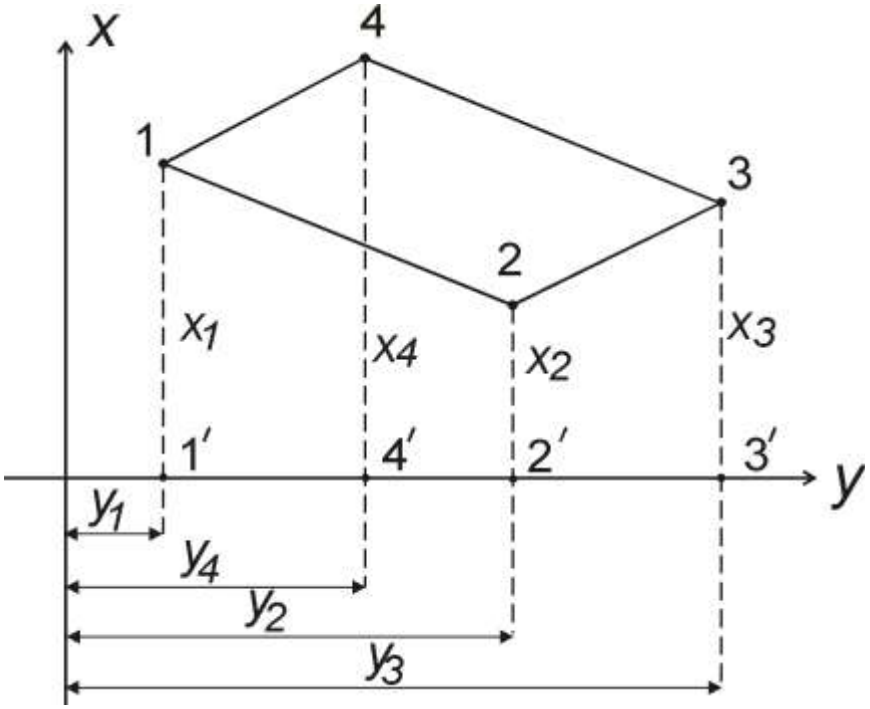


Рис. 2.4 Визначення площі аналітичним методом

Площу фігури можна визначити за формулою:

$$S_{1234} = S_{1'144'} + S_{4'433'} - S_{1'122'} - S_{2'233'}. \tag{2.16}$$

Площі окремих трапецій визначаються за формулами:

$$S_{1'122'} = \frac{1}{2}(x_1 + x_2)(y_2 - y_1);$$

$$S_{2'233'} = \frac{1}{2}(x_2 + x_3)(y_3 - y_2); \tag{2.17}$$

$$S_{1'144'} = \frac{1}{2}(x_1 + x_4)(y_4 - y_1);$$

$$S_{4'433'} = \frac{1}{2}(x_4 + x_3)(y_3 - y_4).$$

Виконавши елементарні перетворення та групування за абсцисами і ординатами, отримаємо наступні загальні формули для обчислення площ довільних фігур:

$$S = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} x_i (y_{i+1} - y_{i-1}) \tag{2.18}$$

або

$$S = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} y_i (x_{i-1} - x_{i+1}). \tag{2.19}$$

Механічний спосіб визначення площ. При механічному способі визначення площ використовують прилад, який називають полярним планіметром. В даний час використовують різні шляхи та методи автоматизації вимірювання площ за допомогою планіметрів. Тут ми зупинимося на розгляді класичного підходу вимірювання площ планіметром.

Будова планіметра. Полярний планіметр з важелем змінної довжини складається з двох важелів – полюсного і обвідного.

На одному з кінців полюсного важеля закріплений тягарець з голкою, яка є полюсом планіметра. На другому кінці важеля знаходиться кругла головка, яка встановлюється в гніздо каретки обвідного важеля. Головка і гніздо утворюють шарнір, з допомогою якого з'єднуються важелі планіметра. Цей вузол служить і віссю обертання обвідного важеля.

На кінці обвідного важеля є обвідний шпиль. Притримуючи планіметр за ручку, обводять шпилем контур ділянки, площу якої необхідно визначити. На обвідному важелі розміщується каретка з лічильним механізмом. Лічильний механізм складається з лічильного колеса і лічильника його цілих обертів. Для відліку по лічильному колесі є верньєр.

Одна поділка лічильного механізму – це $\frac{1}{1000}$ частина кола колеса. Відлік по планіметру складається з чотирьох цифр. Каретку з лічильним механізмом

можна рухати вздовж обвідного важеля, при цьому змінюється його довжина. Спрощена схема планіметра показана на рис.5.3, де: *О* – полюс планіметра; *F* – проекція шпиля обвідного важеля; *в* – проекція осі обертання обвідного важеля; *К* – лічильне колесо.

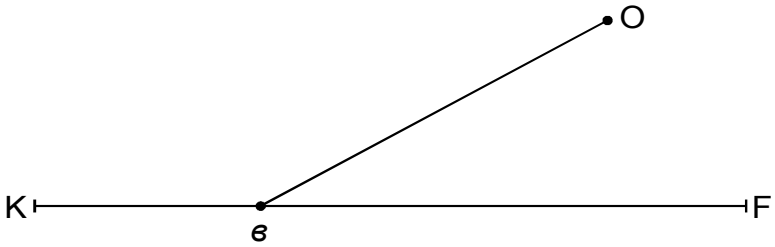


Рис. 2.5. Схема планіметра

Вісь обвідного важеля – *FK* – це лінія, яка проходить через проекції шпилю обвідного важеля і осі його обертання.

Вісь *Ов* – лінія, яка проходить через полюс планіметра і проекції осі обертання обвідного важеля.

Теорія планіметра. Площу ділянки можна визначити, якщо полюс планіметра знаходиться всередині цієї ділянки або зовні.

Розглянемо перший випадок. Виразимо формулою площу фігури $obaa_i'a_ib_io$ (рис.2.6). Площа фігури $obaa_i'a_ib_io$ складається з трьох фігур: двох секторів і одного паралелограма.

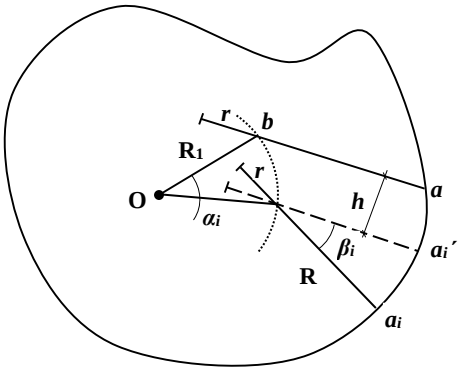


Рис. 2.6 Визначення площ механічним способом

Нехай радіус полюсного важеля дорівнює R_1, обвідного – R, віддаль від осі b до лічильного колеса становить r і віддаль між положенням важеля ab і

$a_i'bi$ дорівнює h, кути поворотів важелів – полюсного і обвідного – дорівнюють відповідно α_i та β_i. Приймемо, що ці фігури нескінченно малі.

Тоді нескінченно малий елемент вимірюваної площі буде рівним:

$$S_i = Rh + \frac{1}{2}R_1^2\alpha_i + \frac{1}{2}R^2\beta_i \tag{2.20}$$

Через поділки лічильного колеса величина h буде дорівнювати:

$$h = (u_n - u_0)t + r\beta. \tag{2.21}$$

Підставимо (5.7) в (5.6) і одержимо:

$$S_i = R(u_n - u_0)t + Rr\beta_i + \frac{1}{2}R_1^2\alpha_i + \frac{1}{2}R^2\beta_i. \tag{2.22}$$

Загальна площа ділянки буде рівна:

$$\sum_{i=1}^{n} S_i = S = Rt(u_n - u_0) + 2\pi Rr + \pi R_1^2 + \pi R^2, \tag{2.23}$$

де m_0 і m_n – початковий і кінцевий відліки з лічильника K.

Нехай $Rt = c$ і $2\pi Rr + \pi R_1^2 + \pi R^2 = \Theta$. Тоді формула визначення площі механічним способом буде мати вигляд:

$$S = c(u_n - u_0) + \Theta, \tag{2.24}$$

де c – ціна поділки лічильника.

Якщо полюс знаходиться зовні фігури, то

$$S = c(u_n - u_0) \tag{2.25}$$

Геометричний зміст сталих планіметра.

$c=R\times t$, де R – довжина обвідного важеля;

t – поділка на лічильному колесі.

Для практичних потреб c виражається в га.

Θ – стала величина, яка являє собою площу круга описаного радіус-вектором від полюса планіметра до обвідного шпиля.

Перевірки планіметра:

1. Лічильне колесо повинно обертатися вільно, без коливань.

2. Площина лічильного колеса повинна бути перпендикулярною до осі обвідного важеля.

Виконується при вимірюванні площі ділянки при двох положеннях полюса. Умова виконана, якщо одержані результати не перевищують відносної помилки $\frac{1}{200}$. Якщо більше, то треба виконувати вимірювання при двох положеннях полюсу.

Визначення сталих планіметра

1. Визначення *ціни поділки* планіметра *c.*

Для цього потрібно мати відому заздалегідь площу ділянки P_0 та середнє значення Δu_c з різниць відліків, одержаних з лічильного механізму до початку обведення площі P_0 і в кінці його:

$$c = \frac{P_0}{\Delta u_c}. \qquad (2.26)$$

За відому площу зручно взяти квадрат кілометрової сітки на топографічній карті. Його площа в гектарах, наприклад, у масштабі 1:10000 буде рівною 100га.

Квадрат обводять за контуром центром обвідного шпиля з довільної (початкової) точки (краще з вершини квадрата) і записують відліки з лічильного механізму: відлік u_1 – обвідний шпиль на початковій точці; u_2, u_3, u_4 – відліки на початковій точці після кожного обведення планіметром квадрата. Наступним етапом є визначення різниць знятих відліків у такій послідовності:

$$\left.\begin{aligned} u_2 - u_1 &= \Delta u_1 \\ u_3 - u_2 &= \Delta u_2 \\ u_4 - u_3 &= \Delta u_3 \end{aligned}\right\} \qquad (2.27)$$

Отже

$$\Delta u_c = \frac{\Delta u_1 + \Delta u_2 + \Delta u_3}{3}. \qquad (2.28)$$

Знаючи ціну поділки *c* лічильника, можна визначити будь-яку земельну ділянку на карті.

2.3. Про точність визначення площ земельних ділянок

Головними чинниками, що визначають вимоги до топографо-геодезичного забезпечення кадастрового знімання є необхідна ступінь деталізації фізичних предметів та їх елементів, тобто масштаб топографічного знімання, і точність визначення межових та контурних точок.

Жорсткі умови, щодо точності визначення площ земельних ділянок, які встановлюють декларативні документи, не дозволяють використовувати наближені формули оцінки точності обчислення площ ділянок, що використовуються в землевпорядкуванні, а звідси і всіх наступних геодезичних побудов, які при цьому виконуються.

Складність отримання строгих формул для підрахування середньої квадратичної помилки визначення площі довільної форми полягає в тому, що помилка знаходиться як корінь із суми квадратів часткових похідних від аргументів функції, в ролі яких виступають прирости координат замкненого контура. Функції визначення площ мають вигляд:

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} x_i (y_{i-1} - y_{i+1}), \\ S &= \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} y_i (x_{i-1} - x_{i+1}), \\ S &= \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} (x_{i-1} y_{i+1} - x_{i+1} y_{i+1}). \end{aligned} \tag{2.29}$$

Ці формули абсолютно тотожні, хоча й мають різні форми запису, і їх завжди можна перетворити за допомогою елементарних дій з однієї форми в іншу.

Часткові похідні приростів координат за замкненим контуром в сумі будуть дорівнювати нулю. Отже, визначити середню квадратичну помилку таким чином – неможливо.

А.В. Масловим [25] запропонований інший підхід. А саме – він прийняв значення середньої квадратичної помилки як квадрат суми складових помилок визначення площ по осі абсцис і по осі ординат:

$$m_S = \sqrt{m_{Sx}^2 + m_{Sy}^2} \tag{2.30}$$

Тоді, вважаючи, що середні квадратичні помилки по відповідних осях однакові, отримують:

$$m_{Sx} = \frac{m_x}{2}\sqrt{\sum (y_{i-1} - y_{i+1})^2}, \quad m_{Sy} = \frac{m_y}{2}\sqrt{\sum (x_{i-1} - x_{i+1})^2}. \tag{2.31}$$

В остаточному вигляді, приймаючи $m_c=m_x=m_y$, формула Маслова має вигляд:

$$m_S = \frac{m_C}{2}\sqrt{\sum (y_{i-1} - y_{i+1})^2 + \sum (x_{i+1} - x_{i-1})^2}. \tag{2.32}$$

Але автор [25] у формулі (2.32) розглядає підкореневий вираз як хорди на цьому і зупинився. Це в решті решт привело до абсолютно невірного висновку [25], що при збільшенні точок на сторонах квадрату точність визначення площі цього квадрату збільшується.

Отримана формула не достатньо зручна. Річ у тому, що координати точок при геодезичних побудовах завжди є функціями від виміряних напрямків і довжин ліній. Іншими словами, у формулі (4) аргументами x та y є функції від L (довжин ліній) та α (дирекційних кутів цих ліній). Але бажано, похибку тої чи іншої функції отримувати за аргументами, які безпосередньо виміряні, тобто в нашому випадку аргументи повинні бути довжини ліній і кути при вершинах фігури $(\beta_i=\alpha_{i+1}-\alpha_{i-1})$. Прирости координат вершинах багатокутника у формулі (2.32) можна розглядати як хорди, що з'єднують вершини $(i-1)$ і $(i+1)$. Між цими відрізками та сторонами багатокутника існує залежність (теорема косинусів)

$$D_i^2 = d_{i-1}^2 + d_{i+1}^2 - 2d_{i-1}d_{i+1}\cos\beta_i, \tag{2.33}$$

де d_{i-1}, d_{i+1} – сторони багатокутника, які прилеглі до вершини i; D_i – хорда, що лежить проти вершини i і яка з'єднує верхівки $(i-1)$ та $(i+1)$.

Враховуючи вирази (2.32) і (2.33), маємо:

$$m_S = \frac{m_c}{\sqrt{2}} \sqrt{[dd] - [d_{i-1} d_{i+1} \cos \beta_i]}, \qquad (2.34)$$

де m_c – середня квадратична помилка визначення положення межових точок; $[dd]$ – сума квадратів сторін ділянки; d_{i-1} d_{i+1} – добуток двох суміжних сторін ділянки; β_i – кут між двома суміжними сторонами ділянки.

Отримана формула – абсолютно строга, тому що при її виведенні не накладалося ніяких додаткових умов.

Аналіз виразу (2.34) показує, що другий член суми в правій частині рівняння може тільки зменшувати значення середньої квадратичної помилки визначення площі земельної ділянки. Розходження значень середньої квадратичної помилки визначення площі ділянки за формулою (2.34) з урахуванням і без врахування цього чинника досягає свого максимуму при значенні кута $\beta_i = 0$, що свідчить про відсутність верхівки. Найменше відхилення спостерігається при прямуванні цього кута до $\pi/2$. При рівності $\beta_i = \pi/2$ – ці значення тотожні.

Слід відзначити, що переважна кількість земельних ділянок, особливо в межах населеного пункту, мають переважно форму, яка близька до прямокутної. Таким чином, для апріорної оцінки точності доцільно користуватися наближеною формулою

$$m_S = m_C \sqrt{\frac{[dd]}{2}} \qquad (2.35)$$

Аналіз залежностей (2.34) та (2.35) показав, що розходження в оцінці точності визначення площ, навіть для трикутної форми ділянок, де кути близькі до $\pi/6$, не перевищують 50%.

Отже, отримані формули (2.34) і (2.35) більш правильно описують точність визначення площ ніж ті що наведені у роботі [25].

3. ТОЧНІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛОЩ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК

3.1 Вплив переходу між системами координат СК-63 та УСК-2000 на площі земельних ділянок

В основі кожної національної кадастрової бази даних лежить система координат. В Україні електронна кадастрова інформаційна база даних земельних ділянок почала створюватися в 1997 році на основі системи координат СК-63, яка має великі спотворення. До початку 2018 року всі зареєстровані ділянки (не менше 25 млн) мають координати в старій системі координат СК-63. Публічна кадастрова карта України побудована і функціонує в системі СК-63.

Використовуючи супутниковими технології GPS, ГЛОНАС визначення координат, НДІ геодезії та картографії створено єдину високоточну мережу для всієї території України і порівняно із існуючою СК-63. Карта точності СК-63, отримана порівнянням координат одних і тих самих пунктів визначених у двох системах координат наведено на рис. 3.1.

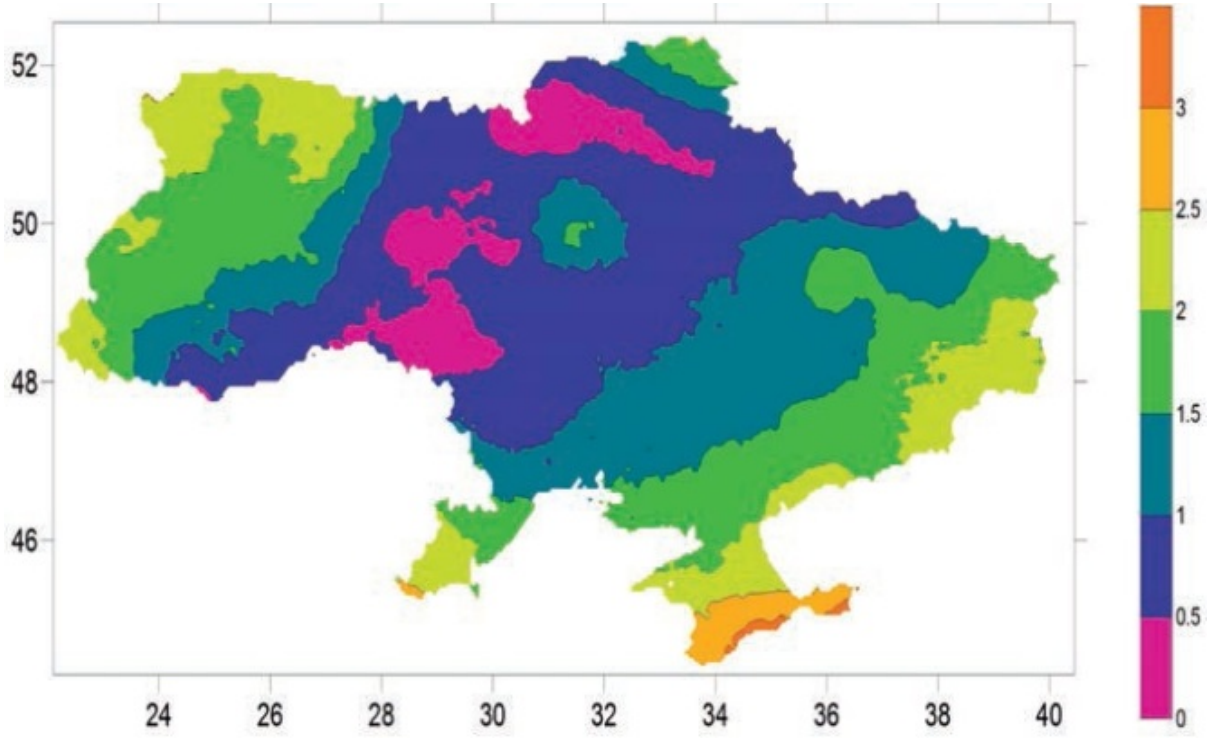


Рис. 3.1. Карта точності системи СК63 [8]

Отже точність СК 63 для всієї території України склала 3.5 м. А точність пунктів на окремих ділянки площею від 50 до 100 км^2 є від 0.5 до 1 м. Так визначаючи координати у СК 63 у межах однієї області від пунктів Державної геодезичної мережі допускались помилки в 1 м лише як помилки вихідних даних. У роботі [2,3] модельовано ці деформації і враховано при створені УСК 2000, точність якої для всієї території України не перевищує 5 см. Також оновлено каталоги всіх пунктів Державної геодезичної мережі. Цим самим підвищили їхню точність до 20 см. Створено паспорти місцевих систем координат [27]. Загалом все зроблено правильно, але однозначності у визначенні координат не досягнуто, не проведено роз'яснювальних робіт як користуватися новою УСК2000. Також геодезичне землевпорядне та інші виробництва продовжують використовувати СК63 і сьогодні та визначають координати застарілою методикою.

Найбільший вплив деформацій на координати точок земельної ділянки має місце в тих регіонах країни, де ухил поверхні деформацій максимальний, тобто, в областях, в яких відстань між ізолініями рівних деформацій мінімальна. Згідно зі схемою деформацій системи УСК-2000 щодо СК-42 (СК-63), представленої в [21], найбільший ухил поверхня деформацій має в центрі країни в Черкаській області.

Так як системи СК-63 і СК-42 прив'язані до однієї просторової прямокутної системі координат, «Пулково 1942 року», то параметри трансформації Гельмерта для СК-63 повністю збігаються з параметрами трансформації для СК-42. Параметри перетворення Гельмерта з системи СК-63 (СК-42) в систему УСК-2000, можуть бути отримані за допомогою параметрів перетворення цих систем із системою WGS-84 з використанням методу, описаного в [10] на основі параметрів Гельмерта між системами СК-63(СК-42) – WGS-84 та між системами WGS-84 – УСК-2000.

Параметри трансформації України від CS-42 до WGS-84 присутні на веб-сайті epsg.io (https://epsg.io/15865). Параметри трансформації між WGS-84 в УСК-2000 обрані з [29].

Таблиця 3.1

Обчислення параметрів Гельмерта для трансформації між системами СК-63 (СК-42) та УСК-2000

Параметр	від WGS-84 до УСК-2000	від СК-63 (СК-42) до WGS-84	від СК-63 (СК-42) до УСК-2000
Епоха	2005	-	-
μ (ppb1)	1,74	0,0	1,74
ΔX (м)	-24,3234	25,0	0,6766
Δ*Y* (м)	121,3708	-141,0	-19,6292
Δ*Z* (м)	75,8275	-78,5	-2,6725
R_X (arc sec)	0,00000	0,000	0,000
R_Y (arc sec)	0,00000	0,350	0,350
R_Z (arc sec)	0,00000	0,736	0,736

Для визначення параметрів трансформації з СК-63 до УСК-2000 використано правило, сформульоване згідно з яким: якщо всі кутові параметри та масштабний коефіцієнт є величинами першого порядку малості, то параметри перетворення Гельмерта для переходу від першої до *n*-ї системи координат дорівнюють сумі відповідних параметрів. між усіма попередніми системами координат, отриманими на одну епоху.

Визначення 7 параметрів Гельмерта для перерахунку координат з еліпсоїда WGS-84 до Національного – Красовського виконували наступним чином:

1. Перетворено координати із еліпсоїда WGS-84 до Красовського використовуючи Національний «грід» [1].

2. Складено каталоги сумісних перманентних станцій у двох системах для кожної зони СК 63.

3. За формулами оберненого трансформування обчислено 7 параметрів Гельмерта.

Отже нами визначено 7 параметрів трансформації для кожної зони СК63. Для отримання різними організаціями однозначних результатів дані параметри слід ввести у програмне забезпечення обрахунку координат статичним методом, або у польовий RTK контролер. Як вихідні координати (бази) для

статичних спостережень слід використовувати координати перманентні станції.

Згідно інструкції користувача статичних приймачів віддаль до бази слід вибирати від 15 та 50 км. для одно та двочастотних відповідно. Також у [5] встановлено що цю віддаль можна збільшити у 2-3 рази без втрати точності.

При контролі базової віддалі між парою точок визначених GNSS (статичним чи RTK методом) з тією ж віддалю визначеною методом електронної тахеометрії слід пам’ятати про приведення ліній у проекцію Гауса-Крюґера [6].

Згідно [3], рис. 2 вся території України входить до одного блоку X із єдиними відомими параметрами проекції Гавсса-Крюґера.

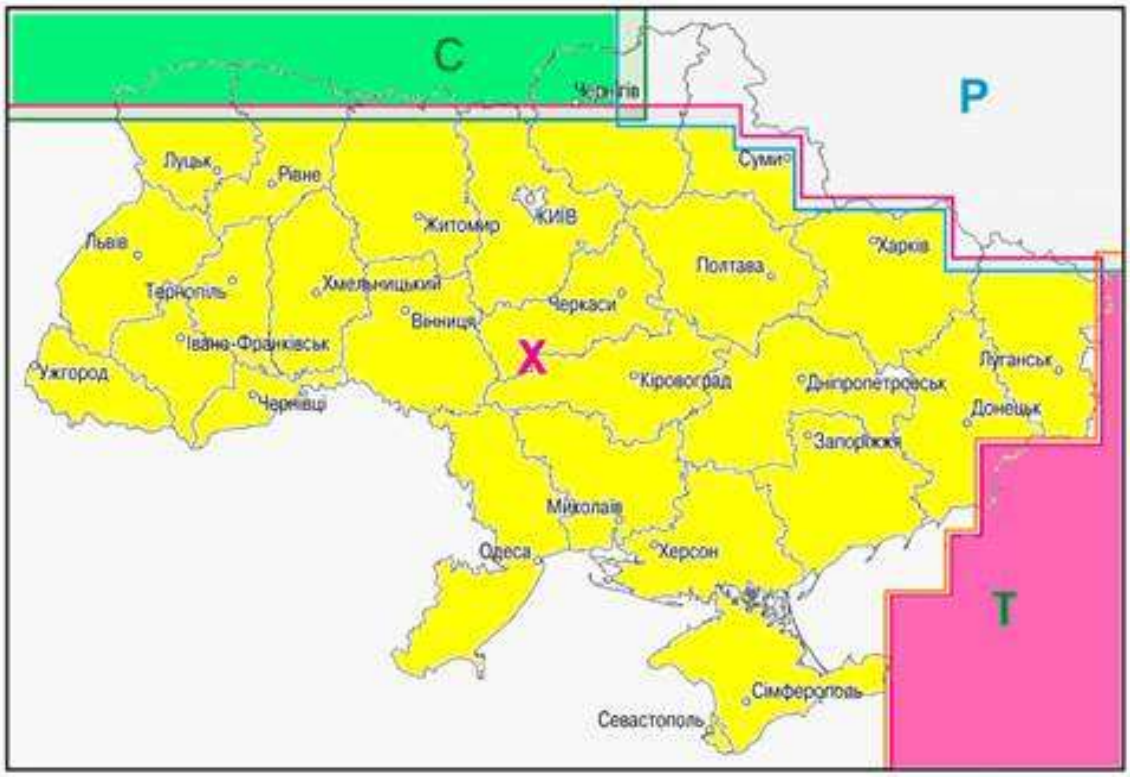


Рис.3.2. Блок X системи координат 63 року

Нами складена карта України із всіма існуючими перманентними станціями і поділено на зони СК63 проекції Гавсса-Крюґера (рис. 3.3). Визначення координат перманентних станцій України виконували від Українських станцій які входять у Європейську мережу EPN. Точність

отриманих координатне у Європейській системі координат ETRS-89 не перевищила 0.01 м.

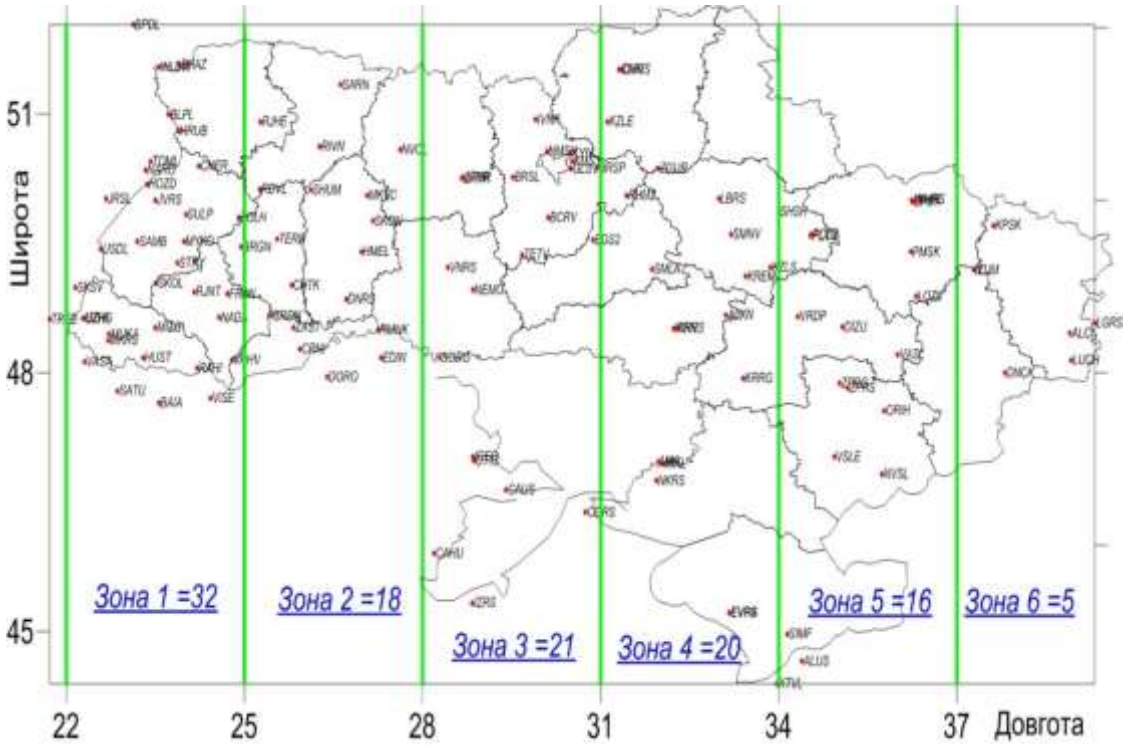


Рис.3.3. Перманентні станції України із зонами СК 63

Різниця між центрами просторових прямокутних координат, орієнтацією осей і параметрами опорних еліпсоїдів змінює площу ділянки на величину, максимальне значення якої дорівнює 0,012 м^2. Деформації між системами координат СК-63 і УСК-2000 змінюють площу на величину, максимальне значення якої дорівнює 0,277 м^2. Різниця між площею ділянки в проекції Ґавсса-Крюґера, пов'язана з властивостями самої проекції, при переході від СК-63 до УСК-2000, може досягати 1,95 м^2. Таким чином, основною причиною неспівпадіння площі земельної ділянки в системах координат СК-63 та УСК-2000 є властивість проекції Ґавсса-Крюґера викривляти площі.

Перехід до системи координат УСК-2000 [29] створив ряд проблем.

Фінансові проблеми, пов'язані з витратами на перерахунок координат точок вже сформованих ділянок з системи СК-63 в систему УСК-2000; З введенням нової системи координат вже існуюча документація на земельні ділянки миттєво, застаріла, тому що містить координати точок в старій системі. Застарілі документи необхідно замінити новими. Податки на землю

розраховуються по відношенню до нормативної вартості ділянки, яка залежить від її площі. Площа ділянки в системі УСК-2000 виявилася відмінною від площі тієї ж ділянки в системі СК-63. Неможливо чітко відокремити одну проблему від іншої. Наприклад, проблема зміни площі є не тільки фіскальної проблемою. У всіх операціях із землею, таких як встановлення прав власності, купівлі-продажу, даруванні, здачі в оренду та ін., обов'язково фігурує площа земельного володіння. Таким чином, зміна площі є не тільки фіскальної проблемою, але також юридичною (застаріла документація на землю) і фінансовою (заміна документації вимагає фінансових витрат).

Застосування сучасних супутникових технологій в практиці геодезичного та картографічного забезпечення доводить, що ефективне використання глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) в системі координат СК42 чи похідній СК-63 здебільшого неможливе через причини [31]:

- відсутність однозначних параметрів зв’язку з іншими референцними системами, які поширені у Європі;

- система координат СК-63 не забезпечує на необхідному рівні точності однозначного переходу до загальноземної референцної системи координат ITRS (її реалізацій ITRF);

- похибки взаємного положення пунктів ДГМ у системі координат СК-63 на відстанях 50-100 км можуть досягати 1 м та більше, що не дозволяє з необхідною точністю виконувати геодезичну прив’язку до пунктів ДГМ чи інших мереж, які будуються з використанням GNSS технологій;

- деформація ДГМ у системі координат СК-63 у межах зон використання місцевих систем координат не забезпечує з необхідною точністю визначення параметрів переходу до місцевих систем координат.

Отже, наявна державна система координат, що розроблялася у минулому як основа системи геодезичного забезпечення, не може повною мірою виконувати покладені на неї функції у сучасній системі геодезичного забезпечення. Тому на початку XXI ст. в Україні була розроблена і побудована нова геодезична референцна система УСК-2000 з використанням GNSS-

технологій. Перманентні GNSS-станції, що входять у загальноєвропейську мережу EPN, мають визначені координати у системі ITRF2005/ETRS89. Окремі базові GNSS-станції визначають переважно у референцній системі GPS – WGS-84. Однак, втілити на практиці цю систему виявилось доволі складно, оскільки не до кінця вирішеним питанням залишається завдання з трансформування координат, тобто переходу від координат однієї референцної системи до іншої. Публічна інформація з ДЗК відображується в системі координат СК-63, а перерахунок площ між вище зазначеними координатними системами призводить до зміни площ земельних ділянок.

Для дослідження впливу на площі земельних ділянок при переході між системами координат СК-63 і УСК-2000 нами вибрані дві ділянки: перша – для будівництва і обслуговування жилого будинку, господарських будівель і споруд (присадибна ділянка) площею 0,2500 га та друга – для ведення особистого селянського господарства площею 0,1500 га.

При проведенні польових робіт координати поворотних точок земельних ділянок визначались в системі координат СК-63 та з метою відповідності землевпорядних робіт чинному законодавству, були перераховані у систему УСК-2000. Усі розрахунки виконувались у програмному забезпеченні Digitals (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Порівняння площі земельної ділянки у системах координат СК-63 та УСК-2000

Земельна ділянка	Площа, га	
	в СК-63	В УСК-2000
Ведення особистого селянського господарства площею	0,1500	0,1502
Для будівництва і обслуговування жилого будинку, господарських будівель і споруд (присадибна ділянка)	0,2500	0,2503

За результатами розрахунків встановлено, що при перерахунку координат земельних ділянок, їхні площі збільшуються. Так, площа земельної ділянки для

будівництва і обслуговування жилого будинку, господарських будівель і споруд (присадибна ділянка) збільшилась на 3 м^2, а площа ділянки для ведення особистого селянського господарства на 2 м^2. Такі зміни в площах є результатом того, що УСК-2000 утворена від ITRS/ITRF2000. За відліковий еліпсоїд у зазначеній системі прийнято референц-еліпсоїд Красовського, параметри якого дещо відрізняються від параметрів, прийнятих для системи координат СК-63. Порівняння площ паїв Завадівської сільської ради Яворівського району Львівської області

Таблиця 3.3

Порівняння обчислення площ паїв в СК-63 та УСК-2000 (місцева Львівська обл.) с. Завадів, Яворівський район, Львівська область

№	Площа в СК-63, га	Площа в УСК-2000, м	Різниця площ, га	Різниця площ, кв. м
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	3,3003	3,3006	0,00032	3,2
2	2,9347	2,9351	0,00039	3,9
3	3,6515	3,6519	0,00043	4,3
4	3,7920	3,7925	0,00050	5,0
5	3,3976	3,3980	0,00040	4,0
6	3,3000	3,3004	0,00037	3,7
7	3,3003	3,3007	0,00040	4,0
8	3,7864	3,7868	0,00042	4,2
9	3,3001	3,3005	0,00041	4,1
10	3,7866	3,7871	0,00046	4,6
11	2,9975	2,9979	0,00037	3,7
12	3,0283	3,0288	0,00045	4,5
13	3,3004	3,3008	0,00040	4,0
14	3,4710	3,4715	0,00046	4,6
15	3,4173	3,4177	0,00038	3,8
16	1,7410	1,7412	0,00024	2,4
17	3,0384	3,0388	0,00044	4,4
18	3,3162	3,3166	0,00036	3,6
19	3,4705	3,4709	0,00042	4,2
20	3,3469	3,3474	0,00045	4,5
21	3,3408	3,3412	0,00042	4,2
22	3,2544	3,2548	0,00036	3,6
23	3,3420	3,3424	0,00042	4,2
24	3,3001	3,3005	0,00040	4,0
25	3,3001	3,3005	0,00042	4,2
26	3,7971	3,7975	0,00041	4,1
27	2,8842	2,8846	0,00042	4,2
28	3,0091	3,0095	0,00039	3,9

продовження табл. 3.3

1	*2*	*3*	*4*	*5*
29	2,9542	2,9545	0,00032	3,2
30	2,6678	2,6681	0,00030	3,0
31	1,3746	1,3746	0,00003	0,3
32	1,3872	1,3873	0,00014	1,4
33	2,8832	2,8836	0,00040	4,0
34	2,6678	2,6681	0,00030	3,0
35	3,4825	3,4829	0,00042	4,2
36	2,5512	2,5515	0,00029	2,9
37	2,8712	2,8715	0,00034	3,4
38	3,2242	3,2246	0,00041	4,1
39	3,2531	3,2536	0,00050	5,0
40	3,3624	3,3627	0,00031	3,1
41	3,4574	3,4578	0,00042	4,2
42	3,4613	3,4617	0,00037	3,7
43	3,4703	3,4707	0,00039	3,9
44	5,1243	5,1248	0,00051	5,1
45	2,9346	2,9349	0,00034	3,4
46	1,2861	1,2862	0,00010	1,0
47	1,0000	1,0001	0,00010	1,0
48	1,0000	1,0001	0,00012	1,2
49	1,0000	1,0002	0,00021	2,1
50	1,0000	1,0002	0,00017	1,7
51	1,0000	1,0001	0,00011	1,1
52	1,0000	1,0001	0,00007	0,7
53	1,0000	1,0001	0,00006	0,6
54	1,0000	1,0002	0,00015	1,5
55	1,0000	1,0002	0,00021	2,1
56	1,0000	1,0003	0,00027	2,7
57	1,0000	1,0002	0,00018	1,8
58	1,0000	1,0002	0,00019	1,9
59	2,6270	2,6274	0,00037	3,7
60	3,7960	3,7963	0,00031	3,1
61	3,7913	3,7918	0,00054	5,4
62	1,0000	1,0002	0,00017	1,7
63	1,0000	1,0002	0,00016	1,6
64	1,0000	1,0001	0,00012	1,2
65	1,0000	1,0002	0,00018	1,8
66	3,7279	3,7284	0,00051	5,1
67	3,7280	3,7284	0,00039	3,9
68	3,7269	3,7272	0,00032	3,2
69	3,7803	3,7809	0,00061	6,1
70	3,7280	3,7284	0,00043	4,3
71	3,7281	3,7286	0,00045	4,5
72	2,5532	2,5536	0,00035	3,5

Визначено ділянок 72. Середня квадратична похибка (СКП) визначення площі М= 3,3 м^2.

Таблиця 3.4

Порівняння площ земельних ділянок Завадівської сільської ради

№	Площа в СК-63, га	Площа в УСК-2000, м	Різниця площ,	
			в га	в кв. м
1	2	3	4	5
1	0,01000	0,01000	0,00000	0,00
2	0,25000	0,25011	0,00011	1,10
3	0,04580	0,04582	0,00002	0,20
4	0,25000	0,25005	0,00005	0,50
5	0,02990	0,02992	0,00002	0,20
6	0,30470	0,30474	0,00004	0,40
7	0,37590	0,37595	0,00005	0,50
8	0,08780	0,08781	0,00001	0,10
9	0,03180	0,03176	-0,00004	-0,40
10	0,14710	0,14712	0,00002	0,20
11	0,23930	0,23936	0,00006	0,60
12	0,08260	0,08261	0,00001	0,10
13	0,25000	0,25007	0,00007	0,70
14	1,00000	1,00002	0,00002	0,20
15	0,25000	0,24995	-0,00005	-0,50
16	0,10240	0,10243	0,00003	0,30
17	0,25000	0,25005	0,00005	0,50
18	0,17610	0,17611	0,00001	0,10
19	0,40470	0,40478	0,00008	0,80
20	0,21530	0,21535	0,00005	0,50
21	0,25000	0,25001	0,00001	0,10
22	0,36220	0,36226	0,00006	0,60
23	0,25000	0,25006	0,00006	0,60
24	0,15520	0,15528	0,00008	0,80
25	0,25000	0,25002	0,00002	0,20
26	0,27460	0,27465	0,00005	0,50
27	0,18030	0,18030	0,00000	0,00
28	0,25000	0,25004	0,00004	0,40
29	0,32590	0,32597	0,00007	0,70
30	0,25000	0,25001	0,00001	0,10
31	0,11510	0,11504	-0,00006	-0,60
32	0,25000	0,25001	0,00001	0,10
33	0,15760	0,15755	-0,00005	-0,50
34	0,31870	0,31869	-0,00001	-0,10
35	0,25000	0,25002	0,00002	0,20
36	0,37920	0,37920	0,00000	0,00

продовження табл. 3.4

1	*2*	*3*	*4*	*5*
37	0,25640	0,25645	0,00005	0,50
38	0,25000	0,25003	0,00003	0,30
39	0,13510	0,13506	-0,00004	-0,40
40	0,29750	0,29759	0,00009	0,90
41	0,26620	0,26628	0,00008	0,80
42	0,36220	0,36226	0,00006	0,60
43	0,25000	0,25006	0,00006	0,60
44	0,15520	0,15528	0,00008	0,80
45	0,12280	0,12281	0,00001	0,10
46	0,25000	0,25007	0,00007	0,70
47	0,21340	0,21337	-0,00003	-0,30
48	0,25000	0,25006	0,00006	0,60
49	0,06690	0,06695	0,00005	0,50
50	0,25000	0,25000	0,00000	0,00
51	0,25000	0,25002	0,00002	0,20
52	0,27460	0,27465	0,00005	0,50
53	0,18030	0,18030	0,00000	0,00
54	0,25000	0,25004	0,00004	0,40
55	0,32590	0,32597	0,00007	0,70
56	0,25000	0,25001	0,00001	0,10
57	0,11510	0,11504	-0,00006	-0,60
58	0,25000	0,25001	0,00001	0,10
59	0,13510	0,13506	-0,00004	-0,40
60	0,26810	0,26824	0,00014	1,40
61	0,25000	0,25001	0,00001	0,10
62	0,17550	0,17549	-0,00001	-0,10
63	0,25000	0,25003	0,00003	0,30
64	0,29750	0,29759	0,00009	0,90
65	0,26620	0,26628	0,00008	0,80
66	0,25000	0,25001	0,00001	0,10
67	0,06640	0,06639	-0,00001	-0,10
68	0,25000	0,25001	0,00001	0,10
69	0,25090	0,25094	0,00004	0,40
70	0,25000	0,25007	0,00007	0,70
71	0,18400	0,18406	0,00006	0,60
72	0,25000	0,24999	-0,00001	-0,10
73	0,25000	0,25003	0,00003	0,30
74	0,40850	0,40852	0,00002	0,20
75	0,25000	0,25003	0,00003	0,30
76	0,50390	0,50393	0,00003	0,30

Кількість ділянок 76.
Середня квадратична похибка визначення площі М=0,32 м^2.

Таблиця 3.5

Порівняння спотворень довжин ліній

№	Координати МСК (СК-42)			Координати МСК (УСК-2000)			Різниця
	X	Y	S	X	Y	S	dS
1	7 752,02	-103633,42		5 490 712,73	315382,614		
			0,3956			0,3965	0,001
2	7 749,29	-103642,78		5 490 709,82	315373,308		
			1,0028			1,0031	0,000
3	7 749,58	-103641,82		5 190 710,13	315374,262		
			8,7472			8,7473	0,000
4	7 702,56	-103617,88		5 190 663,58	315399,08		
			6,3502			6,3535	0,003
5	7 496,45	-103616,15		5 190 657,50	315400,924		
			13,7854			13,7818	-0,004
6	7 492,25	-103629,28		5 190 653,06	315387,877		
			6,1445			6,1433	-0,001
7	7 490,50	-103635,17		5 190 651,20	315382,022		
			35,0838			35,0750	-0,009
8	7 752,16	-103633,05		5 190 712,88	315382,981		
			24,1140			24,1149	0,001
9	7 729,01	-103626,3		5 190 689,86	315390,165		
			6,3843			6,3796	-0,005
10	7 723,07	-103623,96		5 190 683,97	315392,616		
			3,9932			3,9948	0,002
11	7 719,24	-103622,83		5 190 680,16	315393,817		
			17,3990			17,3953	-0,004
12	7 724,47	-103643,94		5 190 684,99	315372,615		
			8,1107			8,1112	0,000
13	7 726,51	-103636,09		5 190 687,18	315380,425		

Таблиця 3.6

Спотворення координат точок знімальної основи

УСК-2000 (по трансф. полю) (триградусна зона)		УСК-2000 (визначені) (триградусна зона)		Різниці координат (в триградусній зоні)		
В проекції Ґавсса-Крюґера, м		В проекції Ґавсса-Крюґера, м		В проекції Ґавсса-Крюґера, м		
x	*y*	*x*	*y*	по *x*	*по y*	загальне
5 275 165,23	215 045,73	5 275 165,15	215 045,76	0,081	-0,027	0,086
5 278 160,96	211 484,48	5 278 160,97	211 484,49	-0,016	-0,010	0,019
5 271 470,03	208 012,66	5 271 470,04	208 012,65	-0,011	0,005	0,012
5 267 945,48	207 205,12	5 267 945,51	207 205,08	-0,026	0,039	0,047
5 274 570,25	228 150,28	5 274 570,21	228 150,32	0,041	-0,047	0,062
5 268 513,84	211 453,60	5 268 513,82	211 453,66	0,013	-0,058	0,059
5 270 211,42	207 481,74	5 270 211,38	207 481,73	0,038	0,003	0,039
5 271 831,52	209 927,52	5 271 831,51	209 927,55	0,008	-0,024	0,025
5 278 523,97	216 875,05	5 278 523,98	216 875,16	-0,002	-0,106	0,106
5 266 948,40	224 758,38	5 266 948,23	224 758,47	0,169	-0,090	0,191
5 271 082,96	231 974,97	5 271 083,03	231 974,97	-0,072	0,001	0,072
5 265 136,44	227 222,68	5 265 136,37	227 222,76	0,066	-0,083	0,106
5 264 088,32	224 774,16	5 264 088,13	224 774,32	0,193	-0,153	0,246
5 266 026,68	225 310,42	5 266 026,58	225 310,45	0,104	-0,024	0,107
5 268 348,90	232 659,62	5 268 348,91	232 659,67	-0,004	-0,054	0,054
5 265 152,79	227 957,70	5 265 152,74	227 957,78	0,053	-0,075	0,092
5 258 072,64	228 993,20	5 258 072,59	228 993,31	0,052	-0,112	0,124
5 272 692,72	229 390,73	5 272 692,73	229 390,64	-0,015	0,085	0,086
5 277 037,33	219 654,84	5 277 037,34	219 654,84	-0,005	-0,003	0,006
5 274 148,12	226 328,07	5 274 148,04	226 328,13	0,080	-0,055	0,097
5 261 001,51	229 361,02	5 261 001,41	229 361,16	0,092	-0,141	0,169
5 277 955,07	221 358,65	5 277 955,02	221 358,81	0,053	-0,156	0,165

Кількість точок 22. Середня квадратична похибка спотворення координат точки знімальної основи M= 0.10 м

Таблиця 3.7

Спотворення координат земельних ділянок.

УСК-2000 (по трансф. полю) (триградусна зона)		УСК-2000 (визначені) (триградусна зона)		Різниці координат (в триградусній зоні)		
В проекції Ґавсса-Крюґера, м		В проекції Ґавсса-Крюґера, м		В проекції Ґавсса-Крюґера, м		
x	*y*	*x*	*y*	по *x*	*по y*	заг
5 393 719,80	188 365,90	5 393 719,82	188 365,99	-0,021	-0,084	0,087
5 395 626,57	194 002,03	5 395 626,46	194 002,04	0,111	-0,017	0,112
5 382 369,77	187 546,82	5 382 369,63	187 546,77	0,138	0,052	0,148
5 387 341,60	189 306,43	5 387 341,51	189 306,35	0,092	0,079	0,122
5 389 852,53	195 760,49	5 389 852,51	195 760,38	0,020	0,109	0,111
5 396 793,54	192 319,83	5 396 793,50	192 319,83	0,039	0,000	0,039
5 393 873,52	192 727,18	5 393 873,42	192 727,18	0,100	-0,005	0,100
5 385 859,41	189 610,14	5 385 859,36	189 610,09	0,048	0,043	0,064
5 393 538,28	191 420,30	5 393 538,15	191 420,35	0,130	-0,044	0,138
5 396 073,74	187 055,11	5 396 073,74	187 055,11	-0,001	-0,001	0,002
5 397 642,52	186 285,03	5 397 642,47	186 285,02	0,045	0,011	0,046
5 391 241,33	189 111,61	5 391 241,30	189 111,56	0,028	0,044	0,052
5 381 553,33	192 039,77	5 381 553,16	192 039,63	0,174	0,138	0,222
5 386 727,75	191 169,38	5 386 727,65	191 169,35	0,102	0,029	0,106
5 394 364,62	190 113,63	5 394 364,61	190 113,71	0,017	-0,077	0,079
5 396 199,41	190 256,44	5 396 199,38	190 256,39	0,029	0,055	0,062
5 389 758,24	186 485,47	5 389 758,38	186 485,50	-0,138	-0,033	0,142
5 392 009,65	186 524,51	5 392 009,76	186 524,52	-0,103	-0,005	0,103
5 396 211,06	185 293,55	5 396 210,99	185 293,68	0,065	-0,129	0,145
5 393 300,81	186 544,30	5 393 300,69	186 544,19	0,119	0,109	0,162
5 384 604,32	188 775,06	5 384 604,34	188 775,00	-0,024	0,059	0,064
5 388 201,80	188 582,06	5 388 201,72	188 581,94	0,079	0,117	0,141
5 395 190,84	191 788,76	5 395 190,80	191 788,78	0,040	-0,012	0,042
5 389 160,36	193 264,29	5 389 160,22	193 264,37	0,139	-0,085	0,163
5 393 260,43	190 912,31	5 393 260,29	190 912,31	0,139	-0,001	0,139
5 393 018,27	185 198,56	5 393 018,27	185 198,62	0,004	-0,051	0,051
5 397 601,92	187 349,67	5 397 601,90	187 349,65	0,022	0,022	0,031
5 389 881,60	186 498,55	5 389 881,55	186 498,54	0,051	0,009	0,052
5 388 668,10	186 307,30	5 388 668,00	186 307,26	0,100	0,035	0,106

Кількість точок ділянок 32. Середня квадратична похибка визначення координат точки M= 0,098 м

Отже, за результатами наших досліджень зміни або спотворення в площах, довжинах ліній чи кутах є очевидним явищем при переході з однієї системи координат до іншої, якщо вони базуються на референц-еліпсоїдах із різними параметрами.

Відповідність використання УСК-2000 земельному законодавству, а особливо перевищення площ у сучасних умовах, потребує подальшого розгляду та вирішення, шляхом уточнення законодавства.

Основними причинами згідно з якими площа, ділянки в одній системі координат не дорівнює площі тієї ж самої ділянки в іншій:

1. Відмінність між центрами і орієнтуванням осей просторових прямокутних координат, і відмінність між параметрами референцних еліпсоїдів, пов'язаних з цими координатами.

2. Наявність деформацій, викликаних випадковими і систематичними похибками однієї з систем координат.

3. Різниця, пов’язана з властивістю проекції Ґавсса-Крюґера спотворювати площі.

3.2 Точність визначення положення меж та площ земельних ділянок для інвентаризації земель населених пунктів

Питання точності, з якою необхідно визначати планове положення поворотних точок ділянок, набуває важливого значення для територій, які мають високу вартість землі і відповідно великі розміри платежів за землю.

З метою визначення граничних та СКП обчислення площі земельної ділянки нами було виконано моделювання розмірів земельних ділянок , які мали форму квадрата та прямокутника з різною подовженістю ν = / ba в інтервалі від 0,1 га до 10 га. Для визначення СКП площ ділянок координати точок поворотів меж змінювались під час їх моделювання датчиком випадкових чисел у межах 5, 10, 20 см. Використовуючи кожне з цих значень, виконано 50 реалізацій обчислення площі ділянки.

У табл. 3.8 наведено граничні та СКП площ ділянок. З результатів обчислень чітко відслідковується закономірність, що похибки площ збільшуються з подовженістю прямокутної ділянки. Залежно від величини СКП координат точок поворотів меж ділянок пропорційно змінюється СКП її площі.

Таблиця 3.8

Граничні та середні квадратичні похибки площ

№ з/п	Форма ділянки	Площа (га)	СКП m_x і m_y (см)	m_P ($м^2$)	m_P / P	m_P / P%	$m_{P\,гр}$ ($м^2$)	$m_{P\,гр} / P$	$m_{P\,гр} / P$%
1	$\nu = 1$	0,1	5	0,8	1:1250	0,08	2,2	1:454	0,22
			10	1,5	1:666	0,15	4,5	1:222	0,45
			20	3,1	1:322	0,31	8,9	1:112	0,89
2	$\nu = 4$	0,1	5	0,9	1:1110	0,09	3,3	1:303	0,33
			10	1,9	1:526	0,19	6,5	1:154	0,65
			20	3,5	1:285	0,35	12,8	1:78	1,28
3	$\nu = 10$	0,1	5	1,4	1:714	0,14	5,0	1:200	0,50
			10	2,8	1:357	0,28	10,1	1:99	1,01
			20	5,4	1:185	0,54	20,0	1:50	2,00
4	$\nu = 1$	0,6	5	1,6	1:3750	0,03	5,5	1:1091	0,09
			10	3,2	1:1875	0,05	11,0	1:545	0,18
			20	6,3	1:952	0,11	22,3	1:269	0,37
5	$\nu = 4$	0,6	5	2,2	1:2727	0,04	8,0	1:750	0,13
			10	4,4	1:1364	0,07	15,9	1:377	0,27
			20	8,8	1:682	0,15	31,9	1:188	0,53
6	$\nu = 10$	0,6	5	3,6	1:1667	0,06	12,3	1:488	0,20
			10	7,1	1:845	0,12	24,6	1:244	0,41
			20	14,0	1:428	0,23	49,3	1:122	0,82
7	$\nu = 1$	1,0	5	2,1	1:4762	0,02	7,1	1:1408	0,07
			10	4,1	1:2439	0,01	14,1	1:709	0,14
			20	8,2	1:1220	0,08	28,2	1:355	0,28
8	$\nu = 4$	1,0	5	3,0	1:3333	0,03	10,3	1:970	0,10
			10	5 9	1:1695	0,06	20,6	1:485	0,20
			20	11,7	1:855	0,12	41,3	1:242	0,41
9	$\nu = 10$	1,0	5	4 5	1:2222	0,05	15,9	1:628	0,15
			10	9,0	1:1111	0,09	31,8	1:314	0,32
			20	18,1	1:552	0,18	63,8	1:157	0,63
10	$\nu = 1$	5,0	5	4,6	1:10869	0,01	15,8	1:3165	0,03
			10	9,2	1:5435	0,02	31,6	1:1582	0,06
			20	18,3	1:2732	0,04	63,3	1:790	0,13
11	$\nu = 4$	5,0	5	6,5	1:7692	0,01	23,0	1:2174	0,05
			10	13,0	1:3846	0,03	46,1	1:1084	0,09
			20	26,1	1:1916	0,05	92 3	1:542	0,18
12	$\nu = 10$	5,0	5	10,0	1:5000	0,02	35,5	1:1408	0,07
			10	20,0	1:2500	0,04	71,1	1:703	0,14
			20	39,9	1:1253	0,08	142,3	1:351	0,28
13	$\nu = 1$	10,0	5	6,8	1:14706	0,007	22,4	1:4464	0,02
			10	13,6	1:7352	0,01	44,7	1:2237	0,04
			20	27,1	1:3690	0,03	89,5	1:1117	0,09
14	$\nu = 4$	10,0	5	9,5	1:10526	0,01	32,6	1:3067	0,03
			10	18,9	1:5291	0,02	65,2	1:1533	0,07
			20	37,4	1:2673	0,04	130,5	1:766	0,13
15	$\nu = 10$	10,0	5	14,4	1:6944	0,01	50,3	1:1988	0,02
			10	28,9	1:3460	0,03	100,5	1:995	0,10
			20	57,6	1:1736	0,06	201,1	1:497	0,20

Необхідно також зауважити, що під час обмірів земельної ділянки точність визначення її площі залежить від точності лінійних та кутових вимірів, тому подвійне обчислення площі за різними вимірами через похибки вимірювань приводить до двох значень площі ділянки.

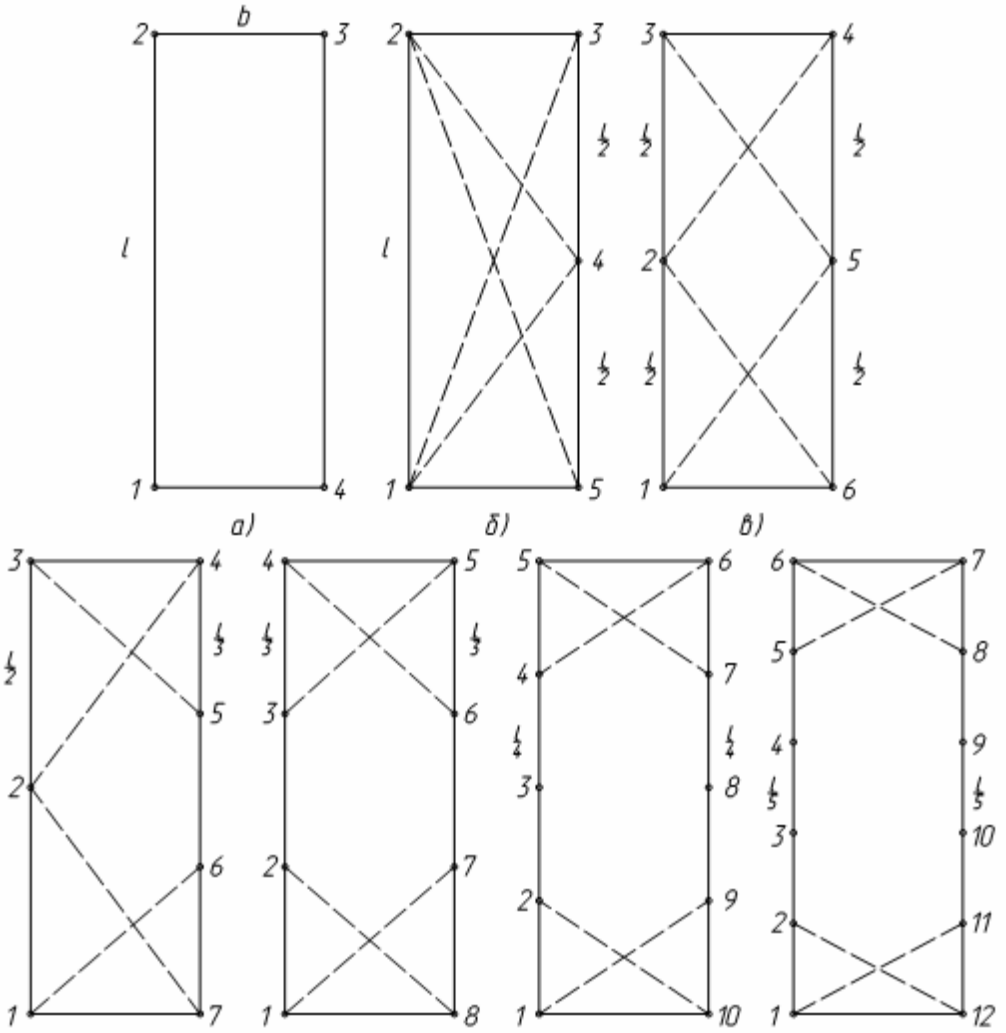
Виконані дослідження дають підстави стверджувати про необхідність введення в інструктивні матеріали граничної похибки на визначення площі земельної ділянки, в межах якої площі могли би бути зіставлені при їх повторних обмірах. Вимоги до визначення відносної похибки площі і площі з точністю 1 м^2 є не правомірними, оскільки ці величини залежать від розміру та форми ділянки і приводять до різної точності координування меж. При визначенні координат кутів повороту меж земельної ділянки необхідно враховувати клас точності визначенні координат та питання контролю вимірів, фактор значущості ділянки та способи закріплення меж земельної ділянки.

3.3 Дослідження точності визначення площ земельних ділянок з врахуванням кількості контурних точок та їх розташування

Як відомо, точність визначення площі земельної ділянки залежить переважно від точності визначення координат межових знаків, розміру та форми ділянки. Оцінювання точності визначення площ земельних ділянок є складною багатофакторною задачею, розв’язання якої постійно розвивається та вдосконалюється.

Розглянемо земельні ділянки, близькі до прямокутної форми як найпоширеніші при ринкових операціях з землею. Для цього розрахуємо середні квадратичні похибки *mp* для ділянок з різною кількістю контурних точок n і видовженістю *k*.

Схеми розташування контурних точок наведені на рис. 3.4.



Значення середніх квадратичних похибок визначення площ земельних ділянок розміром P = 1,0 га при mt = 0,1 м наведено в табл. 3.9.

Таблиця 3.9

Середні квадратичні похибки визначення площі mp залежно від кількості контурних точок n і коефіцієнта видовженості ділянки k

k	m_p, м²						
	Кількість контурних точок, n						
	4	5	6	7	8	10	12
1	10,00	9,68	9,35	9,01	8,66	8,08	7,45
2	11,18	10,61	10,00	9,50	8,98	8,29	7,81
3	12,91	12,16	11,37	10,70	10,00	9,07	8,41
4	14,58	13,69	12,75	11,96	11,12	10,00	9,19
5	16,12	15,12	14,05	13,16	12,20	10,93	10,00
6	17,56	16,46	15,28	14,29	13,23	11,82	10,79
7	18,90	17,70	16,42	15,35	14,20	12,66	11,54
8	20,16	18,87	17,50	16,35	15,12	13,46	12,26
9	21,34	19,99	18,52	17,30	15,99	14,23	12,95
10	22,47	21,04	19,50	18,21	16,82	14,96	13,60

Як видно з табл. 3.9, точність визначення площі підвищується із збільшенням кількості контурних точок ділянки. Окрім цього, на величину

середньої квадатичної похибки m_p впливає і розташування контурних точок за периметром ділянки.

Графіки залежностей m_p від n для одної з ділянок квадратної і прямокутної форми наведено на рис. 3.5

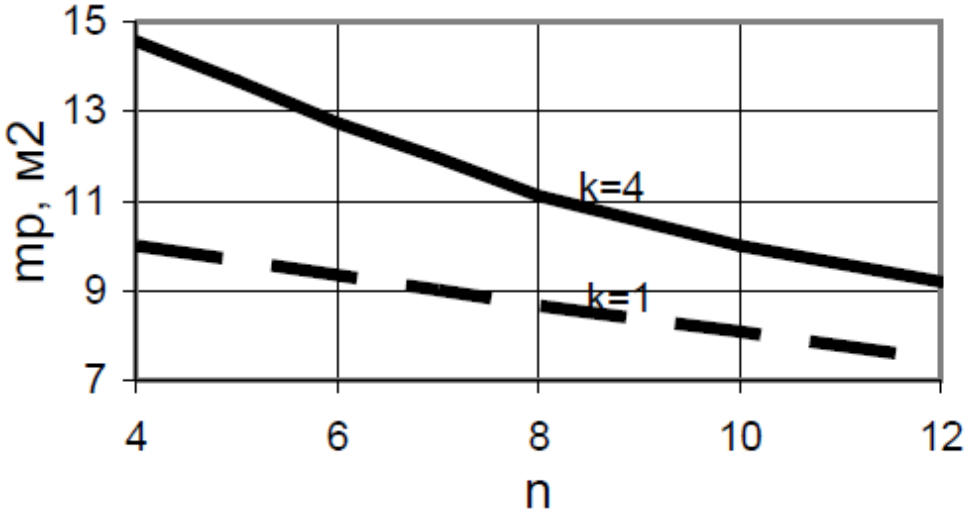


Рис. 3.5 Графіки залежностей середньої квадратичної похибки mp від кількості контурних точок n (P = 1,0 га ; mt = 0.10 м)

Результати розрахунків k_{ni} та їх середні значення k_{nicp} для земельних ділянок прямокутної форми наведено в табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Значення коефіцієнтів k_{ni}

k	m_p^{ni} / m_p^{n4}. Кількість контурних точок n					
	5	6	7	8	10	12
1	0.968	0.935	0.901	0.866	0.808	0.745
2	0.949	0.894	0.850	0.803	0.742	0.699
3	0.942	0.881	0.829	0.775	0.703	0.651
4	0.939	0.874	0.820	0.763	0.686	0.630
5	0.938	0.872	0.816	0.757	0.678	0.620
6	0.937	0.870	0.814	0.753	0.673	0.614
7	0.936	0.869	0.812	0.751	0.670	0.611
8	0.936	0.868	0.811	0.750	0.668	0.608
9	0.936	0.868	0.811	0.749	0.667	0.607
10	0.936	0.868	0.810	0.749	0.666	0.605
k_{ni}^{Φ} (k= 2-10)	0.939	0.874	0.819	0.761	0.684	0.627

Величини співвідношень k_{ni} не залежать від розміру площі ділянки.

3.4. Аналіз методів оцінювання точності визначення площ земельних ділянок

Для визначення похибки визначення площ ділянок використана формула

$$m_S = m_i \sqrt{S} \sqrt{\frac{1+k^2}{2k}}, \tag{3.1}$$

де m_i – похибка положення пункту вершини; S – площа ділянки;

k – коефіцієнт видовження (відношення довжини ділянки до її ширини). Перетворимо цю формулу для визначення середньоквадратичної похибки координат межових точок виходячи із заданої точності облікової одиниці

$$m_i = \frac{m_S}{\sqrt{S}\sqrt{\frac{1+k^2}{2k}}}. \tag{3.2}$$

Існує інша формула визначення цієї похибки

$$m_S = m_i \sqrt{S} + KS, \tag{3.3}$$

де К – коефіцієнт, що залежить від розміру, форми, точності та кількості точок на контурі ділянки, який визначається за формулою

$$K = \frac{mq\left(\sqrt{\frac{1+k^2}{2k}} - 1\right)}{\sqrt{S}}, \tag{3.4}$$

де – $q = \sqrt{2n + \frac{1}{n+1}}$ показник кроку контуру;

n — кількість проміжних точок на контурі ділянки;

$k = a/b$ – коефіцієнт видовження форми прямокутної ділянки.

$$m_S = \frac{m_i \sqrt{S}}{3}\left(1 + \sqrt{S}\sqrt{2n + \frac{1}{n+1}}\left(\sqrt{\frac{1+k^2}{2k}} - 1\right)\right), \tag{3.5}$$

Середньоквадратичну похибку визначення координат межових точок знаходять за формулою

$$m_i = \frac{3m_S}{\sqrt{S}\left(1+\sqrt{2n+\frac{1}{n+1}\left(\sqrt{\frac{1+k^2}{2k}}-1\right)}\right)} \tag{3.6}$$

Точність визначення площ визначають за формулою:

$$m_S = \frac{m_i}{3}\sqrt{S}\left(1+\frac{\sqrt{2n+1}}{(n+1)}\sqrt{\frac{1+k^2}{2k}}-1\right) \tag{3.7}$$

Для визначення середньоквадратичної похибки координат межових точок використовують формулу:

$$m_i = \frac{3m_S}{\sqrt{S}\left(1+\sqrt{2n+\frac{1}{n+1}\left(\sqrt{\frac{1+k^2}{2k}}-1\right)}\right)}. \tag{3.8}$$

$$m_S = \frac{m_i}{2}\Sigma\sqrt{(x_{i+1}-x_{i-1})^2+(y_{i+1}-y_{i-1})^2} = \frac{m_i}{2\sqrt{2}}\sqrt{[DD]_{i-1}^{i+1}},$$

Доцільно користуватись наступною тільки при апостеріорній оцінці точності.

$$m_S = \frac{m_i}{2\sqrt{2}}\sqrt{[dd]}. \tag{3.9}$$

Складніша фігура для визначення площ (рис.3.6).

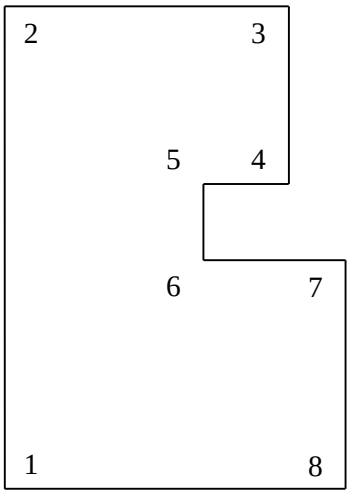


Рис. 3.6. Складна форма земельної ділянки

Каталог координат цієї ділянки наведений у табл. 3.11.

Таблиця 3.11

Координати межових точок

№	Y, м	X, м
1	0	0
2	0	140
3	30	140
4	30	90
5	20	90
6	20	60
7	40	60
8	40	0

Істина площа ділянки складає 4500 м^2. Обчислимо середні квадратичні похибки площі ділянки у залежності від значення середньої квадратичної похибки площ, якщо середня квадратична похибка положення межових точок складає 0,4 м формулою (3.1) маємо 41,9 м^2, при значенні k = 4,667, за формулою (3.3) – 49 м^2 за формулою (3.5) – 40,5 м^2, за формулою (3.7) – 35,9 м^2, за формулою (3.8) – 40,5 м^2. Було виконано підрахунок дійсних помилок визначення площ цієї ділянки при зміні координат межових точок враховуючи рівномірний розподіл випадково визначених координат. Всього було задіяне 180 варіантів. Загальна середня квадратична похибка склала 14,4 м^2. Діапазон значень дійсних похибок лежить у межах –34,601 - 29,060 м^2.

Відносні помилки обчислення площі (S). У землевпорядкуванні прийнято оцінювати помилки визначення площ земельних ділянок через відносні помилки (відношення середньої квадратичної похибки до абсолютного значення площі), тому розрахуємо їх використовуючи дані табл. 3.12.

Таблиця 3.12

Результати розрахунків середньої квадратичної похибки площі земельних ділянок

№ рядка	Площа S, га	Ширина, м	Довжина, м	Діагональ D, м	$\sqrt{\sum_{i=1}^{n} D_i^2}$, м	Середня квадратична похибка координат межового знаку m_t, м	Середня квадратична похибка площі m_S, м^2	Відносна похибка
1	0,12	30	40	50	-	0,5	17,7	1:68
2		20	60	63,25			22,4	1:54
3	1,0	100	100	141,42			50,0	1:200
4		50	200	206,16			72,9	1:137
5	2,0	125	160	203,04			71,8	1:279
6		100	200	223,61			79,1	1:253
7	5,0	200	250	-	589,49		104,2	1:480
8		125	400		736,55		130,2	1:384
9	9,8	245	400		812,45		143,6	1:682
10		196	500		838,85		148,3	1:661
11	10	250	400		817,01	2,5	722,1	1:138
12		200	500		842,61		744,8	1:134
13	15	375	400		949,67		839,4	1:119
14		200	750		1081,67		956,1	1:105
15	20	400	500		1014,89		897,0	1:112
16		200	1000		1264,91		1118,0	1:89

Дані цієї таблиці показують, що відносні помилки зростають зі збільшенням коефіцієнту видовженням і зменшуванням площі ділянки, крім того, зростання відбувається зі збільшенням площі. Тому для оцінки точності визначення площ необхідний диференційний підхід.

4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона природи включає систему правових економічних заходів, що спрямовані на зменшення забруднення навколишнього середовища через господарську діяльність, вона регулюється законом України “Про охорону природного навколишнього середовища”.

В сільському господарстві важливе значення має система заходів, спрямована на раціональне використання земель, захист їх від шкідливих антропогенних викидів, а також на підвищення родючості ґрунтів.

Господарська діяльність суспільства, спрямована на вирощування необхідної кількості екологічно чистих продуктів харчування, супроводжується руйнівним впливом на основні екологічні чинники довкілля: землю, воду, повітря, природні фіто і зооценози.

Технологій вирощування сільськогосподарських культур, які включають в себе обробіток ґрунту, використання неорганічних добрив, хімічних засобів боротьби з шкідниками і хворобами повинна опрацьовуватись з глибоким знанням справи науково обґрунтовано, щоб зберегти життєве середовище екологічно чистим, придатним для життєдіяльності людей.

Важливе місце в охороні природи належить економічному моніторингу, систематичному спостереженню за станом природних чинників.

Пріоритетним завданням щодо управління земельними ресурсами є охорона земель. Основна мета охорони земель – це впровадження правових, організаційних та економічних заходів, спрямованих на відтворення та підвищення родючості земель, запобігання необґрунтованому вилученню земель із сільськогосподарського обороту, захист від шкідливих антропогенних впливів.

В процесі формування ґрунтів рельєф відіграє значну роль в поєднанні з кліматичними умовами, ґрунтотворними породами, зволоженням та діяльністю людини, що призводить до утворення різних ґрунтів.

Формування ґрунтів тут відбувалось в умовах двох протилежних процесів ґрунтоутворення: підзолистого і дернового. Тому в залежності від інтенсивності прояву того чи іншого процесу і утворились різні типи і підтипи ґрунтів з характерними для них агрохімічними властивостями і відповідною природною родючістю.

Враховуючи категорії земель, крутизну схилів, агротехніку вирощування сільськогосподарських культур, для земель землекористувань має бути розроблено комплекси обробітку ґрунту і поліпшення угідь. На території землекористувань агротехнічні заходи застосовуються для збереження та збільшення вмісту гумусу (внесення органічних добрив люпину, гірчиці білої та інші), використовуються бактеріальні добрива для інокуляцій насіння бобових багаторічних трав з метою збагачення ґрунтів на азот.

Вода – один із найважливіших екологічних чинників, без якого життя на землі не можливе. Вода це основа життя людини, тому її треба зберігати.

Для того аби запобігти забрудненню води, господарські двори і ферми розміщають якнайдалі від водних джерел з дотриманням усіх умов охорони.

Забруднення поверхневих вод та підземних вод призводить до зміни фізичних властивостей, що шкідливо впливає на людину, природу і сільськогосподарське виробництво.

Всі речовини, що забруднюють води і які викликають у них якісні зміни розподіляються на: мінеральні, органічні, бактеріальні і біологічні.

На території знімання водні джерела постійно накопичують продукти ерозії, від чого поступово німіють , втрачають свою економічну роль. Щоб ця роль зберігалась, систематично здійснюються заходи запобігання замулювання річки і водоймищ. Серед них виділяють протиерозійну організацію території, задержання схилів, лісомеліоративні заходи.

Атмосферне повітря належить до категорії невичерпних ресурсів, однак господарська діяльність людини впливає на атмосферу і змінює склад повітря. Ці зміни можуть бути настільки суттєвими, що виникає потреба охорони повітряного басейну. Основними джерелами забруднення атмосферного

повітря є викидні гази двигунів тракторів, автомобілів, комбайнів та інших машин, які використовуються на виробництві, викиди побутових підприємств, випаровування у повітря шкідливих газів з тваринницьких ферм, зокрема при несвоєчасній чистці приміщень та неправильному зберіганні та використанні, втратах на машинних дворах, у майстернях, накопичення у тваринницьких приміщеннях аміаку, вуглекислого газу та шкідливих мікроорганізмів при відсутності належної вентиляції.

Серед заходів щодо охорони флори і фауни важливими є запровадження біологічних методів захисту рослин з метою зменшення внесення хімічних засобів, які спричиняють негативні екологічні зміни довкілля, сприяють загибелі корисних тварин і рослин. Необхідно запровадження прогресивних біологічних і інтегрованих методів боротьби з бур'янами, шкідниками і хворобами рослин.

Значні втрати птахів і звірів спостерігаються в час збирання хлібів, сінокосіння. Тому необхідно звернути увагу на організацію загінок для комбайнів та сінокосарок, щоб запобігти попаданню звірів під ріжучі апарати машин. Важливе значення має час збирання сіна, треба добитись, щоб він менше співпадав з загоном гніздування птахів. Необхідно звернути увагу на збереження місць гніздування птахів, що живляться шкідниками рослин, створення штучних місць для закладки гнізд.

Вищевикладені природоохоронні заходи спричиняють покращенню екологічної ситуації, оздоровлення оточуючих ландшафтів, естетичному вигляду довкілля.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

Особливості польових робіт складаються в тому, що вони виконуються під відкритим небом при великих коливаннях температури і вологості. На польових роботах праця і побут робітників невіддільне, тому здоров'я робітників і їхня працездатність багато в чому залежать від устрою побуту, відпочинку, харчування.

Незакалені робітники і студенти-практиканти в перші дні роботи при високій температурі повітря іноді занедужують від сонячного опіку, сонячного або теплового удару. Симптоми: почервоніння шкіри, сверблячка. Другий ступінь опіку - утворення прозорих пухирів, нездужання, головний біль. Слід запобігати прямого влучення сонячних променів.

При низкою температурі допускається виробництво робіт у поле в безвітряну погоду до - 25 °С, а на вітрі або на сигналі до - 10 °С із періодичними обігріваннями.

Режим харчування. В середньому у дорослої людини основний обмін дорівнює 1 ккал (4,2 Дж/кг на 1 кг маси людини в 1 ч). Наприклад, у людини масою 75 кг добовий обмін буде біля 75 х 24 ч = 1800 Ккал (7,5 кДж). На зігрівання і засвоєння їжі витрачається приблизно 10 % від основного обміну, отже, у нашому прикладі це складе 180 - 200 Ккал (0,75 кДж).

З огляду на ці дані й особливості геодезичних робіт, можна представити орієнтовані добові енергетичні витрати робітників геодезичних підприємств, а також масу і калорійність продуктів їхнього харчування в польових умовах.

Ремонт і будівництво геодезичних знаків. Заготівля лісу для будівництва знаків у лісових районах ведеться силами будівельних бригад. Крім того, лесорубочні роботи припадає виконувати при прорубці просік і візирок, розчистці площадки для будівництва знака, маркіруванню РЗ, устаткуванні переправ і т.п.

Більшість нещасливих випадків на лісорубочних роботах відбувається в зв'язку з падінням суків, дерев, завалом шляхів і небезпечними прийомами до роботі з інструментами й ін. Тому в першу чергу лісозаготівельна партія повинна підготувати площадку: очистити ділянка лісосіки від небезпечних дерев, відмежувати небезпечні зони, а також розбити ділянка заготівель на лісосіки, установити шляхи (волоки), підготувати лісовозні дороги і ділянки зрізки відходів, суків, провести устрій складів лісу.

До числа небезпечних і негожих дерев, що вирубуються при очистці лісосік у підготовчий період, ставляться: гнилі, сухостійні, що завислі, нахилені.

Підготовка (очистка) проводиться під керівництвом бригадира, а контроль і перевірку виконання підготовчих заходів здійснює керівник робіт і суспільний інспектор по охороні праці.

Спиливання починається з підпилу дерева з боку, на якій намічається його валка, при цьому необхідно враховувати: де більше крона, куди дерево має нахил і куди зручніше його покласти для наступної опрацювання.

Дерево звалюють виделкою, древовалом, домкратом, а частіше усього гідроклином.

Бензопила в процесі роботи створює помітну вібрацію, що викликає вібраційну хворобу пильщика. З метою попередження і захисту від гомону і вібраційної хвороби рекомендується: обмеження часу роботи бензопилою до 50% денної робочої зміни, чергування з іншим видом робіт, заборона понаднормових робіт із бензопилою, обов'язковий годинної обідня перерва, видача мотористу теплих рукавиць, віброперчаток, устрій резинових ручок з амортизаторами віброгасників у бензопили, щомісячний медичний огляд робітників, переклад на іншу роботу при виявленні ознак вібраційної хвороби.

Будівництво геодезичних знаків являє собою саму трудомістку, дорогу і небезпечну частину робіт із тріангуляції і полігонометрії. Більш того, вона рахується роботою підвищеної небезпеки і дає найбільший коефіцієнт тяжкості травматизму.

У містах будують сучасні високі будинки, вони нерідко перешкоджають взаємній видимості між пунктами існуючої мережі, тому геодезисти змушені створювати нову геодезичну основу міста і будувати нові сигнали на дахах високих сучасних будинків міста. Така робота вимагає відповідних мір безпеки.

Робота з будівництва геодезичних сигналів вимагає притягнення добре підготовленого персоналу, минулого спеціальну курсову підготовку з вивченням безпечних методів робіт на височіні. Усі відповідальні роботи з будівництва і підйому сигналу від початку до кінця здійснюються при особистій участі керівника робіт.

З огляду на вимоги безпеки, керівник робіт вибирає місце для табору на відстані не менше чим три височіні сигналу від мурованого пункту. Розміщення складу матеріалів, механізмів, транспортних засобів - не ближче, ніж на одну височінь знака. На такому ж відстані від місця будівництва площадку очищають від кущів і підліска, вирівнюють від бугрів тощо.

Для безпечної зборки сигналу на землі роблять козли, що трохи піднімаються до верхньої частини сигналу. На козлах надійно зміцнюють підтоки - упори для основного стовпа, навколо якого повертається на 60° перша рама, і посилюють ці упори стовпами, заритими в землю, для того щоб рама при повороті не зрушувалася з цап.

Заготівля лісоматеріалів і деталей робиться строго по нормам, прийнятої технології і графіку зборки і монтування сигналу.

У процесі будівельних робіт повинні строго виконуватися правила техніки безпеки, по яких не дозволяється: працювати без касок, у плащах, халатах, фартухах, передавати інструмент товаришу кидком, працювати інструментом із погано насадженими ручками і черешками, протесувати підтоки, притискаючи їхніми ногами й ін. У якості піднімальних засобів використовуються блоки, троси, трактори, тягачі, усюдиходи. Діаметр блоків при роботі з ручним приводом (воротом) повинний бути не менше 16, а при роботі з машинним приводом - не менше 20 діаметрів троса. Нові блоки повинні мати фабричний сертифікат або свідчення про лабораторний іспит, а

блоки, що були в роботі, піддаються технічному огляду: технічному огляду, статичному і динамічному іспитам.

Спостереження на сигналах. Для роботи на пунктах тріангуляції необхідно забезпечити безпечне піднімання спостерігача на площадку сигналу. Тому до виробництва спостережень бригадир проводить ретельне обстеження сигналу з метою перевірки надійності сходів, вихідного люка й усіх площадок. Несправні, розбовтані, що загнили сходини, а також дошки площадок, що загнили, необхідно замінити новими. Перевіряється надійність перил на площадках. Спостерігач зобов'язаний підніматися на сигнал із вільними руками, але за плечима в рюкзаку може мати вантаж не більш 6 кг.

При грозі й ожеледі підніматися на сигнал і працювати на ньому не дозволяється. Після дощу дозволяється піднімання тільки після того, як просохнуть сходини і дошки площадок.

Прилади на сигнал піднімають за допомогою тросів і блоків. Для піднімання приладу блок підв'язують до основного стовпа на висоту 1,8-1,9 м від статі площадки, не піднімаючись при цьому на перила. Перекинувши канат через блок, підв'язують до його кінця ящик із приладом (підв'язують не за ручку, а за мотузку, якої обв'язаний ящик хрест-навхрест), а також контрольний канат, опущений із площадки сигналу. Інший кінець контрольного каната підтягується на площадку сигналу і навивається за підставу столика так, щоб контрольний канат увесь час знаходився в натягнутому стані. Третя мотузка, підв'язана до ящика, служить оттяжкою, із тим щоб ящик із приладом при підніманні і спуску не вдарявся об віденців сигналу.

Людина, що піднімає прилад на площадку сигналу, повинна підв'язати себе ланцюгом запобіжного поясу до основного стовпа сигналу. При прийманні ящика він повинний брати його за обв’язку. Під час роботи на сигналі двері вхідного люка щільно закривають і вона служить рівною статтю, безпечним для роботи спостерігача.

Не можна вставати на перила під час підв'язки тенту.

На сигналі не варто проводити спостереження при сильному вітрі (більш 6 балів - 12 м/с) *і* при температурі нижче - 10 °С.

Тривале перебування спостерігача на сигналі в холодну погоду наводить до порушення кровообігу - застою крові. Як слідство цього з'являється скутість рук і ніг, губиться здатність надійно чіплятися пальцями за сходини сходів при спуску із сигналу, що може привести до падіння спостерігача. Для запобігання явної небезпеки в холодну погоду необхідно страхувати спостерігача, що злазить, шляхом підв'язки його канатом, заздалегідь перекинутим через одну з верхніх щаблин. Це робить людина стоячий насподі. Якщо ж є ще хто на площадці сигналу, то він повинний страхувати свого товариша травленням каната поверх.

При піднімании на сигнал і спуску із сигналу треба користуватися взуттям, підошва якого не сковзає, а має гарне зчеплення з дерев'яними сходинами сходів.

Водяні переправи

Змушені в процесі робіт водяні переправи порушують режим, ритм польових геодезичних робіт і нерідко створюють велику небезпеку. Небезпеці піддаються новачки, малодосвідчені і недостатньо навчені робітники.

Водяні переправи здійснюються: вбрід (пішки, автомашиною, усюдиходом), перевозом - плавом (на човнах, плотах, поромах, усюдиходах), переходом (по льоду, греблі, мосту).

На більшості мілководних малих рік, що мають щільний ґрунт дна і швидкість плину не більш 2 м/с, допускається вільна переправа вбрід пішки і на будь-якому транспорті при температурі не нижче +12 °С. Деякі старі броди, зображені на топографічних картах, можуть бути негожі внаслідок зміни глибини річища весняними повенями. Отже, як нові, так і старі броди необхідно старанно досліджувати на місцевості: з'ясувати дійсну глибину, ширину і швидкість плину, характер ґрунту дна, крутизну берегів, час і рівень повеней. Варто пам'ятати, що для різних засобів переправ установлена визначена глибина занурення при різноманітній швидкості плину води в річці.

Нові броди варто шукати при зниженні берегів і поширенні річища ріки, у таких місцях часто зустрічаються перекати, коси, що полегшують шукання броду. Негожі для броду спокійні заводь, у яких осідає мул і дно ріки стає м'яким, багнистим. Піші переходи через ріки вбрід повинні здійснюватися з охороною по канату. Без охорони допускаються переходи, якщо глибина броду не більш 2/3 величини. При виробництві геодезичних робіт поблизу населених місць можливі водяні переправи на великих човнах вантажопідіймальністю не менше 500 кг при ширині ріки до 300 м.

Не можна допускати переправи при перевантаженні човна, тобто при зануренні човна вище ватерлінії; кожна повинна мати надійні рятувальні засоби. До бортів човна обов'язково прикріплюють леєри - мотузки, за які можуть триматися ті, що впали за борт.

ВИСНОВКИ

Мета даної магістерської роботи полягає у досліджені точності визначення площ земельних ділянок для потреб земельного кадастру.

В роботі проаналізовано геодезичне забезпечення земельного кадастру в Україні. Наведені характеристики систем координат, що використовуються для виконання геодезичних робіт. Описано методику переходу з однієї системи координат в іншу, та процес координатного трансформування, вибір картографічної проекції для ведення земельного кадастру.

Описано методику встановлення меж та визначення площ земельних ділянок. Досліджено вплив переходу між системами координат СК-63 та УСК-2000 на зміни площі земельних ділянок.

За результатами наших досліджень зміни або спотворення в площах, довжинах ліній чи кутах є очевидним явищем при переході з однієї системи координат до іншої, якщо вони базуються на референц-еліпсоїдах із різними параметрами. Відповідність використання УСК-2000 земельному законодавству, а особливо перевищення площ у сучасних умовах, потребує подальшого розгляду та вирішення, шляхом уточнення законодавства.

Основними причинами згідно з якими площа, ділянки в одній системі координат не дорівнює площі тієї ж самої ділянки в іншій:

1. Відмінність між центрами і орієнтуванням осей просторових прямокутних координат, і відмінність між параметрами референцних еліпсоїдів, пов'язаних з цими координатами.

2. Наявність деформацій, викликаних випадковими і систематичними похибками однієї з систем координат.

3. Різниця, пов’язана з властивістю проекції Ґавсса-Крюґера спотворювати площі.

Також у роботі приділено увагу питанням охорони навколишнього середовища та охорони праці.

Бібліографічний список

1. Аврамчук Б.О., Патюк О.О. Деякі питання відповідності системи координат УСК-2000 земельному законодавству. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*, 2019 №1. С.77-85.

2. *Барановський В.Д.* Пошуки оптимальних картографічних проекцій для великомасштабного картографування України / В.Д. Барановський // Вісник геодезії і картографії. – 2004. – №3. – 24 – 29 с.

3. *Барановський В.Д.* Системи координат та картографічні проекції / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, В.Д. Барановський // Топографо-геодезичне та картографічне забезпечення ведення державного земельного кадастру. – К.: 2009. – 95 с.

4. Боровий В., Зарицький О. Застосування нової референцної системи координат УСК-2000. *Землевпорядний вісник*. 2017. № 5. С. 22 – 26.

5. Брынь М. О согласовании площадей и границ земельных участков в геоинформационных системах кадастра объектов недвижимости / М. Брынь, В. Иванов, С. Дергачёв, В. Колгунов, Ю. Щербак // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, випуск II (24), 2012. – С. 167-169.

6. *Бугаевский, Л. М.* Картографические проекции. / Л.М. Бугаевский, Л.А. Вахрамеева . – М.: Недра, 1992. – 293 с.

7. Віват А., Літинський В., Колгунов В., Покотило І. Дослідження точності визначення координат GNSS методом в режимі RTK. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2011. №74. С.52-59.

8. Віват А., Назарчук Н., Крива Х. Дослідження точності визначення координат методом GNSS у RTK та PPP режимах. матеріали міжнар. наук.-техн. конф. молодих вчених, м. Львів, 13-15 грудня. 2018 р., Львів, 2018. С. 15-18.

9. Геодезичний енциклопедичний словник. / За ред. Володимира Літинського – Львів: Євросвіт, 2001. – 668 с.

10. Гермонова Е., Лимарева Е. Влияние корреляционных зависимостей между ошибками определения координат контурных точек на точность определения площадей земельных участков // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів: Ліга-Прес, 2002. – С. 287–290.

11. *Гинзбург Г.А.* Атлас для выбора картографических проекций / Г.А. Гинзбург, Т.Д. Салманова // Труды ЦНИИГАиК. – М.: 1957. – Вып. 110. – 239 с.

12. Гофманн-Велленгоф Бернард. Глобальна система визначення місцеположення (GPS): Теорія і практика. / Б. Гофманн-Велленгоф, Г. Ліхтенеггер, Д. Колінз. Переклад з англ. мови за ред. Акад. НАНУ Я.С. Яцківа, - К.: Наукова думка, 1996. – 380 с.

13. *Граур А.В.* Математическая картография. / А.В.Граур. – Ленинград: изд-во Ленинградского ун-та,1956. – 372 с.

14. Доскач А. Точність визначення площ за плоскими прямокутними координатами / А. Доскач, В. Тарнавский, В. Літинський // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Випуск І(19), 2010. – С.107-114

15. Дутчин М. Дослідження точності визначення площ земельних ділянок з врахуванням кількості контурних точок та їх розташування / М. Дутчин, І. Біда, Г. Мельниченко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів: Ліга-Прес, 2002. – С. 301-308.

16. Задемленюк А.В. Про сучасний стан координатного забезпечення та перспективи його вдосконалення для задач кадастру. *Геодезія, картографія, аерофотознімання*, 2008. Вип. 70. С. 14-21.

17. Заєць І. Основні засади використання геодезичної референцної системи координат УСК-2000 для забезпечення ведення Державного земельного кадастру. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. Випуск І (27), 2014. С. 9-11.

18. *Земельний* кодекс України // Відомості Верховної Ради України, 2002. - № 3-4, 27 с.

19. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500: Наказ Головного управління геодезії, картографії та кадастру від 09.04.1998 р. №56 URL: http://zakon.rada.gov.ua / (дата звернення: 12.05.2022).

20. *Карпінський Ю.О.* Дослідження картографічних проекцій геопросторових даних для об'єктів земельного кадастру / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Т.В. Щербина // Вісник геодезії і картографії. – К., 2003. – №2. – С.41-47.

21. *Кубах С.М.* Принципи встановлення та практика використання картографічних проекцій для математичного відображення кадастрових знімань / С.М. Кубах // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Львів, 2011. – Вип. 75. – С.10 – 16.

22. Кучер О.В. Внедрение государственной референцной системы координат Украины. *Автоматизированные технологии изысканий и проектирования*. 2012. № 3(46). С. 67–73.

23. Ланьо О.В., Савчук С.Г. Дослідження точності RTK-вимірювань у мережі референцних станцій. *Вісник геодезії та картографії*. – 2012. № 4 (79). – С. 8-13.

24. Маркузе М. Ю. Оценка точности определения площадей земельных участков застроенных территорий / Авт. реф. на соискание уч. ст. к .т. н. – 10 с.

25. Маслов А. В. Способы и точность определения площадей /А. В. Маслов // Геодезиздат. М., 1955 – 110 с.

26. Охрімчук А. Ю. Аналіз вимог щодо точності встановлення меж та визначення площ земельних ділянок в містах / А. Ю. Охрімчук // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування – Випуск 2(58) 2012 р. Серія «Технічні науки» – С. 219-226.

27. Паспорти регіональних (місцевих) систем координат [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://dgm.gki.com.ua/ua/pasporti-regionalnih-systems-coordinates-usk-2000

28. Петров С. Л. Точність визначення положення меж та площ земельних ділянок для інвентаризації земель населених пунктів / С. Л. Петров, А. Л. Церклевич // Геодезія, 62 картографія і аерофотознімання. Вип. 75, 2011 – С. 62-67.

29. Про затвердження Порядку використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою: Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 02.12.2016 р. №509 URL: http:// zakon.rada.gov.ua / (дата звернення: 12.05.2022).

30. Прокоф'єв Ф. І. Охорона праці в геодезії і картографії. М.: - Недра, 1987.

31. *Савчук С.Г.* Деякі питання геодезичного забезпечення кадастрових робіт / С.Г. Савчук, А.В. Задемленюк // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – європейський досвід. – Чернігів, 2008. – Вип. 4. – С.58 – 61.

32. Савчук С.Г. Проблемні питання під час використання сучасних супутникових технологій визначення координат. *Геодезія, картографія і аерофотознімання.* — Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». — 2007. — Вип. 69. — С. 20 – 33.

33. Сайт мережі ZAKPOS режим доступу http://zakpos.zakgeo.com.ua/

34. Смірнов Є. І. Точність визначення площ земельних ділянок місцевості. / Є. І. Смірнов. // Геодезія, картографія і аерофотознімання. Міжвідомчий науково-технічний збірник. – Львів, 2010. – С.142-143.

35. Угненко Є.Б., Ужвієва О.М., Тимченко О.М., Камчатна С.М. Інженерно-геодезичне забезпечення просторової прив'язки природних об'єктів. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. 2019. Вип. 184. С. 61 – 67.

36. Церклевич А. Про один метод оцінювання точності визначення площі земельних ділянок / А. Церклевич, Ю. Дейнека, С. Петров // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Вип. I (23), 2012 – С. 263-267.-3

37. Церклевич А., Сигляк М. Про точність визначення меж та площ земельних ділянок при виконанні інвентаризації земель населених пунктів // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів. – 1999. – С. 124–130.

38. Церклевич А.Л. Про точність визначення площ і положення меж земельних ділянок // Geodezja inzynieryjna i kadaster w gospodarce narodowe. – Budownictwo i Inzynieria Srodowiska. 1998. – z. 29 . – С. 117–123.

39. Черняга П., Кубах С. Переваги та недоліки різних систем координат та геодезичних проекцій під час ведення земельного кадастру. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*, 2010. вип. II(20). С. 62-66.

40. Черняга П.Г. Супутникова геодезія. Навчальний посібник / П.Г. Черняга, І.М. Бялик, Р.М. Янчук. 2-ге вид., без змін – Рівне: НУВГП, 2014. – 222 с.

41. HAKLI P. Practical Test on Accuracy and Usability of Virtual Reference Station Method in Finland // FIG Working Week 2004, Athens, Greece. – P. 1–16.

42. Ugnenko Evgeniya, Perova Elena, Voronova Yelizaveta, Viselga Gintas. Improvement of the mathematical model for determining the length of the runway at the stage of aircraft landing. Procedia Engineering. TRANSBALTICA 2017. Transportation science and technology: proceedings of the 10th international scientific conference, May 4-5, 2017, Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania. Amsterdam: Elsevier Ltd. Vol. 187 (2017). P. 733-741.

43. Wanninger L. Virtual reference stations for centimeter-level kinematic positioning // Proc of the 15th Int. Tech. Meeting of the Satellite Division of the U.S. Inst. of Navigation. 2002. – USA. – P. 1400–1407.