

ПРО СУЧАСНИЙ СТАН КООРДИНАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО ВДОСКОНАЛЕННЯ ДЛЯ ЗАДАЧ КАДАСТРУ

© Заземленюк А.В., 2008

На основе проведенных исследований геодезических пунктов сделан анализ состояния городской сети г. Львова с использованием современных GNSS-технологий.

On the basis of the survey researches of geodetic points the analysis of a condition of a city network of Lviv with use of modern GNSS-technologies is made.

Постановка проблеми. Земельний кадастр України сьогодні потребує чітких та науково-обґрунтованих методів ведення кадастрових знімачь з врахуванням існуючих технічних та юридичних норм і правил та з подальшою перспективою їх розвитку.

Враховуючи нормативно-правову та технічну неврегульованість багатьох питань, можна в різних випадках значно “спотворити” остаточні результати кадастрової інформації. Зокрема це стосується роботи з топографічними картами та планами відповідних масштабів 1:10 000 – 1:500, а найголовніше з використанням координатного забезпечення.

Отже, постає проблема чіткого розмежування не тільки функцій використання топографічних та кадастрових планів і карт, але й їх технічних параметрів, які можуть значно вплинути на якість кадастрової інформації. Основою, яка об’єднує всю інформацію, є єдина координатна основа на державному, регіональному, обласному чи районному рівні. Тому потрібно, щоб вона була якісною та мала єдиний підхід до створення та використання по всій території держави.

Зважаючи на швидке зростання цін на нерухомість, а земля завжди буде в ціні, питання з встановлення меж між землекористувачами є актуальною проблемою. Нині здебільшого, межі між землеволодіннями треба визначати з похибкою не більше 10 см, а в деяких — навіть точніше.

Використання глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) останніми роками значно спростило створення координатної основи для забезпечення розв’язку різноманітних задач, зокрема і у кадастрі. На жаль, в Україні ще рано говорити про повноцінне використання GNSS для кадастру. І хоча GNSS-технології доволі широко використовуються, проте насправді робляться тільки перші кроки досліджень та аналізу щодо їх ефективного використання. Ми стикаємось на практиці з деякими невирішеними питаннями, і насамперед, щодо впровадження нової координатної основи.

Зв’язок з важливими науковими й практичними завданнями. Розроблення та впровадження нової координатної основи України має дуже важливе значення. Зокрема це стосується земельної реформи, якісної та достовірної кадастрової інформації, навігаційного забезпечення тощо. Для топографо-геодезичної галузі розроблена “Державна цільова науково-технічна програма розвитку топографо-геодезичної діяльності та національного картографування на 2003–2010 роки”, в якій йдеться про створення національної системи відліку, забезпечення відкритого доступу споживачів до геопросторової інформації за допомогою телекомунікаційних технологій, інтеграції України у міжнародні організації. Що стосується конкретно проблем кадастру, то розроблена “Державна програма розвитку земельних відносин в Україні на 2006–2010 роки”, за якою вирішуватимуть проблеми розмежування земель за категоріями, охороною та раціональним використанням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, присвячених вирішенню цієї проблеми.
Аналіз нормативно-технічної документації. На жаль, в Україні нормативно-технічна база щодо землевпорядних робіт практично не змінилася від радянських часів. Досі ми користуємось під час кадастрового знімання інструкцією з топографічного знімання М: 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 [5]. Згідно з інструкцією, для забезпечення необхідної точності відображення прийнятої облікової одиниці площі, гранична похибка точок знімального обґрунтування і межових знаків стосовно найближчих пунктів державної геодезичної мережі не повинна перевищувати: 0.1 м – у містах республіканського і обласного підпорядкування; 0.2 м – у містах районного підпорядкування і селищах; 0.4 м – у селах. Похибка взаємного положення суміжних точок межі не повинна перевищувати 0,1 мм у масштабі плану: у містах республіканського та обласного підпорядкування 1:500; у містах районного підпорядкування і селищах – 1:1000; в селах – 1:2000, а відносна похибка визначення площі – 1:1000. Проте, враховуючи швидкість розвитку обчислювальної техніки та геодезичного обладнання, вона в деяких випадках є просто неактуальною. Однак до неї всі звикли і стараються хоч якось дотримуватись. Проте ніде не згадується про допуски під час знімання, наприклад, земель лісового, водного фонду, запасу, промисловості і земель іншого спец-призначення. Сьогодні області, райони, міста, селища, села не повною мірою забезпечені відповідними землевпорядними, планово-картографічними, ґрунтовими, землеоцінними матеріалами, містобудівною документацією тощо. Не встановлено межі ще багатьох населених пунктів, що призводить до конфліктних ситуацій у разі сплати земельного податку та наданні земельних ділянок громадянам і юридичним особам [1].

Нині просто необхідно розробити та затвердити керівні інструктивно-методичні матеріали для кадастрових робіт, зокрема для робіт, пов'язаних із координуванням місцевості за допомогою GNSS-технологій. Адже настав якийсь незрозумілий переломний період: з одного боку, в Україні все доступнішим стає GNSS обладнання, яке доволі швидко проходить адаптацію до наших реалій (невизначеність із референцними системами координат, їх закритим і напівлегальним характером, втратою значної кількості пунктів ДГМ), а з іншого, немає практично жодного методичного забезпечення щодо його використання у сучасних умовах, особливо це стосується вибору, вихідного пункту/пунктів під час проведення GNSS-спостережень, координати якого були б однозначно пов'язані з референчною системою координат ITRF2005/ETRS89. Якщо за такі пункти приймаються пункти ДГМ, то постає неоднозначна задача переходу до систем координат СК-42/СК-63, що у принципі нівелює всю перевагу GNSS-спостережень (окрім оперативності), якщо за такі пункти приймаються самостійно встановлені базові GNSS-станції, то постає проблема професійного і репрезентативного визначення їх координат. Репрезентативність у цьому разі полягає у тому, щоб і сусідні “базові” станції були в одному координатному полі. І якщо за такі пункти приймаються діючі перманентні GNSS-станції, то постає питання однозначного їх використання: тривалість спостережень, віддаленість від станції, типи приймачів тощо.

Постановка завдання. На основі виконання GNSS-спостережень на пунктах мережі м.Львова та даних аналогічних спостережень на території Львівської обл. провести аналіз стану державної геодезичної мережі та перспектив її подальшого використання для проведення землевпорядних робіт.

Виклад основного матеріалу. Класична координатна основа у вигляді пунктів ДГМ була створена у XX ст. на всю територію СРСР і на території України складалася із майже 25 тис. пунктів 1–4 класів. Координати пунктів ДГМ задані у системі координат СК-42 або похідній від неї умовній системі СК-63. На початку XXI ст. в Україні була розроблена і побудована нова геодезична референцна система УСК-2000 з використанням GNSS-технологій, яка, однак, ще не отримала широкого розповсюдження. Перманентні GNSS-станції, що входять у загальноєвропейську мережу EPN, мають визначені координати у системі ITRF2005/ETRS89. Окремі базові GNSS-станції визначають переважно у референційній системі GPS – WGS-84.

Отже, час геодезичних робіт доводиться, стикаючись з такими системами координат:

СК-42 – державна референсна система координат, яка була отримана в результаті урівнювання 87 полігонів астрономо-геодезичної мережі 1-го класу, введена в 1946 р.;

СК-63 – умовна система координат, введена в 1963 р.;

МСК – місцева система координат, використовують переважно на невеликих за площею територіях;

УСК-2000 – державна геодезична референсна система координат, введена з 1 січня 2007 р.;

WGS-84 – загальноземна геодезична референсна система координат;

ITRFXX – міжнародна земна референсна система координат;

ETRS89 – загальноєвропейська земна референсна система координат [4].

На основі цього виникають проблеми з прив'язкою пунктів чи з вибором системи координат у разі кадастрового знімання.

Сьогодні роботи здійснюються у системах: СК-42 (СК-63), МСК, WGS-84, ETRS89/ITRFXX. З 1.01. 2007 року Постановою Кабінету Міністрів України офіційно введена в дію геодезична референсна система координат УСК-2000[3]. Втілити на практиці цю систему виявилось доволі складно. Сьогодні вона не відкрита для загального користування. Не до кінця вирішеним питанням залишається завдання з трансформування координат, тобто переходу від координат однієї референсної системи до іншої. Основними перевагами її є те, що:

- система координат УСК-2000 встановлена за умови паралельності її осей просторовим осям Міжнародної загальноземної референсної системи координат ITRS;
- система координат УСК-2000 чітко узгоджена з Міжнародною загальноземною референсною системою координат ITRS на епоху 2000 року – ITRF2000.

Практичною цінністю нової системи координат є можливість ефективного використання GNSS-технологій в топографо-геодезичному виробництві. Сучасні технології GNSS дозволяють вирішувати геодезичні завдання різного рівня: від розвитку державної геодезичної мережі до інвентаризації земельних ділянок. Практика показує, що продуктивність праці зростає при цьому в десятки разів і залежить, переважно, від необхідної точності визначення координат, ліміту часу на вимірювання, умов виконання робіт, застосування різних типів GNSS-приймачів.

Можна виділити такі класи кадастрових завдань, де застосовуються GNSS-технології:

- згущення геодезичної мережі (статика);
- прив'язка локальної координатної системи до глобальних систем координат (статика);
- знімання меж земельних ділянок й інших об'єктів на місцевості (статика й кінематика);

Найбільше поширення під час кадастрових робіт одержало комплексне використання GPS-приймачів й електронних тахеометрів.

Однак перш ніж застосовувати GNSS-технології, необхідно звернути увагу на стан геодезичної мережі у сенсі однорідності її координатної основи. Як показують дослідження, зроблені у Науково-дослідному інституті геодезії і картографії [2], лише у 5,3% пунктів ДГМ похибка координат не перевищує 0,5 м, а у 90% вона становить від 0,5 до 2,5 м !. На рис. 1 і 2 наведено різниці плоских прямокутних координат між новою однорідною на рівні перших сантиметрів референсною системою УСК-2000 та існуючою досі системою координат СК-42 для порівняно невеликого регіону Львівської обл. $1^0 \times 1.5^0$. Як очевидно із картосхем, різниці координат становлять більше 1 метра. Проте важливішою характеристикою є не стільки абсолютні величини різниць, як їхній територіальний розподіл. На такій невеликій ділянці зміна координат становить до 0.7 м, що не може бути допустимою, враховуючи ще той факт, що це є лише помилка вихідних даних. А якщо додати сюди ще похибки геодезичних прив'язок та похибки безпосередніх вимірювань, то сумарна величина може достатньо серйозно вплинути на результати кадастрових знімань.

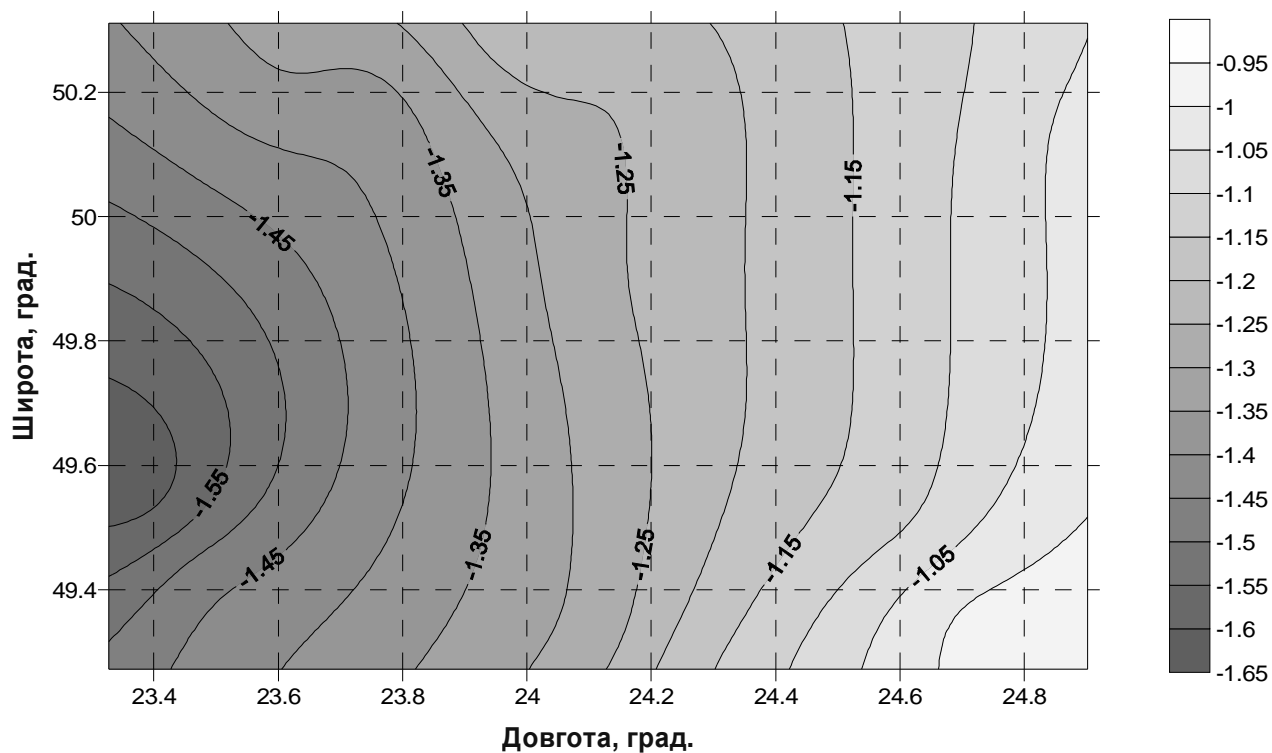


Рис. 1. Різниці координат Δx , [м] між системами УСК2000-СК42 в регіоні Львівської обл.

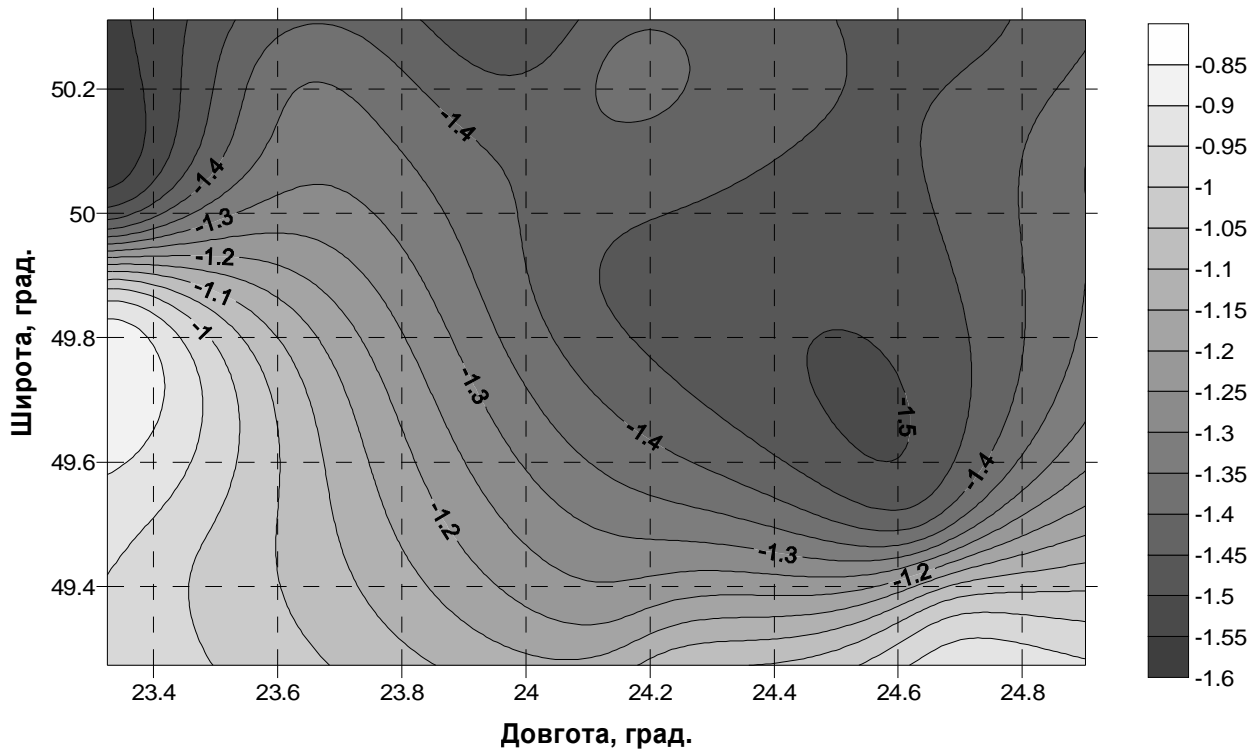


Рис. 2. Різниці координат Δy , [м] між системами УСК2000-СК42 в регіоні Львівської обл.

Саме через неоднорідності координатної основи з'являються розбіжності у визначенні координат. Наприклад, зіставляючи матеріали топографічного знімання одних і тих самих територій різними суб'єктами геодезичного підприємства, виявляються істотні розбіжності у

зображенні одних і тих самих топографічних об'єктів, у визначенні площ одних і тих самих земельних угідь, адміністративно-територіальної належності одних і тих самих топографічних об'єктів і земельних ділянок. Легко здогадатися, які труднощі нас очікують під час створення загальнодержавного реєстру земель, якщо не покращити стан справ у цій сфері.

Практично з тими самими проблемами ми стикнулись під час виконання експериментальних досліджень координатної основи на території м.Львова.

Для виконання досліджень було вибрано шість пунктів міської тріангуляції так, щоб вони більш-менш рівномірно покривали територію міста порівняно вихідного пункту – перманентної супутникової станції SULP, розміщеної в Національному університеті “Львівська політехніка”. Радіус такого покриття становив близько 10 км. На рис. 3 наведена схема розташування зазначених пунктів.

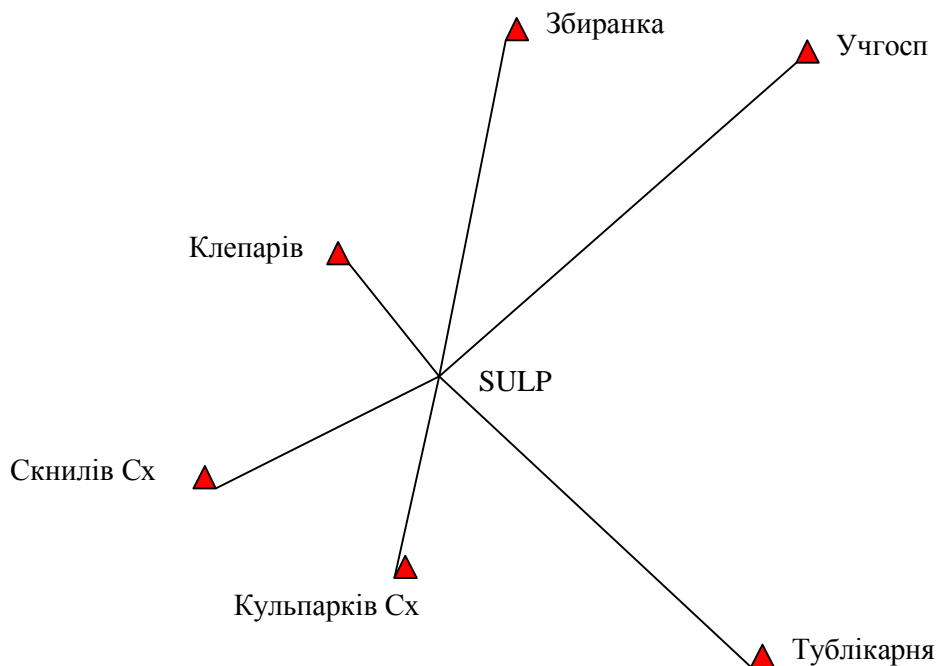


Рис.3. Схема розміщення пунктів міської тріангуляції м. Львова

На усіх пунктах міської тріангуляції були виконані двогодинні GNSS спостереження. Застосовувались прилади фірми Trimble: двочастотні приймачі – **Trimble R8 GNSS** разом із контролерами **Trimble TSC2**. Оброблення з використанням точних ефемерид супутників за допомогою програмного забезпечення **Trimble Business Center** (сучасний аналог відомого пакета TGO). Для цього спочатку офіційні координати перманентної станції SULP, задані у системі ITRF2005 епохи 2000.0, були переведені на епоху виконання спостережень, після чого були отримані координати всіх пунктів міської тріангуляції у системі ITRF2005 епохи 2008.875. Точність отриманих координат для більшості пунктів не перевищує 1 см, лише на пункті Скнулів Сх. через складні умови спостережень (велика кількість телевізійних антен та кабелів) точність була дещо нижчою і становила 2.5 см. Зазначимо, що добитися такої точності в умовах міської забудови дала змогу велика кількість GNSS супутників (до 9 супутників GPS і до 6 супутників GLONASS) та їх розташування. Наступним кроком стало трансформування цих координат до системи ITRF2000 епохи 2005.0, а вже потім до референційної системи УСК-2000.

У таблиці наведені різниці координат між двома системами УСК-2000 та СК-42/СК-63: геодезичних $\Delta B, \Delta L$ та плоских прямокутних $\Delta x, \Delta y$.

Різниці координат між системами УСК-2000 та СК-42/СК-63

Назва пункту	$\Delta B, ''$	$\Delta L, ''$	$\Delta x, \text{ м}$	$\Delta y, \text{ м}$
KLEP	-0,0441	-0,0651	-1,42/-1,37	-1,24/-1,29
ZBYR	-0,0453	-0,0688	-1,35/-1,41	-1,43/-1,42
UCHG	-0,0424	-0,0711	-1,25/-1,32	-1,47/-1,41
TUBL	-0,0415	-0,0629	-1,23/-1,29	-1,31/-1,25
SKNV	-0,0450	-0,0646	-1,44/-1,39	-1,24/-1,28
KULP	-0,0434	-0,0665	-1,29/-1,34	-1,38/-1,32

Як зрозуміло із таблиці, амплітуда зміни різниць геодезичних координат $\frac{(0,045 - 0,041)''}{r''} \times 6400000$ є майже у два рази меншою за аналогічні зміни плоских прямокутних координат у системі СК-42 (1,44 – 1,23) і у півтора рази меншою за ті самі зміни у системі СК-63 (1,41 – 1,29), що пояснюється спотвореннями у проекції Гаусса-Крюгера на межовому меридіані ($L_0 = 24^0$), що проходить через м.Львів.

На рис. 4 і 5 у графічному вигляді наведено розподіл різниць плоских прямокутних координат між зазначеними системами для території м.Львова. Як очевидно із рис. 4 і 5, різниці координат “вписуються” у ширшу картину регіону Львівської обл., проте характер зміни координат тут спокійніший і майже у чотири рази ця зміна є меншою для міської триангуляції, що свідчить про її вищу точність, спричинену фактом локального урівнювання невеликого фрагменту ДГМ. Проте величина у 25 см все таки ще є достатньо значною, що свідчить на користь модернізації міської геодезичної мережі.

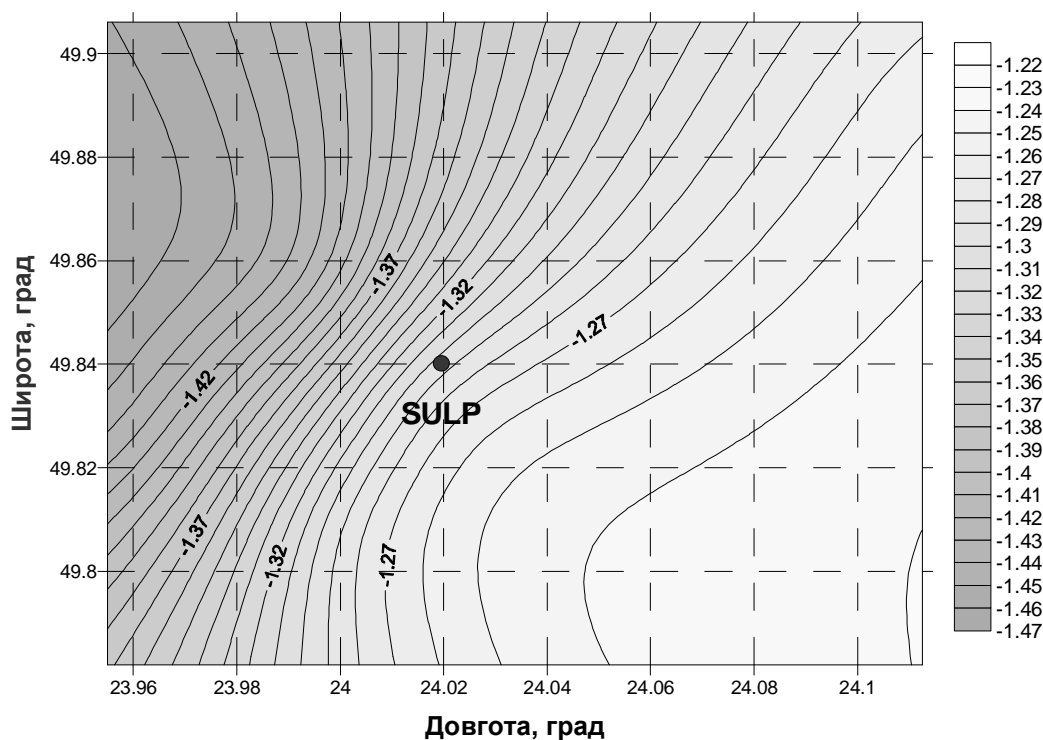


Рис. 4. Різниці координат $\Delta x, [\text{м}]$ між системами УСК2000-СК42 у м.Львові

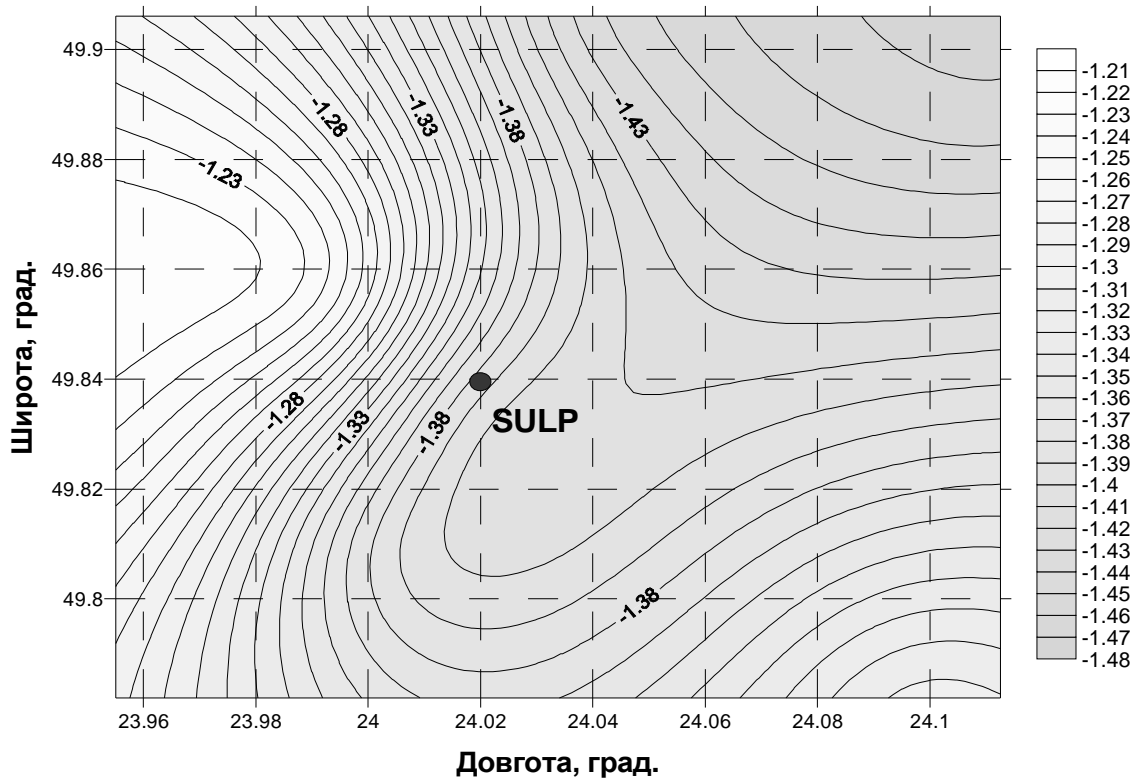


Рис. 5. Різниці координат Δu , [м] між системами УСК2000-СК42 у м. Львові

Висновки. На основі виконаних досліджень можна цілком обгрунтовано стверджувати, що подальше використання супутникових технологій для задач кадастру у класичних системах координат СК42/СК-63 приводить до значного ускладнення оброблення матеріалів польових спостережень і, як наслідок, до значного спотворення (до 25 см у місті Львові і до 70 см по області) результатів топографічних зніманих. Наведені оцінки стосуються лише пунктів ДГМ вищих класів, а про пункти розрядних мереж, з якими найчастіше приходиться стикатися у практиці виконання робіт, навіть важко однозначно відповісти. За нашими поодинокими даними розбіжності доходять більше 1 метра. Для виправлення такого становища рекомендується два підходи: модернізація існуючої місцевої геодезичної мережі та створення мережі активних референсних станцій (для м. Львова достатньо лише однієї такої станції).

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України "Про схвалення Концепції Державної програми розвитку земельних відносин в Україні на 2006-2010 роки". 2. Кучер О., Стопхай Ю., Висотенко Р., Ренкевич О. Впровадження державної геодезичної референсної системи координат України – УСК-2000 // Зб. матер. IV міжнар.-практ. конф. – Чернігів, 2008. 3. Постанова Кабінету Міністрів України "Деякі питання застосування геодезичної системи координат" від 22 вересня 2004 р. №1259. 4. Савчук С. Оцінка сучасного стану використання референсних систем координат в Україні // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, випуск I (15), 2008. 5. Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98).