

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
Факультет землевпорядкування та інфраструктурного розвитку
Кафедра геодезії і геоінформатики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Бакалавр»

на тему: «Геодезичне забезпечення ремонтно-будівельних робіт при
реконструкції мостів»

Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

Виконав: студент групи ЗВ-423 сп
Приступа Тарас Юрійович

Керівник: к.е.н., доцент Рій І.Ф.

Рецензент: _____
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2026

УДК 528.4:624.21.04(043.2).

Геодезичне забезпечення ремонтно-будівельних робіт при реконструкції мостів. Приступа Тарас Юрійович. Кваліфікаційна робота. Кафедра геодезії і геоінформатики. – Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, 2026.

67 сторінок текстової частини, 18 таблиць, 36 рисунків, 28 літературних джерел, 4 додатки, презентація.

Кваліфікаційна робота присвячена інженерно-геодезичному забезпеченню реконструкції мостової споруди через річку Латориця в місті Мукачево. Розглянуто створення планово-висотної основи, виконання тахеометричного та GNSS-знімання, а також використання сучасних геодезичних технологій під час обстеження транспортних споруд.

Проаналізовано природні та інженерно-геологічні умови району робіт, що впливають на проведення геодезичних вишукувань і реконструкцію мосту. Для створення геодезичного обґрунтування використано GNSS-приймач South Galaxy GIPlus у режимі RTK та електронний тахеометр Sokkia SET250RX. За результатами польових вимірювань виконано урівноваження теодолітних ходів і тригонометричного нівелювання в програмному комплексі CREDO DAT з оцінкою точності геодезичної мережі. На основі отриманих даних створено топографічний план масштабу 1:500 у програмі Digitals та побудовано тривимірну модель мостової споруди в AutoCAD Civil 3D. Розроблена модель може використовуватися як цифрова основа для проектування та виконання реконструкційних робіт.

Результати дослідження підтверджують ефективність застосування сучасних GNSS-технологій, електронних тахеометрів і спеціалізованого програмного забезпечення для створення високоточних цифрових моделей інженерних споруд.

Ключові слова: інженерно-геодезичні вишукування, мостова споруда, GNSS-знімання, RTK, електронний тахеометр, топографічний план, Digitals, AutoCAD Civil 3D, 3D-модель.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МОСТОВИХ СПОРУД, РАЙОНУ РОБІТ ТА ОБ'ЄКТА РЕКОНСТРУКЦІЇ	6
1.1 Загальна інформація про мостові споруди	6
1.2 Фізико-географічний опис району робіт	11
1.3 Топографо-геодезична вивченість району робіт	21
2 ПОЛЬОВІ РОБОТИ НА ОБ'ЄКТІ	24
2.1 Приладове забезпечення робіт	24
2.2 Тахеометричне знімання «класичним» методом із використанням супутникових спостережень	26
2.3 Принцип роботи РТК-режиму	28
2.4 Виконання тахеометричного знімання електронним тахеометром Sokkia SET 250RX	30
2.5 Виконання знімання GNSS-приймачем South Galaxy G1 Plus	32
3 ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ В ПРОГРАМНИХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯХ	35
3.1 Загальний опис програмних забезпечень для опрацювання даних	35
3.2 Опрацювання даних. Побудова плану території в масштабі 1:500 та 3D-моделі мостової споруди	41
3.2.1 Опрацювання даних топографо-геодезичного знімання в програмному середовищі CREDO DAT	41
3.2.2 Опрацювання даних топографо-геодезичного знімання в програмному середовищі DIGITALS	52
3.2.3 Опрацювання даних топографо-геодезичного знімання в програмному середовищі AutoCAD Civil 3D	53
4 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	58
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	61
ВИСНОВКИ	64
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	66
ДОДАТОК А	68
ДОДАТОК Б	69
ДОДАТОК В	70
ДОДАТОК Г	71

ВСТУП

Протягом останніх десятиліть питання реконструкції інженерних споруд набуло особливої актуальності. Значна кількість мостів та інших транспортних об'єктів в Україні експлуатується понад нормативний термін служби та перебуває в незадовільному технічному стані. Більшість із них була зведена у другій половині ХХ століття і нині не повністю відповідає сучасним вимогам щодо надійності, безпеки та пропускнуєї спроможності. У зв'язку зі зростанням інтенсивності руху та транспортних навантажень особливого значення набувають роботи з обстеження, ремонту та реконструкції таких споруд.

Важливою складовою процесу реконструкції мостових споруд є інженерно-геодезичне забезпечення. Від точності та достовірності геодезичних даних залежить якість проєктних рішень, правильність виконання будівельно-монтажних робіт і подальша безпечна експлуатація споруди. Геодезичні вишукування забезпечують отримання інформації про просторове положення об'єкта, рельєф місцевості, інженерні комунікації та інші елементи ситуації, необхідні для розроблення проєктної документації.

Сучасний розвиток геодезичних технологій значно розширив можливості інженерних вишукувань. Використання GNSS-технологій, електронних тахеометрів і спеціалізованого програмного забезпечення забезпечує високу точність визначення координат та висот, оперативність збору даних і ефективність їх опрацювання. Цифрові технології дають можливість створювати детальні топографічні плани та тривимірні моделі інженерних споруд для потреб проєктування й реконструкції.

Особливого значення набуває впровадження сучасних геоінформаційних технологій під час реконструкції мостових переходів через водні об'єкти, де необхідно враховувати складні інженерно-геологічні умови та підвищені вимоги до точності будівельних робіт. Якісне інженерно-геодезичне забезпечення створює надійну інформаційну основу для прийняття технічних рішень і ефективної реалізації проєктів реконструкції транспортної інфраструктури.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МОСТОВИХ СПОРУД, РАЙОНУ РОБИТ ТА ОБ'ЄКТА РЕКОНСТРУКЦІЇ

1.1 Загальна інформація про мостові споруди

Мостові споруди належать до найважливіших об'єктів транспортної інфраструктури та забезпечують безперервність руху транспортних засобів і пішоходів через природні або штучні перешкоди. Їх будують у місцях перетину автомобільних та залізничних шляхів із річками, струмками, балками, ярами, каналами, іншими дорогами та інженерними комунікаціями.

Залежно від функціонального призначення розрізняють такі види мостів: залізничні; автомобільні; пішохідні; метромости; комбіновані (автомобільно-залізничні); спеціалізовані споруди для пропуску водного транспорту та інших інженерних потреб.

Окрему групу становлять акведуки — інженерні споруди, призначені для транспортування води через природні або штучні перешкоди.

За матеріалом несучих конструкцій мости поділяються на: залізобетонні; сталеві; сталезалізобетонні; кам'яні; дерев'яні.

За конструктивними особливостями виділяють мости, віадуки, естакади, шляхопроводи, наплавні та розвідні мости, а також мости-транспортери.

Залежно від довжини мостові споруди класифікують на: малі — до 25 м; середні — від 25 до 100 м; великі — понад 100 м.

За статичною схемою роботи конструкцій розрізняють балкові та розпірні системи.

Балкові мости є найбільш поширеним типом мостових споруд. Їх конструкція складається з прогонових будов, які спираються на опори та передають на них лише вертикальні навантаження. Простота конструктивного рішення забезпечує надійність експлуатації та порівняно невисоку вартість будівництва.

Для розпірних систем характерною особливістю є передавання на опори не тільки вертикальних, але й горизонтальних зусиль, які називають розпором. До таких конструкцій належать аркові та деякі види рамних мостів. Вони дозволяють перекривати значні прогони та ефективно працюють під великими навантаженнями.

Особливе місце займають розвідні мости, конструкція яких передбачає можливість часткового або повного підняття прогонової будови для забезпечення проходу суден. Такі споруди широко використовуються на судноплавних річках і каналах.

Світова практика мостобудування містить багато унікальних інженерних споруд. Однією з найвідоміших є Золоті Ворота у Сан-Франциско (США) — підвісний міст, відкритий у 1937 році. Довжина його головного прогону становить близько 1280 м, а загальна довжина споруди сягає майже 2 км.

Відомою пам'яткою інженерної архітектури є Тауерський міст у Лондоні (Велика Британія), введений в експлуатацію у 1894 році. Його характерною особливістю є дві башти заввишки понад 60 м та розвідна конструкція центральної частини.

До найстаріших підвісних мостів світу належить Бруклінський міст у Нью-Йорку (США), який з'єднує райони Манхеттен і Бруклін через протоку Іст-Рівер. На момент відкриття у 1883 році він був найбільшим підвісним мостом світу.

Серед сучасних споруд особливо виділяється міст Акасі-Кайкьо в Японії, який тривалий час утримував статус найдовшого підвісного мосту світу. Загальна довжина споруди перевищує 3900 м, а центральний проліт становить майже 2000 м.

Одним із найбільших морських мостів є міст через затоку Ханчжоувань у Китаї, довжина якого перевищує 35 км. Він забезпечує транспортне сполучення через акваторію Східнокитайського моря та суттєво скорочує час перевезень між великими промисловими центрами.

Найвищою мостовою спорудою світу вважається віадук Мійо у Франції. Висота його найвищої опори становить понад 340 м, що перевищує висоту

багатьох сучасних хмарочосів. Ця споруда є прикладом успішного поєднання інноваційних технологій проєктування та будівництва з високими архітектурними вимогами.



Рис. 1.1 Найвидатніші мости світу (А-Міст «Золоті Ворота», Б-Тауерський міст, В-Акасі-Кайкьйо, Г-Міст через затоку Ханчжоувань, Г- віадук Мійо)

Серед мостових споруд України особливе місце займають об'єкти, які встановили рекорди за віком, довжиною та висотою.

Найстарішим мостом України вважається кам'яний арковий віадук у селищі Ворохта Івано-Франківської області. Споруда була зведена у 1895 році за часів Австро-Угорської імперії для забезпечення залізничного сполучення через річку Прут. Завдяки своїй архітектурній цінності та надійності конструкції віадук залишається однією з найвизначніших історичних інженерних споруд країни (рис. 1.2, а).

До найбільших мостів України належить Мерефо-Херсонський залізничний міст у місті Дніпро. Загальна довжина споруди становить понад 1,6 км. Міст є унікальним інженерним об'єктом, оскільки був спроектований для

пропуску залізничного транспорту та забезпечує важливе транспортне сполучення між берегами річки Дніпро (рис. 1.2, б).

Найвищим мостом України вважається автомобільний міст «Стрімка лань», розташований у місті Кам'янець-Подільський. Споруда перекинута через річку Смотрич та має висоту близько 70 м над рівнем води. Завдяки значній висоті та мальовничому розташуванню міст є не лише важливим транспортним об'єктом, але й однією з туристичних візитівок регіону (рис. 1.2, в).



Рисунок 1.2 Мости-рекордсмени України: А – найстаріший, Ворохтянський кам'яний віадук; Б – найдовший, Мерефо-Херсонський міст у м. Дніпро; В – найвищий, міст «Стрімка лань» у м. Кам'янець-Подільський.

Реконструкція мостових споруд. Нормативно-правове забезпечення.
 Реконструкція мостових споруд є одним із найважливіших напрямів розвитку транспортної інфраструктури. Основною метою реконструкції є продовження терміну експлуатації мосту, підвищення його надійності та безпеки, збільшення пропускної спроможності, вантажопідйомності або приведення технічних характеристик споруди у відповідність до сучасних нормативних вимог. У процесі реконструкції можуть виконуватися роботи із заміни або підсилення

окремих конструктивних елементів, модернізації прогонових будов, опор, дорожнього полотна та інженерного обладнання. У деяких випадках здійснюється зміна конструктивної або статичної схеми споруди.

Необхідною складовою реконструкції мостів є виконання комплексу інженерно-геодезичних робіт, які забезпечують отримання достовірної інформації про просторове положення конструкцій, їх технічний стан та геометричні параметри. Геодезичне забезпечення включає створення планово-висотної основи, топографічне знімання, винесення проєктних рішень у натуру, виконавчі знімання та контроль деформацій споруди під час виконання будівельно-монтажних робіт.

Організація та виконання геодезичних робіт на об'єктах будівництва регламентуються вимогами ДБН В.1.3-2:2010 «Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві». Цей нормативний документ визначає порядок проєктування, виконання, контролю та приймання геодезичних робіт під час нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту та технічного переоснащення об'єктів різного призначення.

Під час проведення інженерно-геодезичних вишукувань необхідно також враховувати вимоги чинних державних стандартів, будівельних норм, технічних регламентів та інших нормативно-правових актів, які регулюють питання забезпечення точності вимірювань, використання геодезичних приладів і створення проєктної документації.

До основних нормативних документів, що використовуються під час реконструкції мостових споруд, належать: Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність»; Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність»; ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи у будівництві»; ДБН А.2.1-1:2014 «Інженерні вишукування для будівництва»; ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проєктної документації на будівництво»; ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва»; ДБН В.2.3-22:2009 «Мости та труби. Основні вимоги проєктування»; ДСТУ 2393:2014 «Геодезія. Терміни та

визначення понять»; ДСТУ Б А.2.4-4:2009 «Основні вимоги до проектної та робочої документації»; ДСТУ 4179:2003 «Рулетки вимірювальні металеві. Технічні умови»; нормативні документи щодо метрологічного забезпечення, повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки.

Важливу роль у реконструкції мостових споруд відіграють сучасні геодезичні технології. Використання електронних тахеометрів, GNSS-приймачів, лазерних сканерів, безпілотних літальних апаратів та спеціалізованого програмного забезпечення дає змогу отримувати просторові дані з високою точністю та оперативно контролювати якість виконання будівельних робіт.

Таким чином, успішна реконструкція мостових споруд можлива лише за умови комплексного дотримання вимог чинної нормативно-правової бази та застосування сучасних геодезичних методів і технологій, що забезпечують необхідну точність, надійність і безпеку будівельного процесу.

Цей варіант більше відповідає сучасним вимогам до бакалаврських робіт з геодезії та реконструкції мостів і містить актуалізовані нормативні документи замість застарілих ГОСТ і СНіП.

1.2 Фізико-географічний опис району робіт

Об'єкт дослідження розташований на території міста Мукачево Закарпатської області, в межах басейну річки Латориця. Район робіт характеризується вигідним географічним положенням, розвиненою транспортною мережею та складними природними умовами, які необхідно враховувати під час виконання інженерно-геодезичних вишукувань і проектування транспортних споруд.

Рельєф та гідрографічна мережа. Територія Мукачівського району відзначається різноманітністю рельєфу. Північна частина представлена передгірськими формами рельєфу та відрогами Вигорлат-Гутинського вулканічного хребта, тоді як південні та південно-західні райони займає Закарпатська низовина. Безпосередньо в межах міста Мукачево переважає

рівнинний рельєф із незначними перепадами висот, що сприяє розвитку транспортної інфраструктури та міської забудови.

Головною водною артерією району є річка Латориця, яка протікає через місто із північного сходу на захід. До її басейну належать річки Визниця, Обава, Синявка, а також численні струмки та меліоративні канали. Загальна довжина водотоків у межах району перевищує 150 км.

Річка Латориця характеризується нестійким гідрологічним режимом. У періоди інтенсивних опадів і танення снігу можливе значне підвищення рівня води та виникнення паводків. Найбільш масштабні повені були зафіксовані у 1958, 1998 та 2001 роках, коли відбулося підтоплення значних територій та вихід річки за межі русла. Ці особливості мають важливе значення під час проектування та реконструкції мостових споруд через Латорицю.

Лісові масиви займають значну частину території району. Загальна площа лісів становить понад 41 тис. га. Основними лісоутворюючими породами є дуб, бук та ялина, які мають важливе екологічне та господарське значення.

Ґрунтовий покрив. Ґрунтовий покрив Мукачівського району сформувався під впливом помірно теплого клімату та достатнього рівня зволоження. На рівнинних ділянках переважають дерново-підзолисті ґрунти різного механічного складу, тоді як у передгірських та гірських районах поширені бурі гірсько-лісові й лучно-лісові ґрунти.

Ґрунти характеризуються відносно високою родючістю та сприятливими фізико-механічними властивостями. Проте під час виконання будівельних і геодезичних робіт необхідно враховувати можливі зміни несучої здатності ґрунтів у зонах підтоплення та сезонного перезволоження.

Кліматичні умови. Клімат Мукачівського району є помірно континентальним із відчутним впливом Карпатської гірської системи. Для території характерні м'яка зима, тривала тепла осінь, помірно тепле літо та нестійкі весняні погодні умови.

Середньорічна температура повітря становить близько +9...+10 °С. Найхолоднішим місяцем є січень із середньою температурою від -2 до -4 °С, а

найтеплішим — липень, коли середня температура досягає +20...+22 °С. Річна кількість атмосферних опадів коливається в межах 700–900 мм, причому найбільша їх частина припадає на теплий період року.

Таблиця 1.1

Кліматичні показники м. Мукачево [8]

Показник	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.	Рік
Абсолютний максимум, °С	0,6	3,0	9,0	15,9	21,0	23,8	25,7	25,2	21,1	15,4	8,0	2,8	14,3
Середня температура, °С	-2,7	-0,5	4,5	10,5	15,3	18,2	20,0	19,4	15,5	10,2	4,7	0,1	9,6
Абсолютний мінімум, °С	-5,9	-4,0	0,0	5,1	9,6	12,7	14,3	13,6	10,0	5,1	1,4	-2,5	5,0
Норма опадів, мм	46	39	40	47	70	87	78	70	50	46	51	59	683

Кліматичні особливості району загалом є сприятливими для виконання інженерно-геодезичних робіт. Водночас значна кількість опадів та періодичні паводкові явища потребують врахування під час планування польових вимірювань і проведення реконструкції мостових споруд через річку Латориця.

Населення. Мукачево є одним із найбільших міст Закарпатської області та важливим економічним, культурним і транспортним центром регіону. Відповідно до статистичних даних станом на 1 грудня 2015 року чисельність постійного населення міста становила 85,6 тис. осіб, тоді як фактична кількість мешканців досягала понад 86,2 тис. осіб.

Протягом свого історичного розвитку Мукачево формувалося як багатонаціональне місто, що обумовлено його вигідним географічним положенням на перетині важливих торговельних шляхів. У різні історичні періоди на території міста проживали представники багатьох національностей, зокрема українці, угорці, росіяни, словаки, німці, румуни та представники інших етнічних груп.

Національний склад населення змінювався під впливом історичних, політичних та соціально-економічних процесів. Аналіз результатів переписів населення свідчить про поступове зростання частки українського населення та збереження багатокультурного характеру міста, що є однією з особливостей Мукачева та всього Закарпатського регіону.

Таблиця 1.2

Національний склад населення м. Мукачево за даними переписів населення, % [8]

Національність	1930	1959	1989	2001
Українці	29,4	56,9	70,2	77,1
Росіяни	–	15,9	14,9	9,0
Угорці	25,3	14,9	8,5	8,5
Німці	4,5	–	1,0	1,9
Роми	–	–	2,5	1,4
Євреї	40,3	5,8	1,5	0,4

Наведені дані свідчать про суттєві зміни в етнічному складі населення Мукачева протягом ХХ століття. Частка українців зросла з 29,4 % у 1930 році до 77,1 % у 2001 році. Водночас спостерігається зменшення частки угорського, єврейського та російського населення. Незважаючи на ці зміни, Мукачево залишається багатонаціональним містом, у якому історично співіснують представники різних етнічних спільнот.

Згідно з результатами Всеукраїнського перепису населення 2001 року, переважну більшість населення м. Мукачево становлять українці — 77,13 %. Найчисельнішими національними меншинами є росіяни (8,97 %) та угорці (8,54 %). Частка інших національностей є відносно невеликою і разом не перевищує 6 % від загальної чисельності населення. Отримані дані підтверджують багатонаціональний характер міста, що історично сформувався внаслідок його прикордонного розташування та особливостей історичного розвитку Закарпаття.

Економіка. Основні галузі м. Мукачева є: виробництво меблів, спортивного спорядження, виробництво електроенергії, виробництво електричного та електронного устаткування (завод «Флекстронікс»), сільське господарство та харчова промисловість. [8]

Геологічна та геоморфологічна будова території. У геологічному відношенні територія Мукачівського району належить до Закарпатського внутрішнього прогину, який є складовою частиною Карпатської геологічної системи. Структура прогину представлена Мукачівською та Солотвинською

западинами, між якими простягається Вигорлат-Гутинський вулканічний хребет. Із південного боку до цієї структури прилягає Паннонський серединний масив.

Геологічна будова району характеризується значною різноманітністю порід різного віку та походження. Тут поширені як осадові, так і вулканогенні утворення, сформовані впродовж тривалого геологічного розвитку території. Вік гірських порід охоплює широкий часовий діапазон — від верхнього протерозою до четвертинних відкладів.

Рельєф району сформувався під впливом тектонічних процесів, вулканічної діяльності та ерозійної роботи річкової мережі. Для передгірської частини характерне поєднання хвилястих рівнин із окремими височинами вулканічного походження, тоді як у межах Закарпатської низовини переважають рівнинні форми рельєфу.

Територія Мукачівського району багата на корисні копалини будівельного призначення. Найбільш поширеними є андезити, базальти, ліпарити, керамзитові та цегельно-черепичні глини. В околицях міста Мукачево функціонують кар'єри з видобутку андезитів, які використовуються як будівельний матеріал для дорожнього та промислового будівництва.

Основні родовища корисних копалин. У межах Мукачівського району виявлено значну кількість родовищ глинистої сировини, серед яких найбільше господарське значення мають: Макарівське родовище глин; Залужанське родовище глин; Нижньо-Визницьке родовище глин; Обавське родовище глин; Дрисинське родовище глин; Великолучківське родовище глин; Мукачівське родовище глин; Страбичівське родовище глин; Лалівське родовище керамзитових глин.

Крім будівельної сировини, на території району розташоване Лохівське родовище бурого вугілля, продуктивні пласти якого залягають на глибині близько 80–100 м.

Мінеральні та термальні води. Закарпаття належить до регіонів України з найбільшими запасами мінеральних і термальних вод. У Мукачівському районі виявлено низку родовищ лікувально-столових і бальнеологічних вод, серед яких:

Синяцьке родовище мінеральних вод; Мукачівське родовище термальних вод; Латорицьке родовище термальних вод; Лісарнянське родовище; Карпатське родовище мінеральних вод; родовище «Визниця»; Залузьке родовище термальних вод; родовище вуглекислих вод у с. Баркасово; водопрояви мінеральних вод у селах Ладово та Чомонин.

Наявність значних запасів підземних вод сприяє розвитку рекреаційної діяльності, санаторно-курортного лікування та туристичної інфраструктури регіону.

Геофізичні особливості. Закарпатська область розташована в зоні активних сучасних геодинамічних процесів. Для території характерні вертикальні та горизонтальні рухи земної кори, які пов'язані з тектонічною активністю Карпатської складчастої системи. Геофізичні дослідження свідчать про наявність численних розломів і тектонічних порушень, що впливають на формування рельєфу, гідрогеологічні умови та розміщення корисних копалин.

Сейсмологічна характеристика. Закарпатська область належить до сейсмічно активних регіонів України. Основними джерелами сейсмічних коливань є місцеві тектонічні структури Карпатського регіону та вплив глибокофокусної сейсмічної зони Вранча (Румунія). Відповідно до чинних нормативних документів з проєктування будівель і споруд, територія Мукачівського району відноситься до районів із розрахунковою сейсмічністю 7 балів за шкалою MSK-64. Ця обставина повинна враховуватися під час проєктування, реконструкції та експлуатації мостових споруд, оскільки сейсмічні навантаження можуть впливати на їхню надійність і довговічність.

З огляду на складну геологічну будову, наявність активних тектонічних процесів та підвищену сейсмічність території, під час реконструкції мосту через річку Латориця необхідно враховувати інженерно-геологічні умови ділянки та виконувати комплекс інженерно-геодезичних вишукувань для забезпечення безпечної експлуатації споруди.

На рис. 1.3 наведено розташування осередків найсильніших землетрусів, зареєстрованих на території Закарпатської області протягом XIX–XXI століть.

Аналіз історичних даних свідчить про підвищену сейсмічну активність окремих районів області, зокрема Тячівського та Берегівського, де найбільш часто фіксувалися землетруси інтенсивністю до 6–7 балів за шкалою MSK-64.



Рис. 1.3 Найпотужніші землетруси Закарпатської області, зареєстровані протягом 1830–2015 років.

Геофізична характеристика території. Закарпатський регіон належить до найбільш складних у геодинамічному відношенні територій України. Особливості його сучасної геологічної будови обумовлені тривалим розвитком Карпатської складчастої системи, активними тектонічними процесами та взаємодією кількох великих структурних елементів земної кори.

У межах Українських Карпат виділяють низку структурно-тектонічних зон, які простягаються від Головного Карпатського вододілу в напрямку Закарпатської низовини.

Кросненська зона характеризується складною складчастою будовою та значною кількістю вузьких антиклінальних структур, розділених широкими синклінальними прогинами. У багатьох місцях спостерігаються тектонічні порушення та насунні структури, які визначають сучасну геодинаміку території.

Північно-східну частину області займає Чорногірський покрив, представлений двома основними підзонами. Внутрішня Яловичорська підзона

відзначається розвитком дрібних лускоподібних структур, тоді як зовнішня Скупівська підзона має переважно моноклінальну будову.

Однією з найбільших тектонічних одиниць регіону є Поркулецький покрив, який займає значну частину південного схилу Українських Карпат. Для нього характерні потужні насувні структури та складна система розломів, що сформувалися в результаті альпійського горотворення.

Дуклянський покрив відзначається розвитком великих антиклінальних складок, орієнтованих у північно-східному напрямку. Ці структури мають важливе значення для розуміння тектонічної еволюції Карпатського регіону.

У південно-східній частині області від Боржавського хребта до державного кордону з Румунією простягається Рахівський покрив, який характеризується складною тектонічною будовою та високим ступенем дислокованості гірських порід.

Особливістю Закарпатського внутрішнього прогину є чітко виражена поздовжня тектонічна зональність. У його межах виділяють Крайову, Центральну та Припаннонську структурні зони, які відрізняються геологічною будовою, характером тектонічних порушень та сучасною геодинамічною активністю.

Наявність численних розломів, активних геодинамічних процесів і підвищеної сейсмічності створює специфічні умови для проєктування та експлуатації інженерних споруд. Під час реконструкції мосту через річку Латориця необхідно враховувати можливий вплив сучасних тектонічних рухів, нерівномірних деформацій основи та сейсмічних навантажень на конструкції споруди. Тому виконання інженерно-геодезичних та інженерно-геологічних вишукувань є обов'язковою умовою забезпечення надійності та довговічності мостового переходу.

Тектонічна карта-схема Закарпатської області відображає складну будову регіону, сформовану внаслідок тривалих геодинамічних процесів у межах Карпатської складчастої системи. Для території характерне чергування

покривних структур, вулканічних утворень та зон глибинних розломів, що визначають сучасну геологічну будову області.

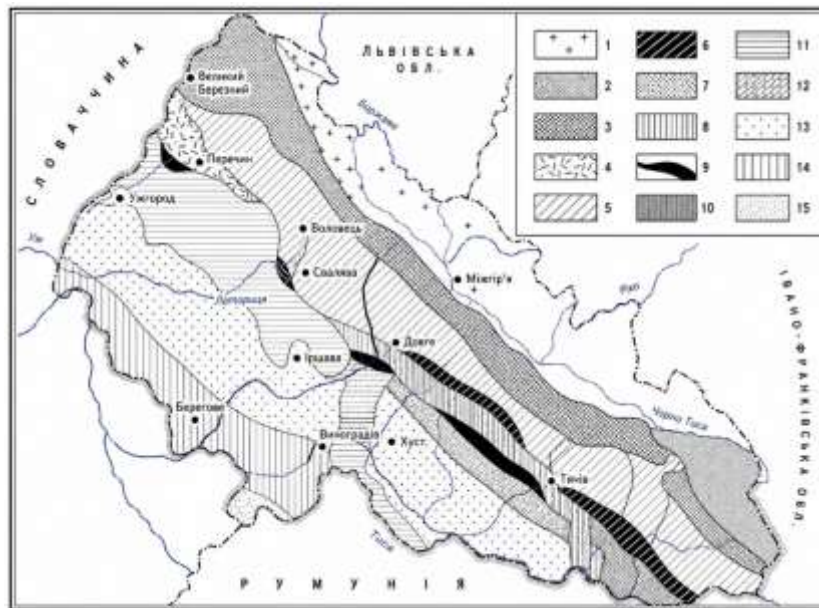


Рисунок 1.3 Тектонічна карта-схема Закарпатської області [13] Умовні позначення: 1 – Кросненська зона; 2 – Чорногірський покрив; 3 – Дуклянський покрив; 4 – Магурський покрив; 5 – Поркулецький покрив; 6 – Рахівський покрив; 7 – Мармароський масив; 8 – зона Мармароських стрімчаків; 9 – зона Пенінських стрімчаків; 10 – зона Підгаля; 11 – Вигорлат-Гутинський вулканічний масив; 12 – крайова зона Закарпатського внутрішнього прогину; 13 – Центральна зона Закарпатського внутрішнього прогину; 14 – зона Припаннонського глибинного розлому; 15 – частина Паннонської міжгірської западини.

Мукачівський район розташований у межах Закарпатського внутрішнього прогину та прилягає до Вигорлат-Гутинського вулканічного масиву. Саме ці структури значною мірою впливають на сучасний рельєф території, поширення корисних копалин, формування родовищ мінеральних вод та особливості інженерно-геологічних умов району.

Наявність активних тектонічних зон і глибинних розломів зумовлює підвищену геодинамічну та сейсмічну активність Закарпаття. Тому під час реконструкції мосту через річку Латориця необхідно враховувати можливий вплив тектонічних процесів на стійкість основ споруди, а також виконувати комплекс інженерно-геодезичних і геологічних вишукувань для забезпечення безпечної експлуатації об'єкта.

Загальна інформація про Росвигівський міст. Об'єктом дослідження є автомобільний міст через річку Латориця, розташований у місті Мукачево Закарпатської області по вулиці Садовій. Міст відомий серед мешканців міста як Росвигівський міст, оскільки забезпечує транспортне сполучення між

центральною частиною Мукачева та мікрорайоном Росвигово, який є одним із найбільших житлових районів міста.

Росвигівський міст має важливе транспортне значення, оскільки забезпечує щоденний рух легкового, вантажного та громадського транспорту через річку Латориця. Споруда входить до системи міських магістралей та використовується для зв'язку житлових кварталів із центральною частиною міста, об'єктами соціальної інфраструктури та промисловими підприємствами.

Загальна довжина мосту становить близько 145 м, а ширина проїзної частини разом із тротуарами — приблизно 14 м. Конструкція споруди забезпечує двосторонній рух транспортних засобів та безпечне пересування пішоходів.

Міст був збудований у 1960-х роках і протягом тривалого часу експлуатується в умовах постійного впливу транспортних навантажень та природних факторів. Зі збільшенням інтенсивності руху автотранспорту та зміною нормативних вимог до транспортних споруд виникла необхідність проведення його реконструкції та технічного переоснащення.

Перед початком проєктування реконструкції було виконано комплекс інженерно-геодезичних робіт, спрямованих на отримання актуальної інформації про просторове положення конструктивних елементів мосту та прилеглої території. Геодезичні вишукування включали створення планово-висотної основи, GNSS-вимірювання, тахеометричне знімання та формування топографічного плану масштабу 1:500.

Особливістю об'єкта є його розташування в межах заплави річки Латориця, яка характеризується періодичними паводками та значними коливаннями рівня води. Тому під час реконструкції необхідно враховувати гідрологічні умови, технічний стан опор і прогонових будов, а також можливий вплив паводкових явищ на довговічність споруди.

Росвигівський міст є важливим елементом транспортної інфраструктури міста Мукачево, а його реконструкція спрямована на підвищення безпеки дорожнього руху, покращення експлуатаційних характеристик та забезпечення надійної роботи споруди в майбутньому.

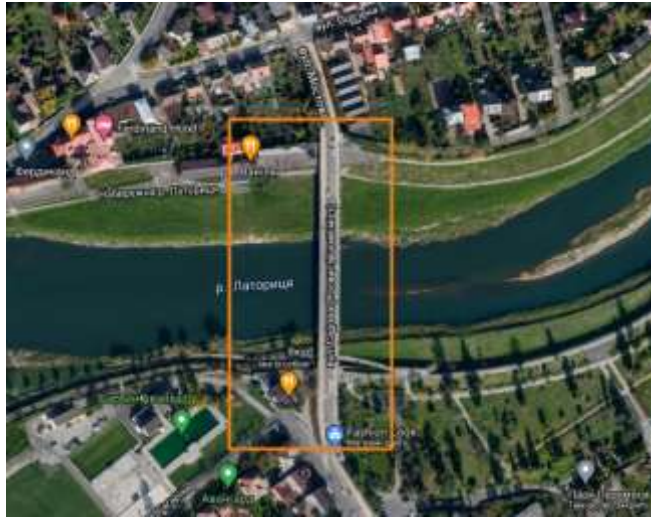


Рис. 1.5 Розташування об'єкта робіт (Росвігівського мосту) на супутниковому знімку території м. Мукачево

1.3 Топографо-геодезична вивченість району робіт

Територія міста Мукачево та прилеглих районів достатньо забезпечена сучасними картографічними та геодезичними матеріалами. Для даної території наявні топографічні карти різних масштабів – від 1:100 000 до 1:500, що дозволяє виконувати проєктні, будівельні та інженерно-геодезичні роботи різного рівня деталізації.

Під час виконання інженерно-геодезичних вишукувань для реконструкції Росвігівського мосту використовувалися пункти Державної геодезичної мережі України та мережі постійно діючих GNSS-станцій. Польові вимірювання виконувалися із застосуванням електронного тахеометра та супутникового GNSS-приймача в режимі RTK (Real Time Kinematic), що забезпечує отримання координат у режимі реального часу з сантиметровою точністю. Для визначення координат вихідних пунктів та забезпечення роботи GNSS-приймача використовувалася мережа постійно діючих референцних станцій UA-EUPOS/ZAKPOS. Прив'язка вимірювань здійснювалася через базові станції системи із передачею корекційних поправок у режимі реального часу.

Мережа ZAKPOS (Zakarpattia Positioning System) була створена у 2008 році на території Закарпатської області з обчислювальним центром у місті Мукачево.

Основною метою її створення стало забезпечення геодезичних підприємств високоточними координатними визначеннями з використанням сучасних GNSS-технологій, насамперед у режимі RTK.

Архітектура мережі була побудована відповідно до європейської концепції EUPOS (European Position Determination System), що забезпечило сумісність із міжнародними системами координатного забезпечення. Для функціонування мережі використано апаратне та програмне забезпечення компанії Trimble, яке забезпечує високу точність та надійність отримуваних результатів.

У період 2009–2011 років мережа була значно розширена за межі Закарпатської області та охопила території Львівської, Волинської, Рівненської, Тернопільської, Івано-Франківської, Хмельницької та Чернівецької областей. У результаті розвитку система отримала назву UA-EUPOS/ZAKPOS і стала однією з найбільших мереж супутникового позиціонування в західному регіоні України. Вузли мережі об'єднані в єдину систему передачі даних, що дозволяє виконувати високоточні супутникові вимірювання та створювати надійну геодезичну основу для інженерно-геодезичних робіт.



Рис. 1.6 Схема розташування мережі UA-EUPOS/ZAKPOS (2021 р.)

Подальший розвиток мережі дозволив охопити практично всю територію України. Крім того, було налагоджено обмін даними із аналогічними системами

Польщі, Словаччини та Угорщини, що підвищило надійність визначення координат у прикордонних районах. Обчислювальний центр мережі UA-EUPOS/ZAKPOS забезпечує користувачів такими послугами: надання даних спостережень базових GNSS-станцій у форматі RINEX; створення віртуальних референцних станцій (VRS) за запитом користувача; надання інформації про поточний стан мережі та якість супутникових вимірювань; передавання корекційних поправок для роботи в режимах RTK та DGPS; забезпечення доступу до єдиної координатної основи для виконання інженерно-геодезичних робіт.

Використання мережі UA-EUPOS/ZAKPOS під час виконання польових робіт дозволило забезпечити необхідну точність визначення координат пунктів знімальної мережі та створити надійну геодезичну основу для подальшого тахеометричного знімання території мостового переходу.

2 ПОЛЬОВІ РОБОТИ НА ОБ'ЄКТІ

2.1 Приладове забезпечення робіт

Для виконання інженерно-геодезичних вишукувань на об'єкті реконструкції Росвигівського мосту через річку Латориця було застосовано сучасні геодезичні технології, що поєднують традиційні наземні вимірювання та супутникові методи визначення координат. Польові роботи виконувалися двома основними способами: методом електронного тахеометричного знімання та методом GNSS-спостережень у режимі RTK. Для створення знімальної геодезичної мережі та виконання тахеометричного знімання використовувався електронний тахеометр Sokkia SET 250RX (рис. 2.1).



Рис. 2.1 Електронний тахеометр Sokkia SET 250RX

Електронний тахеометр Sokkia SET 250RX належить до класу високоточних геодезичних приладів, призначених для виконання топографічних знімань, інженерно-геодезичних вишукувань, будівельних розмічувальних робіт та моніторингу деформацій споруд. Прилад поєднує функції електронного теодоліта та світловіддалеміра, що дозволяє одночасно визначати горизонтальні та вертикальні кути, а також похилі відстані до точок місцевості. Основними перевагами тахеометра є висока точність вимірювань, наявність внутрішньої пам'яті для збереження результатів польових спостережень, можливість

безвідбивачевого режиму роботи та захищеність від впливу пилу й вологи. Тахеометричне знімання використовувалося для визначення координат характерних точок мостової споруди, елементів ситуації та рельєфу місцевості, а також для побудови топографічного плану масштабу 1:500.

Таблиця 2.1

Основні технічні характеристики тахеометра Sokkia SET 250RX

Характеристика	Значення
Збільшення зорової труби	30×
Поле зору	1°30'
Мінімальна відстань фокусування	1,3 м
Точність вимірювання кутів	2"
Тип компенсатора	Рідинний
Безвідбивачевий режим	0,5–400 м
На одну призму	0,5–5000 м
Точність вимірювання відстаней на призму	±(2 мм + 2 ppm)
Внутрішня пам'ять	20 000 точок
Дисплей	Графічний LCD 192×80
Ступінь захисту	IP64

Для створення планово-висотної основи та визначення координат опорних пунктів використовувався супутниковий GNSS-приймач South Galaxy G1 Plus (рис. 2.2).



Рис. 2.2 GNSS-приймач South Galaxy G1 Plus

South Galaxy G1 Plus є сучасним багаточастотним приймачем нового покоління, який підтримує одночасне приймання сигналів супутникових систем GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou та інших глобальних навігаційних систем. Прилад оснащений інерціальною системою компенсації нахилу (IMU), що дозволяє виконувати знімання без необхідності точного вертикального встановлення віхи.

Використання технології RTK забезпечує отримання координат точок із сантиметровою точністю безпосередньо в польових умовах у режимі реального часу. Корекційні поправки надходили від мережі постійно діючих референцих станцій UA-EUPOS/ZAKPOS. Застосування GNSS-приймача дозволило

оперативно створити геодезичну основу об'єкта та забезпечити високу точність координатного прив'язування тахеометричного знімання. Поєднання електронного тахеометра Sokkia SET 250RX та GNSS-приймача South Galaxy G1 Plus забезпечило отримання достовірних просторових даних, необхідних для створення топографічного плану території та подальшого проектування реконструкції мостової споруди.

Таблиця 2.2

Основні технічні характеристики GNSS-приймача South Galaxy G1 Plus

Характеристика	Значення
Кількість каналів	965
Підтримувані системи	GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, QZSS, SBAS
Час ініціалізації RTK	< 8 с
Точність RTK (план)	8 мм + 1 мм/км
Точність RTK (висота)	15 мм + 1 мм/км
Точність статики (план)	2,5 мм + 0,5 мм/км
Точність статики (висота)	5 мм + 0,5 мм/км
Внутрішня пам'ять	8 ГБ
Вбудований УКХ-модем	3 Вт
Стільниковий зв'язок	4G LTE / 3G / GSM
Bluetooth	v2.1 та v4.0
Wi-Fi	IEEE 802.11 b/g
Ступінь захисту	IP68

2.2 Тахеометричне знімання «класичним» методом із використанням супутникових спостережень

Тахеометричне знімання є одним із найпоширеніших методів отримання просторової інформації про ситуацію та рельєф місцевості. Використання сучасних електронних тахеометрів дозволяє значно підвищити продуктивність польових робіт, автоматизувати процес накопичення вимірювань та забезпечити високу точність визначення координат знімальних точок.

Під час виконання робіт із реконструкції Росвигівського мосту через річку Латориця було застосовано комбіновану технологію, яка поєднувала супутникові GNSS-спостереження в режимі RTK та електронне тахеометричне знімання. Такий підхід дозволив оперативно створити планово-висотну основу та забезпечити необхідну точність визначення координат усіх елементів об'єкта.

Основою для виконання тахеометричного знімання є пункти державної геодезичної мережі або мережі постійно діючих референцних станцій GNSS. Однак кількість існуючих геодезичних пунктів часто є недостатньою для виконання детального знімання. У таких випадках створюється знімальна геодезична мережа шляхом прокладання тахеометричних або теодолітних ходів між опорними пунктами.

Кількість опорних точок залежить від масштабу топографічного плану та складності місцевості. Чим більший масштаб знімання, тим більшою повинна бути густота пунктів знімальної основи. Рекомендовані значення наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Густота опорних точок знімальної основи для тахеометричного знімання

Масштаб знімання	Кількість опорних точок на 1 км ²	Орієнтовна довжина ходу, км
1:1000	16	1,8
1:2000	12	3,0
1:5000	4	6,0

Для забезпечення необхідної точності під час створення знімальної мережі повинні виконуватися вимоги щодо максимальної довжини ходів, кількості сторін та довжини окремих ліній. Нормативні значення наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Вимоги до знімального обґрунтування при тахеометричному зніманні

Масштаб знімання	Максимальна довжина ходу, м	Максимальна довжина сторони, м	Максимальна кількість сторін
1:500	200	100	2
1:1000	300	150	3
1:2000	600	200	5
1:5000	1200	300	6

У межах даного об'єкта спочатку було виконано визначення координат вихідних пунктів за допомогою GNSS-приймача South Galaxy G1 Plus у режимі RTK із використанням корекцій мережі UA-EUPOS/ZAKPOS. Після закріплення пунктів на місцевості між ними було прокладено тахеометричний хід та виконано детальне знімання території. Під час тахеометричного знімання на

кожній знімальній точці визначалися горизонтальний кут, вертикальний кут та похила відстань до відбивача. За результатами вимірювань автоматично обчислювалися прямокутні координати та висоти точок місцевості.

Схема визначення просторового положення точки методом тахеометричного знімання наведена на рисунку 2.3.

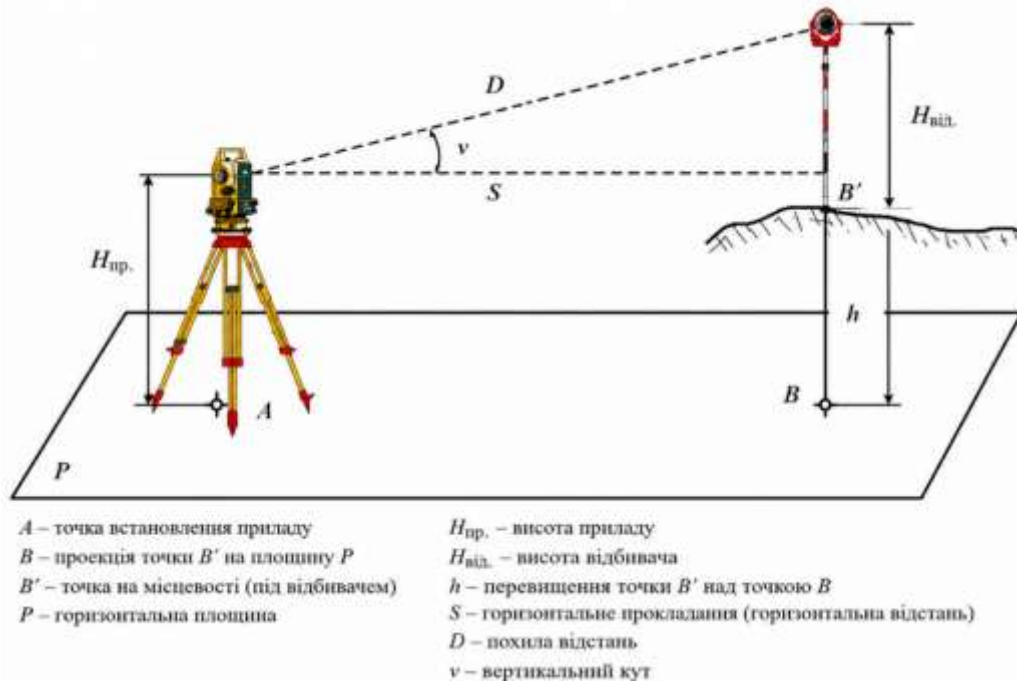


Рис. 2.3 Схема визначення координат і висоти точки під час тахеометричного знімання

Застосування комбінованої технології GNSS-вимірювань та тахеометричного знімання забезпечило отримання високоточної координатної основи й детальної інформації про елементи мостової споруди та прилеглої території, що стало основою для подальшого створення топографічного плану масштабу 1:500 та розроблення проєкту реконструкції мосту.

2.3 Принцип роботи RTK-режиму

RTK (Real Time Kinematic – кінематика в реальному часі) є сучасною технологією супутникових геодезичних вимірювань, яка дозволяє визначати координати та висоти точок місцевості з сантиметровою точністю безпосередньо під час виконання польових робіт. Метод базується на використанні фазових вимірювань сигналів глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) та передачі диференціальних поправок від базових станцій до рухомого приймача

в режимі реального часу. Основною перевагою технології RTK є можливість оперативного отримання високоточних координат без необхідності тривалої камеральної обробки результатів спостережень. Це значно підвищує продуктивність виконання топографо-геодезичних робіт, особливо під час створення планово-висотної основи та виконання топографічного знімання.

Для забезпечення роботи RTK використовуються мережі постійно діючих референцних GNSS-станцій (CORS). Така мережа являє собою сукупність стаціонарних супутникових приймачів, установлених на геодезичних пунктах із точно відомими координатами. Базові станції безперервно здійснюють приймання супутникових сигналів і передають результати спостережень до обчислювального центру через мережу Інтернет.

Як правило, мережа складається з кількох взаємопов'язаних базових станцій, розташованих на відстані 50–70 км одна від одної. Обчислювальний центр аналізує отримані дані та формує корекційні поправки, які передаються користувачам для підвищення точності визначення координат.

Під час виконання польових робіт рухомий GNSS-приймач (ровер) одночасно приймає сигнали від навігаційних супутників та корекційні дані від мережі референцних станцій. На основі цих даних приймач у режимі реального часу визначає просторові координати точки з точністю до кількох сантиметрів.

Схема роботи RTK-технології наведена на рисунку 2.4. Основними складовими системи RTK є: супутники навігаційних систем GPS, GLONASS, Galileo та BeiDou; мережа постійно діючих референцних станцій; обчислювальний центр обробки даних; канали передачі корекційних поправок (GSM/GPRS/Інтернет); рухомий GNSS-приймач користувача. Для передачі корекційних даних найчастіше використовується протокол NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol), який забезпечує отримання поправок через мобільний Інтернет у режимі реального часу. Точність координат, отриманих методом RTK, залежить від відстані до найближчої базової станції, кількості супутників, геометрії їх розташування, якості прийому сигналу та

наявності перешкод. За сприятливих умов середня точність визначення координат становить: у плані — 1–2 см; по висоті — 2–3 см.

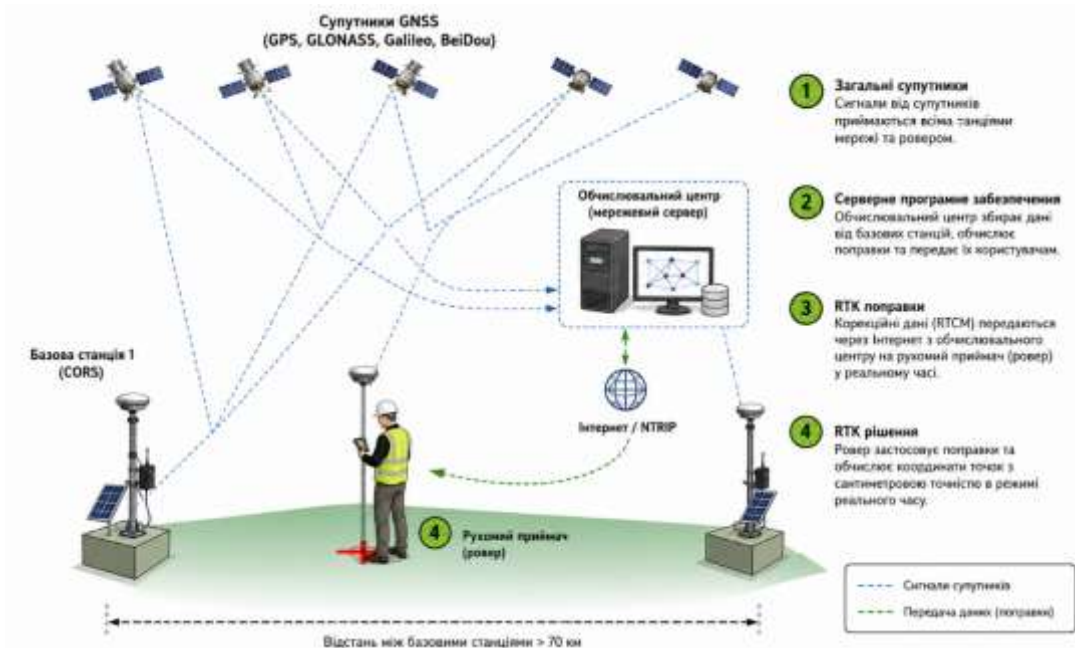


Рис. 2.4 Принципова схема визначення координат у режимі RTK

Під час виконання робіт на об'єкті реконструкції Росвигівського мосту визначення координат пунктів знімальної мережі здійснювалося за допомогою GNSS-приймача South Galaxy G1 Plus із використанням мережі постійно діючих референсних станцій UA-EUPOS/ZAKPOS. Отримані координати були використані як вихідна геодезична основа для подальшого тахеометричного знімання території мостового переходу. Застосування RTK-технології дозволило значно скоротити час виконання польових робіт, підвищити точність координатних визначень та забезпечити надійну прив'язку результатів топографічного знімання до державної системи координат.

2.4 Виконання тахеометричного знімання електронним тахеометром Sokkia SET 250RX

Після створення планово-висотної основи було виконано тахеометричне знімання території, прилеглої до Росвигівського мосту через річку Латориця. Основною метою робіт було отримання координат та висот характерних точок місцевості для подальшого створення топографічного плану масштабу 1:500 та формування цифрової моделі місцевості.

На першому етапі польових робіт створено планово-висотне обґрунтування з використанням супутникових GNSS-спостережень методом швидкої статистики. Для цього на місцевості було закріплено два опорні пункти, координати яких визначено в державній системі координат. Отримані результати наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Каталог координат пунктів планово-висотної основи

№	Назва пункту	X, м	Y, м	H, м
1	5004	646,566	870,666	125,588
2	5005	490,787	867,696	125,323

Створені пункти використовувалися як вихідна геодезична основа для подальшого виконання тахеометричного знімання території об'єкта. Після визначення координат опорних пунктів між ними було прокладено теодолітний хід, який забезпечив необхідну густоту знімальної мережі та можливість виконання детального знімання всієї території дослідження.

На кожній станції теодолітного ходу електронним тахеометром Sokkia SET 250RX виконувалися вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, а також похилих відстаней до суміжних пунктів. Після контролю правильності вимірювань визначалися координати проміжних точок ходу та оцінювалася його точність. Схему прокладання теодолітного ходу наведено на рисунку 2.5.

Детальне тахеометричне знімання виконувалося з пунктів теодолітного ходу методом полярних координат. Під час знімання визначалися координати характерних точок ситуації та рельєфу, зокрема: елементів мостової споруди; дорожнього полотна; тротуарів; опор освітлення; берегових укріплень; русла річки Латориця; інженерних комунікацій; будівель і споруд; характерних точок рельєфу. Для кожної знімальної точки електронний тахеометр автоматично реєстрував горизонтальний напрямок, вертикальний кут та відстань до відбивача. Після завершення польових робіт усі результати вимірювань були передані до програмного забезпечення для подальшої камеральної обробки та врівноваження.



Рис. 2.5 Схема теодолітного ходу, прокладеного між пунктами планово-висотної основи

Використання електронного тахеометра Sokkia SET 250RX забезпечило високу швидкість виконання польових робіт та необхідну точність визначення просторового положення об'єктів місцевості. Отримані результати стали основою для створення топографічного плану масштабу 1:500 та побудови тривимірної моделі мостової споруди.

2.5 Виконання знімання GNSS-приймачем South Galaxy G1 Plus

Для створення планово-висотної основи та визначення координат опорних пунктів використовувався GNSS-приймач South Galaxy G1 Plus у режимі RTK із застосуванням мережі постійно діючих референцних станцій UA-EUPOS/ZAKPOS.

Перед початком польових вимірювань необхідно виконати налаштування програмного забезпечення польового контролера та створити новий проєкт. На

першому етапі запускають програму **SurvX**, після чого переходять до розділу «**Проекти**» (**Projects**). Для створення нового робочого файлу натискають кнопку «**Новий**» (**New**) та задають назву проекту відповідно до об'єкта робіт (рис. 2.6).

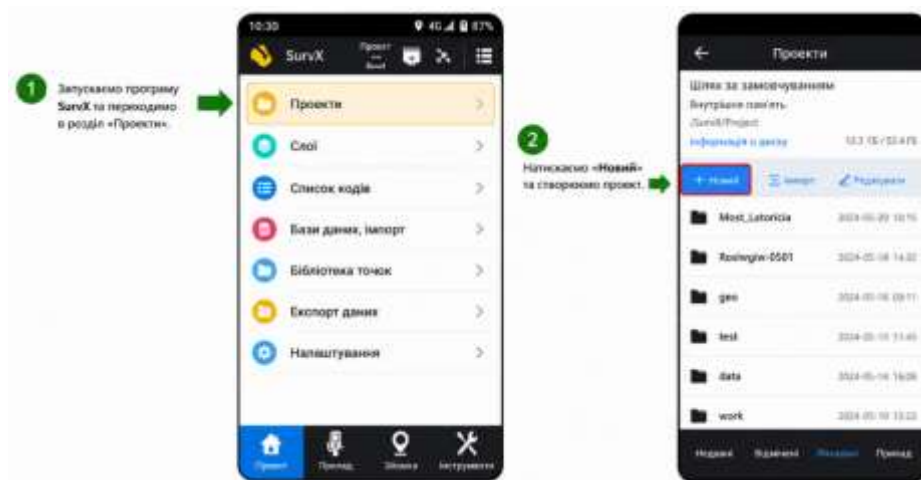


Рис 2.6 Створення нового проекту в програмі SurvX

Після створення проекту виконують налаштування системи координат, у якій будуть проводитися вимірювання. Для робіт на території України зазвичай використовується державна система координат УСК-2000 або місцева система координат, передбачена технічним завданням. Вибираємо створений проект «**Mist**» та переходимо в меню. «**Зйомка**»- «**Зйомка точок**», (рис.2.7.)

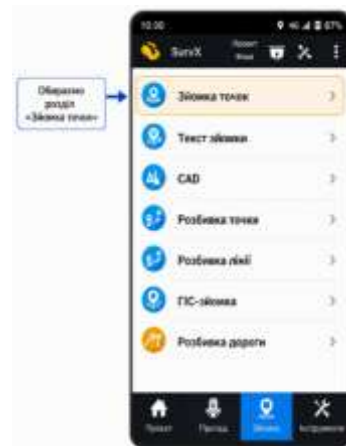


Рис. 2.7 Вибір системи координат

Наступним кроком є налаштування параметрів приймача та встановлення з'єднання з мережею референціальних станцій. Для цього в меню програми обирають розділ «**GNSS**», де виконують підключення до приймача через Bluetooth або Wi-Fi. Після успішного з'єднання здійснюють налаштування NTRIP-підключення до мережі UA-EUPOS/ZAKPOS. У відповідних полях

вводять: адресу сервера; номер порту; логін користувача; пароль доступу; тип корекційних поправок (RTCM).

Після встановлення з'єднання з сервером програма починає приймати корекційні дані в режимі реального часу, що дозволяє отримувати координати з сантиметровою точністю.

Далі виконують ініціалізацію RTK-режиму та контроль якості прийому супутникових сигналів. Перед початком знімання перевіряють: кількість супутників, що беруть участь у розв'язанні; значення показника PDOP; статус RTK-фіксації (FIX); точність визначення координат у плані та по висоті.

Після отримання фіксованого RTK-рішення (RTK FIX) переходять безпосередньо до визначення координат пунктів планово-висотної основи та знімальних точок. Усі результати автоматично записуються до пам'яті контролера та можуть бути експортовані для подальшої камеральної обробки.



Рис. 2.8 Запуск знімання

Застосування GNSS-приймача South Galaxy G1 Plus та програмного забезпечення SurvX дозволило оперативно виконати координатне забезпечення об'єкта, скоротити тривалість польових робіт і забезпечити високу точність визначення просторового положення пунктів геодезичної мережі.

3 ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ В ПРОГРАМНИХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯХ

3.1 Загальний опис програмних забезпечень для опрацювання даних

Загальні відомості про програмне забезпечення CREDO DAT. Для камеральної обробки результатів інженерно-геодезичних вишукувань використовувалося програмне забезпечення **CREDO DAT**, розроблене компанією «Кредо-Діалог». Даний програмний продукт призначений для автоматизації процесів обробки наземних та супутникових геодезичних вимірювань, створення й урівноваження геодезичних мереж, а також підготовки вихідних даних для подальшого проектування та створення топографічних планів.

Система CREDO DAT забезпечує комплексну обробку результатів польових вимірювань, отриманих за допомогою електронних тахеометрів, GNSS-приймачів та цифрових нівелірів. Програмне забезпечення підтримує роботу з різними системами координат, враховує параметри геоїда та виконує необхідні редуційні поправки, що дозволяє отримувати координати та висоти пунктів із високою точністю.

Однією з головних переваг CREDO DAT є можливість спільної обробки результатів вимірювань, виконаних різними методами та приладами. Це дозволяє об'єднувати супутникові спостереження, лінійно-кутові вимірювання, нівелювання та інші геодезичні дані в єдину математичну модель мережі.

До основних переваг програмного комплексу належать:

- відсутність обмежень щодо обсягу оброблюваних даних;
- підтримка різних типів геодезичних мереж і методів вимірювань;
- імпорт даних із більшості сучасних електронних тахеометрів, GNSS-приймачів та цифрових нівелірів;
- можливість спільного врівноваження супутникових і традиційних геодезичних вимірювань;
- автоматичне виявлення та локалізація грубих помилок;

- проектування планових і висотних геодезичних мереж;
- робота з растровими підкладками та картографічними матеріалами;
- формування звітної документації відповідно до вимог користувача.

Важливою функцією програми є підтримка імпорту даних безпосередньо з польових приладів. Результати вимірювань можуть завантажуватися у різних форматах, після чого система автоматично виконує їх класифікацію, формує структуру геодезичної мережі та здійснює попередній контроль якості вихідної інформації.

Під час обробки тахеометричного знімання програмний комплекс дозволяє автоматично формувати точкові, лінійні та площинні об'єкти на основі польового кодування. Це значно прискорює створення цифрової моделі місцевості та подальше формування топографічного плану.

Після імпорту вимірювань система виконує попередні обчислення координат пунктів, враховує необхідні поправки та редуції, а також проводить контроль точності вихідних даних. Для виявлення помилок використовуються різні методи аналізу, серед яких статистичний контроль, аналіз середньої квадратичної похибки одиниці ваги, трасування помилок і послідовне виключення підозрілих вимірювань.

Однією з найважливіших можливостей CREDO DAT є врівноваження геодезичних мереж параметричним методом найменших квадратів. Програма дозволяє виконувати як спільне, так і окреме врівноваження результатів супутникових та наземних вимірювань у планових і висотних мережах різних класів точності.

За результатами врівноваження користувач отримує повну оцінку точності побудованої мережі, включаючи середні квадратичні похибки координат пунктів, еліпси помилок, похибки довжин сторін і дирекційних кутів. Це дає можливість оцінити якість виконаних геодезичних робіт та підтвердити відповідність отриманих результатів встановленим нормативним вимогам.

У даній роботі програмне забезпечення CREDO DAT використовувалося для імпорту результатів тахеометричного знімання, обробки польових

вимірювань, врівноваження геодезичної мережі та підготовки вихідних даних для подальшого створення топографічного плану масштабу 1:500 і тривимірної моделі Росвигівського мосту.

Загальні відомості про програмне забезпечення Digital. Для створення та оформлення топографічного плану за результатами польових геодезичних вимірювань у даній роботі використовувалося програмне забезпечення **Digital**, розроблене українським науково-виробничим підприємством «Геосистема» (м. Вінниця). Програма широко застосовується у сфері геодезії, картографії, землеустрою, кадастрових робіт та створення цифрових моделей місцевості.

Програмний комплекс Digital призначений для створення, редагування, оновлення та оформлення цифрових топографічних карт і планів відповідно до чинних нормативних документів України. Програма забезпечує повний цикл камеральної обробки результатів топографо-геодезичних вишукувань – від імпорту польових вимірювань до формування готової картографічної продукції.

Однією з головних переваг Digital є можливість роботи як із растровими, так і з векторними даними. Програма підтримує використання кольорових та чорно-білих растрових підкладок, що значно полегшує процес векторизації та оновлення картографічних матеріалів. Під час цифрування реалізовані функції автоматичного захоплення об'єктів, контролю топології та створення полігональних об'єктів за допомогою шаблонів.

Серед основних можливостей програмного комплексу можна виділити:

- створення та редагування цифрових топографічних планів;
- автоматизоване формування умовних позначень відповідно до нормативних вимог;
- роботу з растровими та векторними картографічними матеріалами;
- імпорт і експорт даних у різних форматах;
- створення цифрових моделей рельєфу;
- побудову горизонталей та інтерполяцію висот;
- автоматичний підрахунок площ і довжин;
- формування звітної документації;

- ведення кадастрових баз даних.

Програма має багатовіконний інтерфейс користувача та підтримує стандартні операції редагування даних. Для роботи з просторовою інформацією передбачено інструменти пошуку, фільтрації та групового редагування об'єктів за різними параметрами.

Digitals підтримує обмін даними з багатьма сучасними геоінформаційними та САД-системами. Серед основних форматів, які підтримуються програмою, можна виділити: DWG; DXF; Shape (SHP); MID/MIF; ASCII; DBF; TXF.

Особливу увагу в програмі приділено роботі з рельєфом місцевості. На основі результатів тахеометричного знімання та польових пікетів система дозволяє створювати цифрові моделі рельєфу (ЦМР), виконувати побудову горизонталей, інтерполяцію висот, формувати поздовжні та поперечні профілі, а також здійснювати розрахунок площ і об'ємів земляних мас.

Крім геодезичних задач, програмний комплекс широко використовується для виконання кадастрових та землевпорядних робіт. За допомогою Digitals можна створювати кадастрові плани, здійснювати облік земельних ділянок, формувати бази атрибутивних даних та автоматично генерувати необхідну графічну і текстову документацію.

Важливою особливістю програмного забезпечення є його інтеграція з цифровою фотограмметричною станцією **Digitals/Delta**, яка забезпечує обробку аерофотознімків, виконання фототріангуляції, побудову ортофотопланів та створення цифрових картографічних матеріалів.

У даній роботі програмне забезпечення Digitals використовувалося для імпорту результатів тахеометричного знімання, створення цифрової моделі місцевості, побудови горизонталей, формування топографічного плану масштабу 1:500 та його оформлення відповідно до чинних нормативних вимог. Застосування цього програмного продукту дозволило автоматизувати процес обробки геодезичних даних і забезпечити високу якість кінцевої картографічної продукції.

Загальні відомості про програмне забезпечення AutoCAD Civil 3D. Для створення цифрової моделі місцевості, побудови тривимірної моделі об'єкта та подальшого проєктування в даній роботі використовувалося програмне забезпечення **AutoCAD Civil 3D** компанії Autodesk. Це спеціалізована система автоматизованого проєктування (САПР), призначена для виконання інженерно-геодезичних вишукувань, проєктування транспортної інфраструктури, інженерних мереж та об'єктів цивільного будівництва.

Програмний комплекс AutoCAD Civil 3D базується на концепції інформаційного моделювання будівель та споруд (BIM-технології), що дозволяє створювати інтелектуальні тривимірні моделі об'єктів і забезпечує автоматичне оновлення взаємопов'язаних елементів проєкту при внесенні змін. Завдяки цьому значно підвищується ефективність проєктування та зменшується ймовірність виникнення помилок у робочій документації.

Однією з головних переваг AutoCAD Civil 3D є можливість створення єдиної цифрової моделі місцевості на основі результатів топографо-геодезичних вишукувань. Програма дозволяє імпортувати дані, отримані з електронних тахеометрів, GNSS-приймачів, лазерних сканерів та інших геодезичних приладів, після чого виконувати їх обробку, аналіз та візуалізацію.

Серед основних переваг програмного комплексу можна виділити:

- ✚ використання сучасних BIM-технологій під час проєктування;
- ✚ створення та редагування цифрових моделей рельєфу;
- ✚ підтримку даних із різних геодезичних приладів і форматів файлів;
- ✚ автоматичне формування креслень та проєктної документації;
- ✚ можливість тривимірної візуалізації проєктованих об'єктів;
- ✚ інтеграцію з іншими програмними продуктами Autodesk;
- ✚ виконання інженерних розрахунків та аналізу проєктних рішень;
- ✚ зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача.

Функціональні можливості AutoCAD Civil 3D охоплюють широкий спектр завдань у галузі цивільного будівництва та інженерної інфраструктури. Програма використовується для проєктування автомобільних доріг, мостів,

транспортних розв'язок, трубопровідних мереж, об'єктів благоустрою територій та систем інженерного захисту.

Особливе значення для виконання даної роботи мала можливість створення цифрової моделі рельєфу (Digital Terrain Model – DTM). На основі координат та висот точок, отриманих у результаті тахеометричного знімання, у програмі формується триангуляційна поверхня (TIN-модель), яка відображає реальний рельєф місцевості та використовується для подальшого проектування.

Програмний комплекс дозволяє автоматично будувати горизонталі, визначати ухили поверхні, виконувати розрахунок об'ємів земляних робіт, створювати поздовжні та поперечні профілі, а також аналізувати геометричні характеристики проєктованих споруд.

Однією з важливих функцій AutoCAD Civil 3D є створення тривимірних моделей інженерних об'єктів. Завдяки цьому можна виконувати наочну візуалізацію проєктних рішень, оцінювати їх просторове розташування та взаємодію з навколишнім середовищем. Тривимірна модель забезпечує більш повне уявлення про майбутній об'єкт як для проєктувальників, так і для замовників.

Програма також підтримує роботу з хмарами точок, отриманими в результаті лазерного сканування або фотограмметричної обробки даних безпілотних літальних апаратів. Це дозволяє використовувати AutoCAD Civil 3D для створення високоточних цифрових моделей існуючих споруд та територій.

У даній роботі програмне забезпечення AutoCAD Civil 3D використовувалося для побудови цифрової моделі місцевості, створення тривимірної моделі Росвигівського мосту, аналізу геометричних параметрів об'єкта та підготовки графічних матеріалів для подальшого проектування реконструкції мостової споруди. Використання цього програмного комплексу забезпечило високу точність моделювання та наочне представлення результатів інженерно-геодезичних вишукувань.

3.2 Опрацювання даних. Побудова плану території в масштабі 1:500 та 3D-моделі мостової споруди

3.2.1 Опрацювання даних топографо-геодезичного знімання в програмному середовищі CREDO DAT

Після завершення польових геодезичних робіт було виконано камеральну обробку результатів вимірювань у програмному комплексі **CREDO DAT**. Основною метою обробки було визначення координат і висот пунктів знімальної мережі, контроль точності вимірювань, врівноваження теодолітних ходів та підготовка вихідних даних для подальшого створення цифрової моделі місцевості та топографічного плану масштабу 1:500.

На першому етапі роботи запускають програму **CREDO DAT** та створюють новий проєкт. Для цього в головному меню обирають команду:

Файл → Створити → Проєкт

Після відкриття діалогового вікна задають назву проєкту, місце його збереження та параметри системи координат, у якій виконуватиметься обробка даних (рис. 3.1).

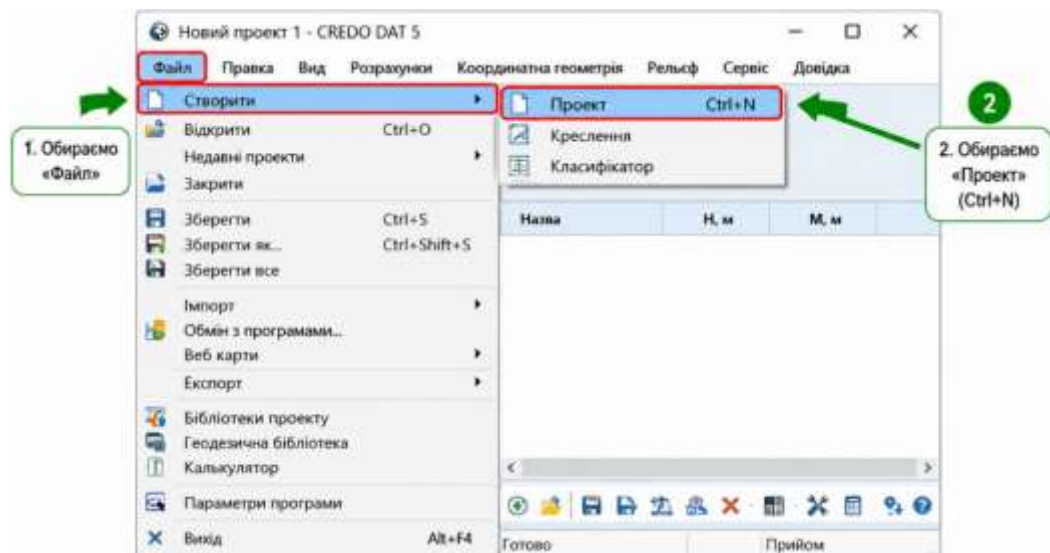


Рис. 3.1 Створення нового проєкту в програмному комплексі CREDO DAT

Після створення проєкту вводять вихідні координати пунктів планово-висотної основи та імпортують результати польових вимірювань, отриманих під час тахеометричного знімання. Дані можуть завантажуватися безпосередньо з

електронного тахеометра або імпортуватися з текстових файлів відповідного формату.

Наступним етапом камеральної обробки є завантаження результатів польових вимірювань, отриманих за допомогою електронного тахеометра. Для цього в програмному комплексі **CREDO DAT** необхідно виконати імпорт файлу вимірювань.

Імпорт даних здійснюється через головне меню програми за такою послідовністю: **Файл** → **Імпорт** → **Файли електронних тахеометрів**

Після відкриття вікна імпорту обирають файл польових вимірювань, отриманий з електронного тахеометра **Sokkia SET 250RX**, задають параметри завантаження та натискають кнопку «Імпортувати». У процесі імпорту програма автоматично розпізнає структуру файлу, визначає типи вимірювань та формує базу даних геодезичної мережі (рис. 3.2).

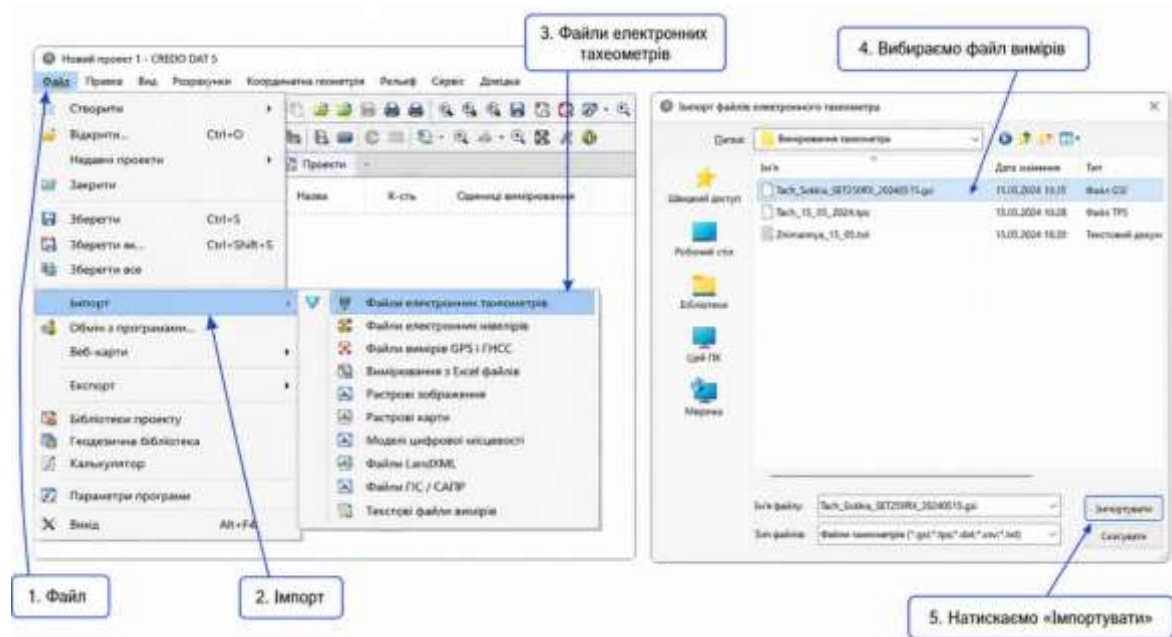


Рис. 3.2 Імпорт результатів тахеометричного знімання в програмному комплексі CREDO DAT

Проводимо спочатку аналіз планових вимірювань на грубі помилки: Розрахунки—»Пошук помилок—»L1-аналіз—»Готово, (рис.3.3.)

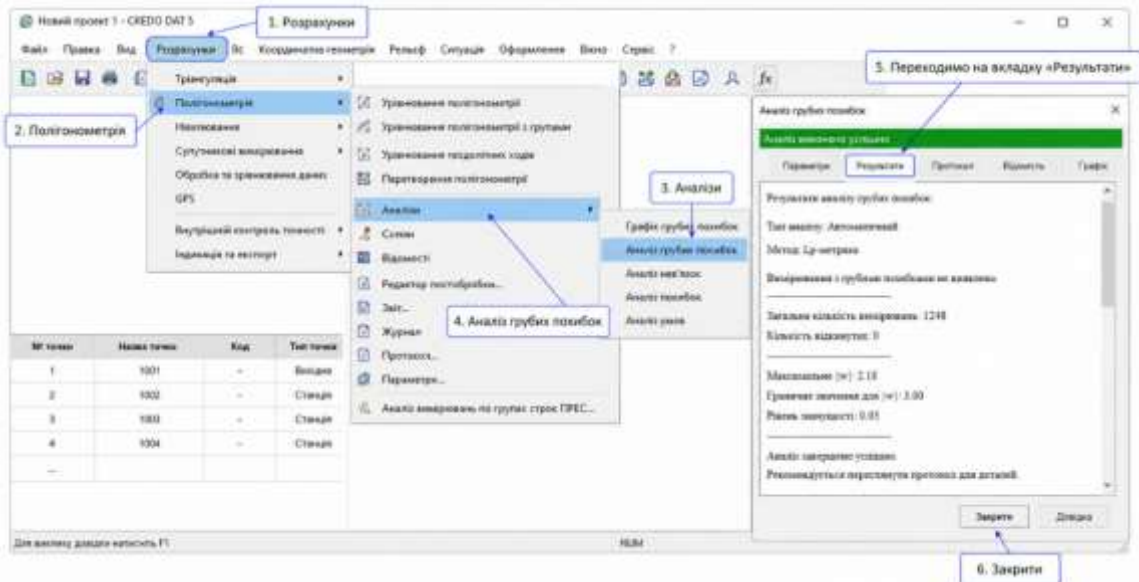


Рис. 3.3 Аналіз планових вимірювань на грубі помилки

Виконуємо попереднє опрацювання даних, в результаті якого отримуємо попередні координати: Розрахунки —» Преобробка —» Розрахунок —» Готово.

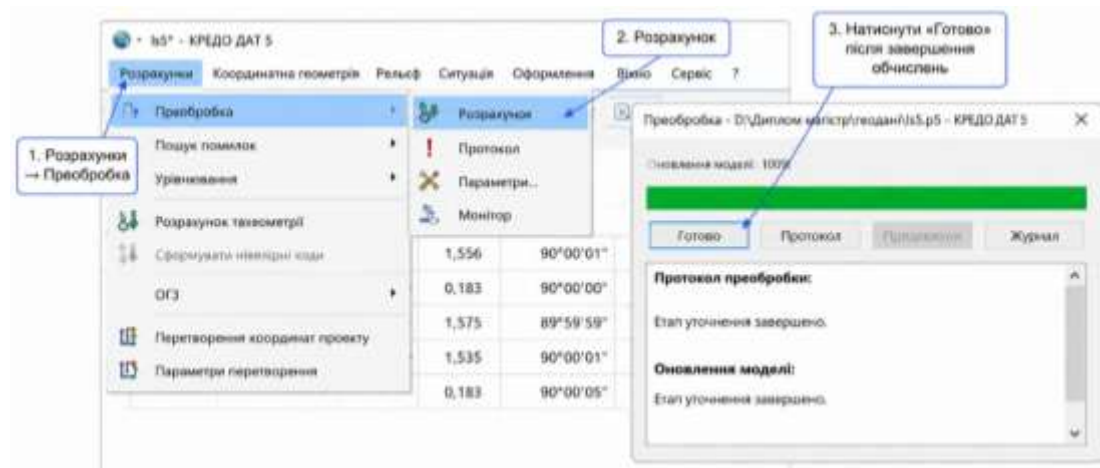


Рис. 3.4 Попереднє опрацювання даних

Наступним кроком переходимо до урівноваження мережі теодолітних ходів після чого отримуємо врівноважену мережу на якій відображаються еліпси помилок (рис.3.6): Розрахунки—»Урівнювання—»Розрахунок, (рис.3.5.)

Наступним етапом є формування геодезичної мережі та перевірка правильності введених вимірювань. Програма автоматично аналізує структуру мережі, визначає зв'язки між пунктами та виконує попередні розрахунки координат.

Після завершення перевірки здійснюється врівноваження теодолітного ходу методом найменших квадратів. У процесі врівноваження визначаються

поправки до вимірних кутів і довжин сторін, а також обчислюються уточнені координати пунктів мережі.

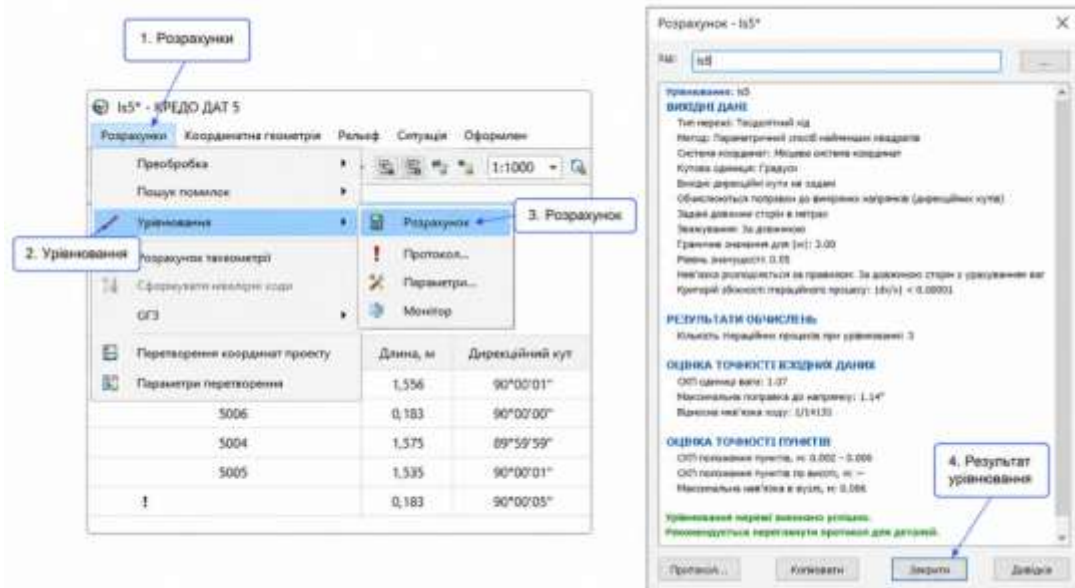


Рис. 3.5 Урівноваження мережі теодолітних ходів

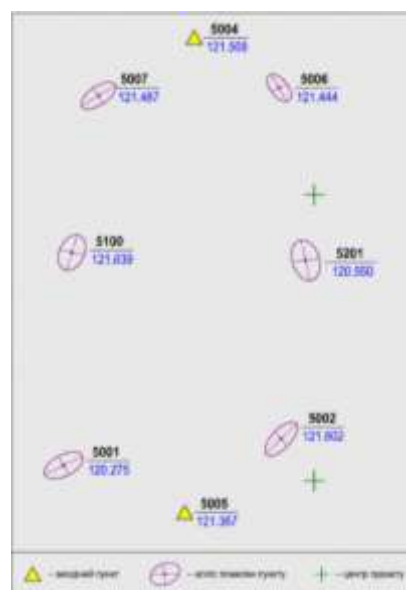


Рис. 3.6. Еліпси помилок.

Для оцінювання якості виконаних вимірювань у програмі розраховуються:

- ✚ кутова нев'язка теодолітного ходу;
- ✚ лінійна нев'язка ходу;
- ✚ абсолютна та відносна нев'язки;
- ✚ середні квадратичні похибки координат пунктів;
- ✚ еліпси похибок положення пунктів.

Після проведення урівноваження переходимо до розрахунку тахеометрії:
Розрахунки—»Розрахунок тахеометрії, (рис.3.7.)

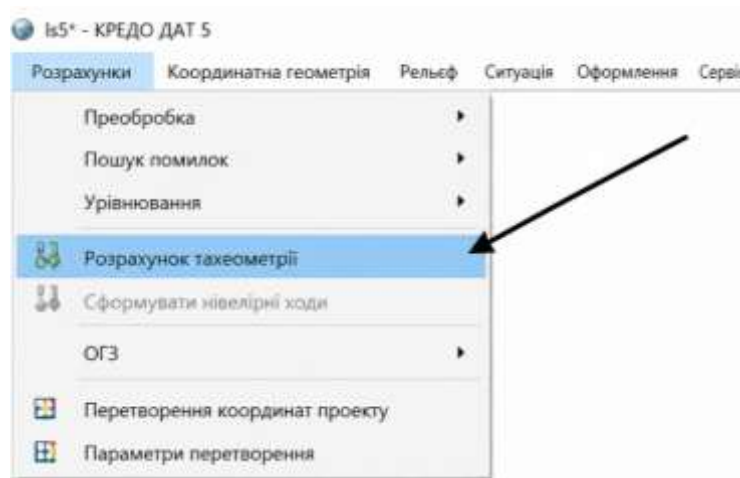


Рис.3.7. Розрахунок тахеометрії

Після завершення обробки результатів польових вимірювань у програмному комплексі **CREDO DAT** було отримано повний комплект вихідних матеріалів, необхідних для подальшого створення топографічного плану та оцінювання точності геодезичної мережі.

Таблиця 3.1

Каталог координат точок теодолітних ходів

№	Назва пункту	X, м	Y, м	H, м
1	5102	513,410	886,449	121,892
2	5201	584,357	895,730	120,650
3	5006	636,245	888,248	123,844
4	5101	503,112	838,818	122,215
5	5007	634,687	849,380	124,461
6	5100	589,698	839,708	121,639

Таблиця 3.2

Відомість теодолітних ходів

Хід	Пункт	Вимірний кут	Дирекційний кут	Виміряна відстань, м	Урівноважена відстань, м	X, м	Y, м
1	5007						
			60°50'07"				
	5004	239°34'27"				646,566	870,666
			120°24'50"	20,390	20,387		
	5006	231°22'38"				636,245	888,248
			171°47'42"	52,426	52,425		
	5201	195°39'19"				584,357	895,730
			187°27'10"	71,551	71,551		
	5102	250°20'47"				513,410	886,449
			257°48'00"				
	5101						
2	5005						
			1°05'33"				
	5004	59°44'45"				646,566	870,666
			240°50'07"	24,379	24,377		
	5007	131°18'06"				634,687	849,380
			192°07'58"	46,016	46,016		
	5100	168°27'33"				589,698	839,708
			180°35'21"	86,590	86,591		
	5101	77°12'39"				503,112	838,818
			77°48'00"	48,729	48,731		
	5102	109°39'13"				513,410	886,449
			7°27'10"				
	5201						

Таблиця 3.3

Відомість обробки і урівноваження тригонометричного нівелювання

Станція	Ціль	Гор. прокладання, м	h прямого, м	h зворотного, м	dh, м	h середнє, м	Поправка, м	h урівн., м	H урівн., м
5004	5005	155,807	-0,265	0,259	-0,007	-0,262	-0,003	-0,265	-0,265
	5006	20,462	-1,745	1,742	-0,003	-1,743	-0,001	-1,744	-1,744
	5007	24,403	-1,126	1,127	0,001	-1,127	-0,001	-1,127	-1,127
5005	5004	155,807	0,259	-0,265	-0,007	0,262	0,003	0,265	0,265
5006	5201	52,522	-3,194	3,191	-0,002	-3,192	-0,002	-3,194	-3,194
	5004	20,462	1,742	-1,745	-0,003	1,743	0,001	1,744	1,744
5007	5004	24,403	1,127	-1,126	0,001	1,127	0,001	1,127	1,127
5100	5107	46,103	-2,819	2,822	0,003	-2,821	-0,001	-2,822	-2,822
	5007	46,103	2,822	-2,819	0,003	2,821	0,001	2,822	2,822
	5101	86,593	0,578	-0,579	-0,001	0,579	-0,002	0,576	0,576
5101	5100	86,593	-0,579	0,578	-0,001	-0,579	0,002	-0,576	-0,576
	5102	48,732	-0,323	0,322	0,000	-0,322	-0,001	-0,324	-0,324
5102	5101	48,732	0,322	-0,323	0,000	0,322	0,001	0,324	0,324
	5005	29,585	3,434			3,434	-0,004	3,431	3,431
	5201	71,562	-1,244	1,246	0,002	-1,245	0,003	-1,242	-1,242
5201	5102	71,562	1,246	-1,244	0,002	1,245	-0,003	1,242	1,242
	5006	52,522	3,191	-3,194	-0,002	3,192	0,002	3,194	3,194

Таблиця 3.4

Характеристика теодолітних ходів

Хід	Точки ходу	Довжина ходу, м	N	Fβ факт.	Fβ доп.	F _x , м	F _y , м	F _s , м	S /F _s
1	5004, 5006, 5201, 5102, 5005	144,367	4	0°00'42"	0°02'00"	-0,002	0,002	0,003	46950
2	5004, 5007, 5100, 5101, 5005	205,713	5	0°00'39"	0°02'14"	0,000	-0,004	0,004	47630

Таблиця 3.5

Характеристика ходів тригонометричного нівелювання

Хід	Пункти	Довжина, км	N	Fh факт., м	Fh доп., м
1	5004, 5007, 5100, 5101, 5005	0,206	5	-0,005	0,032
2	5004, 5006, 5201, 5102, 5005	0,144	4	0,004	0,027

Таблиця 3.6

Відомість оцінки точності положення пунктів

Тип сторони	Пункт 1	Пункт 2	Довжина лінії, м	Дирекційний кут	СКП відстані, м	СКП кута, "	Відносна помилка	СКП відстані, м	СКП лінії, м
Min	5006	5004	20,387	300°24'50"	0,0030	7,1	6802	0,0007	0,0031
Max	5100	5101	86,591	180°35'21"	0,0028	6,9	31317	0,0029	0,0040
По мережі			48,636		0,0029	7,3	16597	0,0018	0,0034

Таблиця 3.7

Відомість оцінки точності положення пунктів за результатами урівноваження. Загальні характеристики мережі. Оцінка точності окремих пунктів

Показник	Значення	Пункт	Пункт	M, м	M _x , м	M _y , м	a, м	b, м	α	M _h , м
M _{min} , м	0,0035	5102	5006	0,0031	0,0017	0,0025	0,0030	0,0007	123°25'41"	0,0013
M _{max} , м	0,0044	5101	5007	0,0032	0,0017	0,0026	0,0031	0,0008	58°45'13"	0,0014
M _{середня} , м	0,0037		5100	0,0040	0,0029	0,0028	0,0034	0,0022	40°38'04"	0,0021
			5101	0,0044	0,0025	0,0036	0,0038	0,0021	65°33'24"	0,0023
			5102	0,0035	0,0028	0,0020	0,0033	0,0012	32°45'17"	0,0018
			5201	0,0039	0,0031	0,0023	0,0032	0,0022	166°00'51"	0,0020

Таблиця 3.8

Відомість поправок у напрямі

Станція	Ціль	Редуковане значення	Поправка	Урівноважене значення
5004	5005	0°00'00"	1,652556"	0°00'02"
5004	5006	299°19'12"	7,309674"	299°19'19"
5004	5007	59°44'45"	-8,959647"	59°44'36"
5005	5004	0°00'00"	0,000000"	0°00'00"
5006	5201	0°00'00"	6,990163"	0°00'07"
5006	5004	128°37'22"	-6,990164"	128°37'15"
5007	5004	0°00'00"	7,807768"	0°00'08"
5007	5100	131°18'06"	-7,805260"	131°17'59"
5100	5007	0°00'00"	5,006688"	0°00'05"
5100	5101	168°27'33"	-5,008149"	168°27'28"
5101	5100	0°00'00"	0,032982"	0°00'00"
5101	5102	77°12'39"	0,007507"	77°12'39"
5102	5101	0°00'00"	1,682729"	0°00'02"
5102	5005	321°51'25"	-0,447831"	321°51'25"
5102	5201	109°39'13"	-1,164795"	109°39'12"
5201	5102	0°00'00"	4,616490"	0°00'05"
5201	5006	164°20'41"	-4,618997"	164°20'36"

Таблиця 3.9

Відомість поправок у відстані та перевищення

Станція	Ціль	Редуковане значення, м	Поправка, м	Урівноважене значення, м
Відстані (наземні)				
5006	5201	52,426	-0,001	52,425
5006	5004 (вих.)	20,391	-0,003	20,387
5007	5004 (вих.)	24,378	-0,001	24,377
5007	5100	46,016	0,000	46,016
5100	5007	46,016	0,001	46,016
5100	5101	86,590	0,001	86,591
5101	5102	48,729	0,003	48,731
5101	5100	86,589	0,002	86,591
5102	5201	71,551	0,000	71,551
5102	5101	48,729	0,003	48,731
5102	5005 (вих.)	29,385	0,000	29,385
5201	5102	71,551	0,000	71,551
5201	5006	52,426	-0,001	52,425
5004 (вих.)	5005 (вих.)	155,807	0,000	155,807
5004 (вих.)	5006	20,389	-0,001	20,387
5004 (вих.)	5007	24,379	-0,003	24,377
5005 (вих.)	5004 (вих.)	155,806	0,001	155,807
Перевищення (наземні)				
5006	5201	-3,194	-0,001	-3,194
5006	5004 (вих.)	1,742	0,002	1,744
5007	5004 (вих.)	1,127	0,000	1,127

Станція	Ціль	Редуковане значення, м	Поправка, м	Урівноважене значення, м
Відстані (наземні)				
5007	5100	-2,819	-0,003	-2,822
5100	5007	2,822	0,000	2,822
5100	5101	0,578	-0,002	0,576
5101	5100	-0,579	0,003	-0,576
5101	5102	-0,323	-0,001	-0,324
5102	5101	0,322	0,001	0,324
5102	5005 (вих.)	3,434	-0,004	3,431
5102	5201	-1,244	0,001	-1,242
5201	5102	1,246	-0,004	1,242
5201	5006	3,191	0,003	3,194
5004 (вих.)	5005 (вих.)	-0,265	0,000	-0,265
5004 (вих.)	5006	-1,745	0,001	-1,744
5004 (вих.)	5007	-1,126	-0,001	-1,127
5005 (вих.)	5004 (вих.)	0,259	0,007	0,265

За результатами врівноваження сформовано каталог врівноважених координат пунктів мережі (табл. 3.1), відомість теодолітних ходів (табл. 3.2), відомість тригонометричного нівелювання (табл. 3.3), характеристику теодолітних ходів (табл. 3.4) та характеристику ходів тригонометричного нівелювання (табл. 3.5).

Для оцінювання якості побудованої мережі отримано відомість точності взаємного планового положення пунктів за сторонами мережі (табл. 3.6), відомість оцінки точності положення пунктів за результатами врівноваження (табл. 3.7), відомість поправок у напрямки (табл. 3.8), а також відомість поправок у відстані та перевищення (табл. 3.9).

Крім того, програмою автоматично сформовано відомість середніх квадратичних похибок планових вимірювань (табл. 3.10) та відомість середніх квадратичних похибок тригонометричного нівелювання (табл. 3.11).

Координати пунктів подано в державній системі координат, а відстані — після внесення відповідних поправок та врівноваження мережі.

Таблиця 3.10

Відомість СКП вимірювань (планові)

№	Лінія від	Лінія до	Довжина (вимір.), м	СКП напрямку апріорна	СКП напрямку фактична	СКП лінії апріорна а	СКП лінії апріорна b	СКП лінії апріорна m	СКП лінії фактична а	СКП лінії фактична b	СКП лінії фактична m
1	5004	5005	155,807	0°00'21"	0°00'00"	0,015	0,0030	0,015	0,004	-0,021	0,000
2	5004	5007	24,379	0°00'21"	0°00'07"	0,015	0,0030	0,015	0,004	-0,021	0,003
3	5006	5004	20,390	0°00'21"	0°00'07"	0,015	0,0030	0,015	0,004	-0,021	0,003
4	5007	5100	46,016	0°00'21"	0°00'07"	0,015	0,0030	0,015	0,004	-0,021	0,003
5	5100	5101	86,590	0°00'21"	0°00'07"	0,015	0,0030	0,015	0,004	-0,021	0,003
6	5102	5005	29,385	0°00'21"	0°00'09"	0,015	0,0030	0,015	0,004	-0,021	0,003
7	5102	5101	48,729	0°00'21"	0°00'08"	0,015	0,0030	0,015	0,004	-0,021	0,003
8	5102	5201	71,551	0°00'21"	0°00'06"	0,015	0,0030	0,015	0,004	-0,021	0,003
9	5201	5006	52,426	0°00'21"	0°00'07"	0,015	0,0030	0,015	0,004	-0,021	0,003

Таблиця 3.11

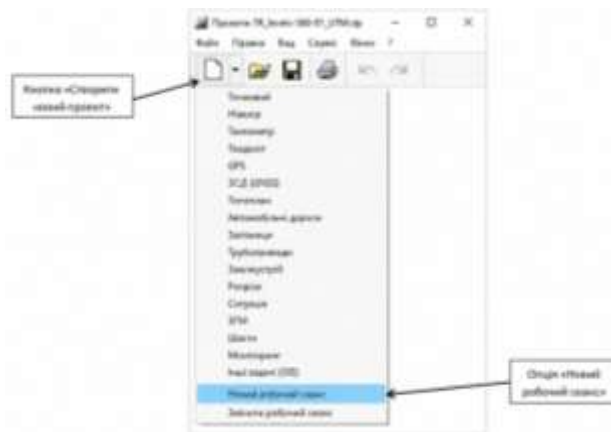
Відомість СКП вимірювань (тригонометричне нівелювання)

№	Лінія від	Лінія до	Довжина (вимір.), м	Клас	СКП перевищення апріорна, м	СКП перевищення фактична, м
10	5004	5005	155,807	Триг. нів. (РК)	0,011	0,000
11	5006	5004	20,390	Триг. нів. (РК)	0,004	0,001
12	5007	5004	24,379	Триг. нів. (РК)	0,004	0,001
13	5100	5007	46,016	Триг. нів. (РК)	0,006	0,002
14	5100	5101	86,590	Триг. нів. (РК)	0,008	0,002
15	5102	5005	29,385	Триг. нів. (РК)	0,005	0,002
16	5102	5101	48,729	Триг. нів. (РК)	0,006	0,002
17	5201	5006	52,426	Триг. нів. (РК)	0,006	0,002
18	5201	5102	71,551	Триг. нів. (РК)	0,008	0,002

Таким чином, використання програмного комплексу CREDO DAT дозволило автоматизувати процес камеральної обробки польових вимірювань, підвищити точність визначення координат пунктів геодезичної мережі та забезпечити надійну основу для подальшого проєктування об'єкта реконструкції.

3.2.2 Опрацювання даних топографо-геодезичного знімання в програмному середовищі DIGITALS

В програмному середовищі DIGITALS створюємо топографічний план місцевості по даним GNSS знімання. 1) Відкриваємо програму DIGITALS і створюємо новий файл роботи вибравши правильний робочий шаблон, (рис.3.8.)



Імпортуємо дані GNSS знімання в наш проєкт рис. 3.9.

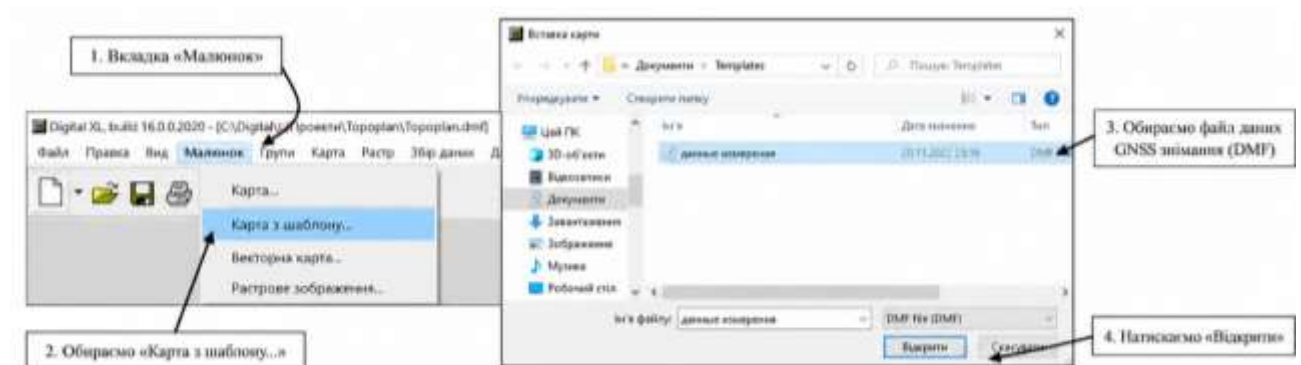


Рис 3.9 Імпорт даних

Наступним етапом є створення топографічного плану місцевості по даних імпорту. (рис. 3.10)

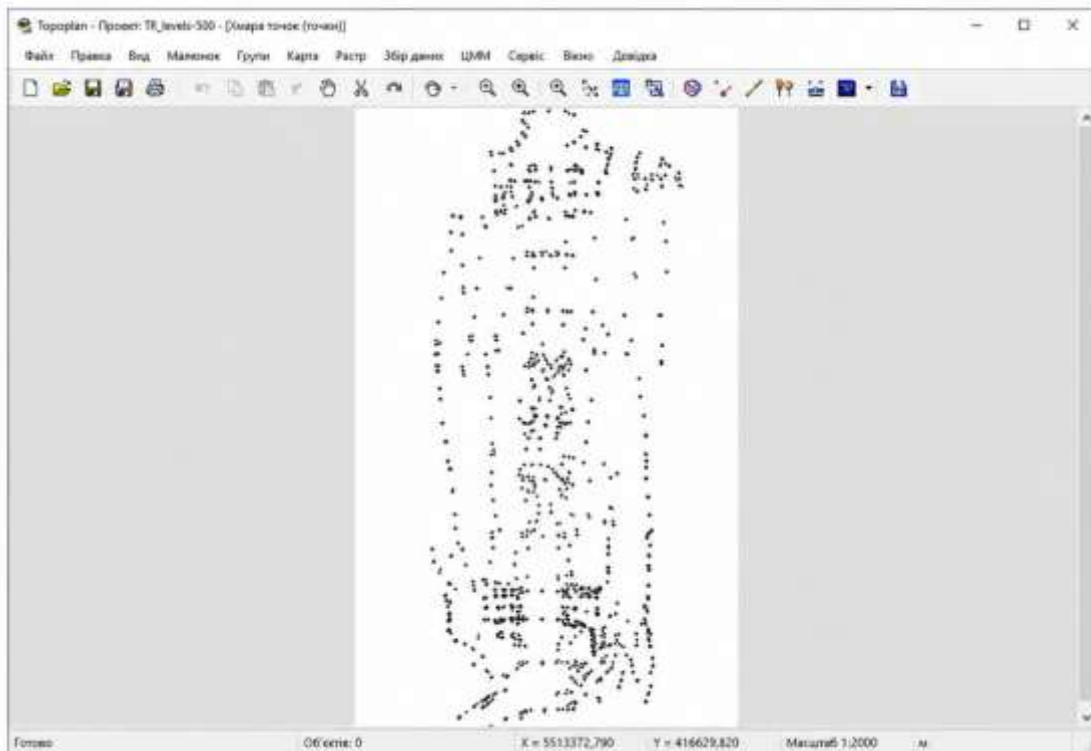


Рис. 3.10 Хмара точок

Результатом роботи в програмі DIGITALS є топографічний план місцевості 1:500. (додаток Г).

3.2.3 Опрацювання даних топографо-геодезичного знімання в програмному середовищі AutoCAD Civil 3D

В програмному середовищі AutoCAD Civil 3D будуємо трьохвимірну модель мосту. Робота поділяється на такі етапи: 1) Створення нового робочого проекту, (рис.3.11.)

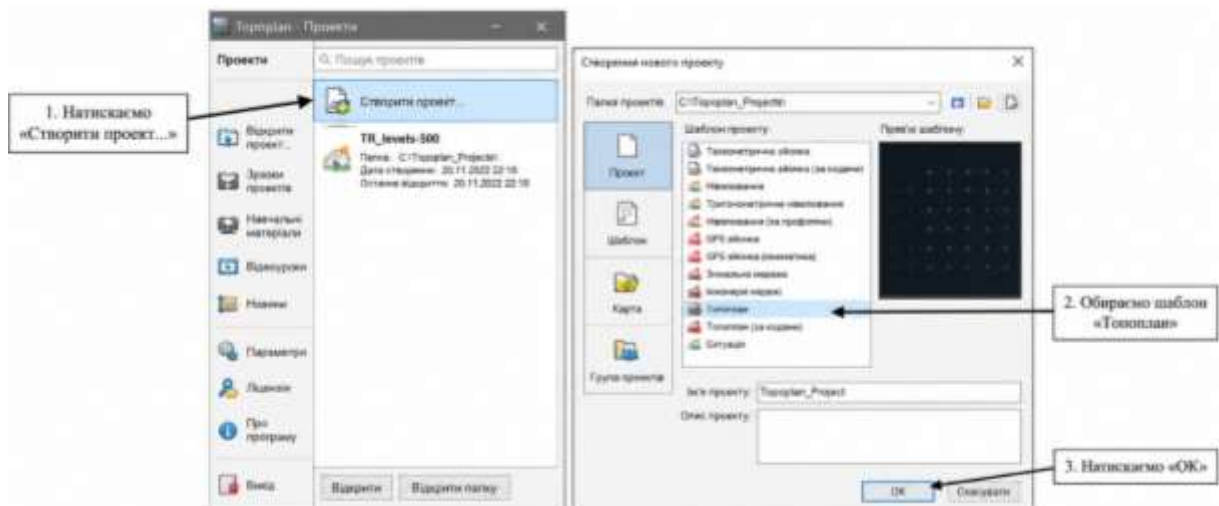


Рис. 3.11 Створення нового проекту

2) Імпорт даних зйомки: Вставка—»Імпорт даних зйомки, потім створюємо нову «базу даних», вибираємо файл імпорту (міст), вказуємо правильний формат вхідних даних і після чого підтверджуємо натиснувши «далі» . (рис.3.12.)

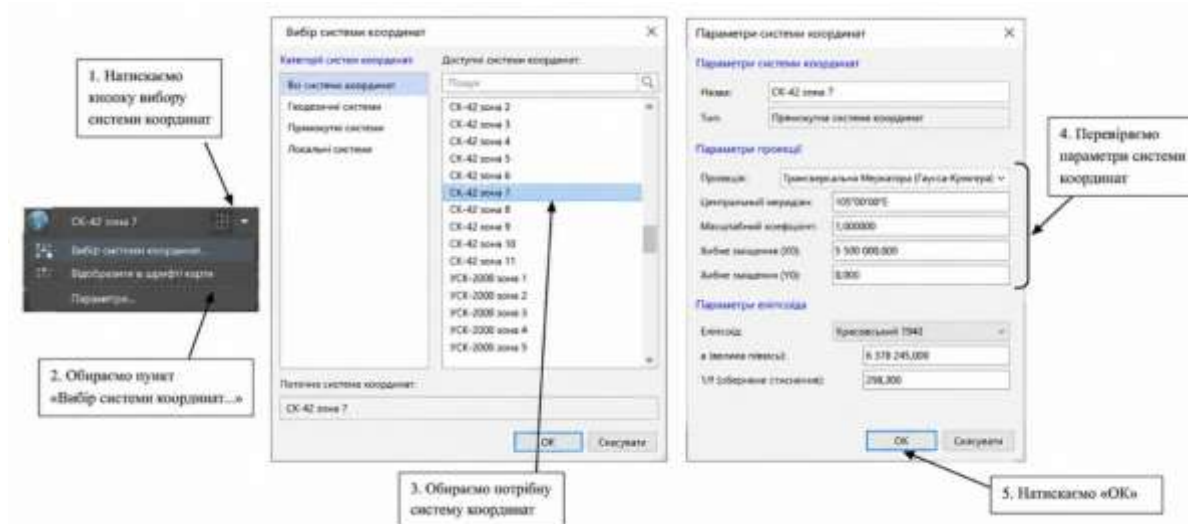


Рис. 3.12 Імпорт даних зйомки

Після успішного імпорту даних тахеометрії на екрані побачимо точки, (рис.3.13.)

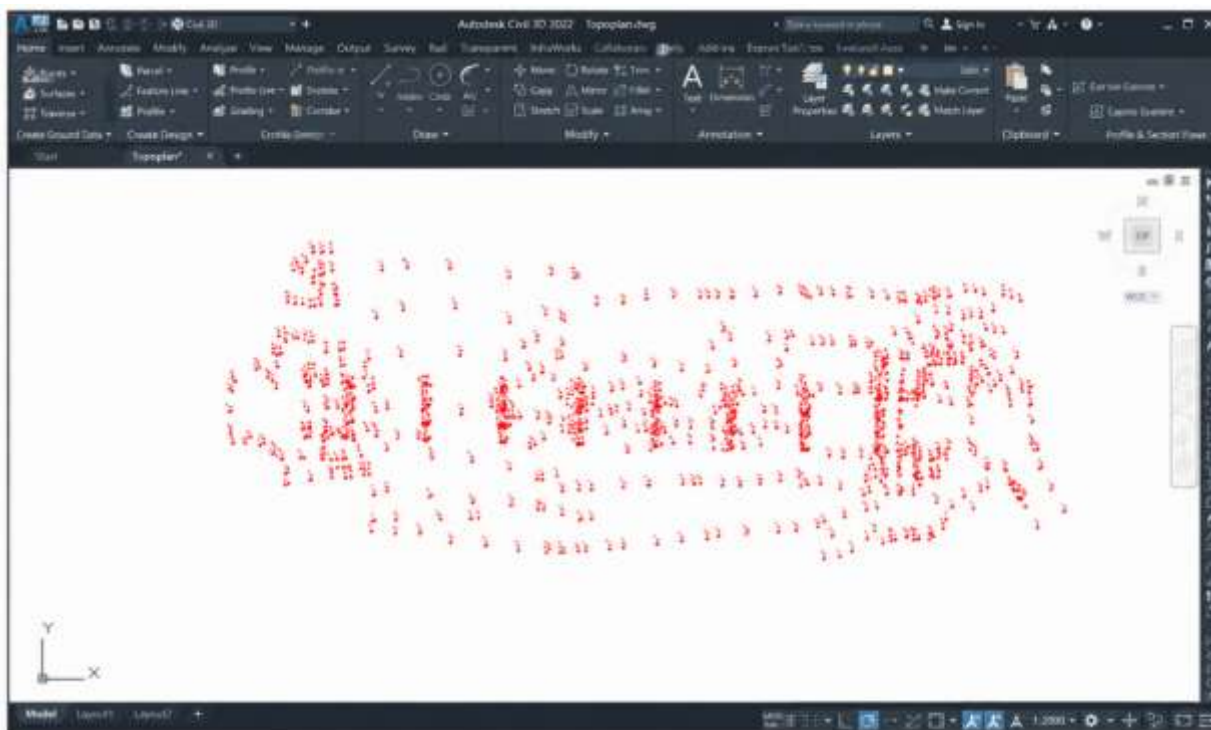


Рис. 3.13. «Хмара точок»

3) Наступним кроком є створення моделі мосту. Але для щоб приступити до рисування в 3 D нам потрібно спочатку розгрупувати «хмару точок». Для цього вибираємо наступне: Редактирование—»Расчленить. (рис.3.14.)



Рис. 3.14 Меню розгруповання «хмари точок» в Autodesk Civil 3D.

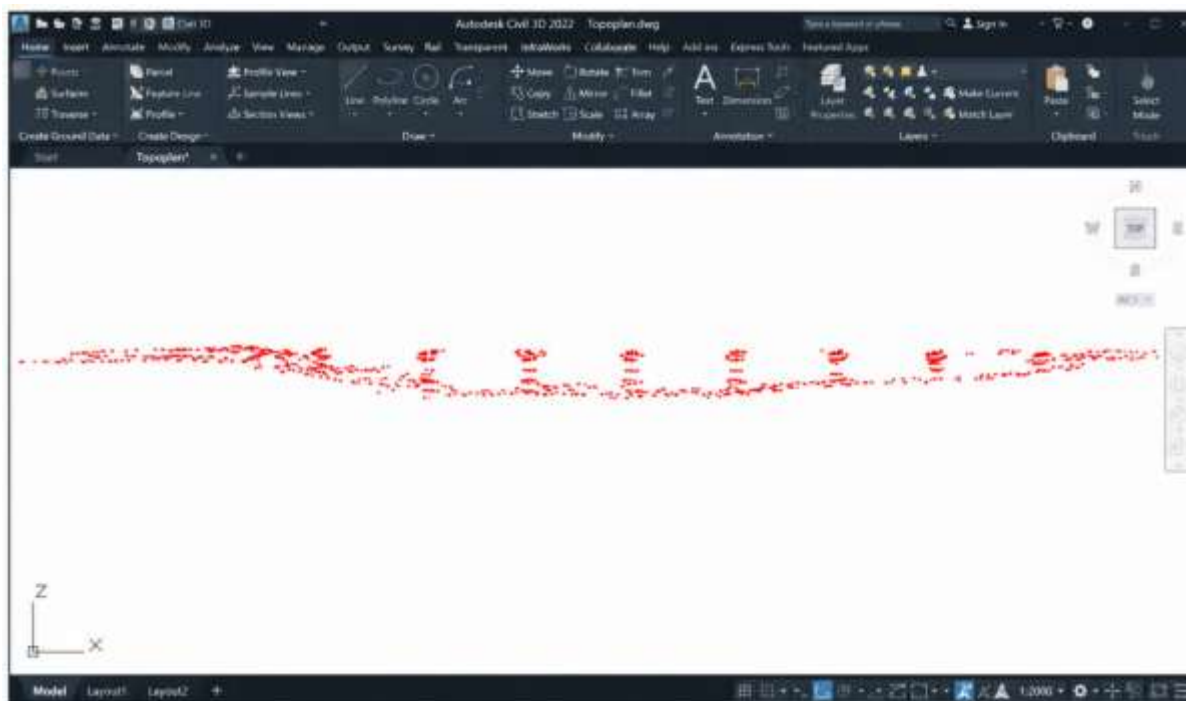


Рис. 3.15 Візуалізація розгрупованої моделі мосту у програмному середовищі AutoCAD Civil 3D (вигляд збоку)

Після чого приступаємо до рисунка. Спочатку створюємо каркас мосту структурними лініями(рис. 3.16).

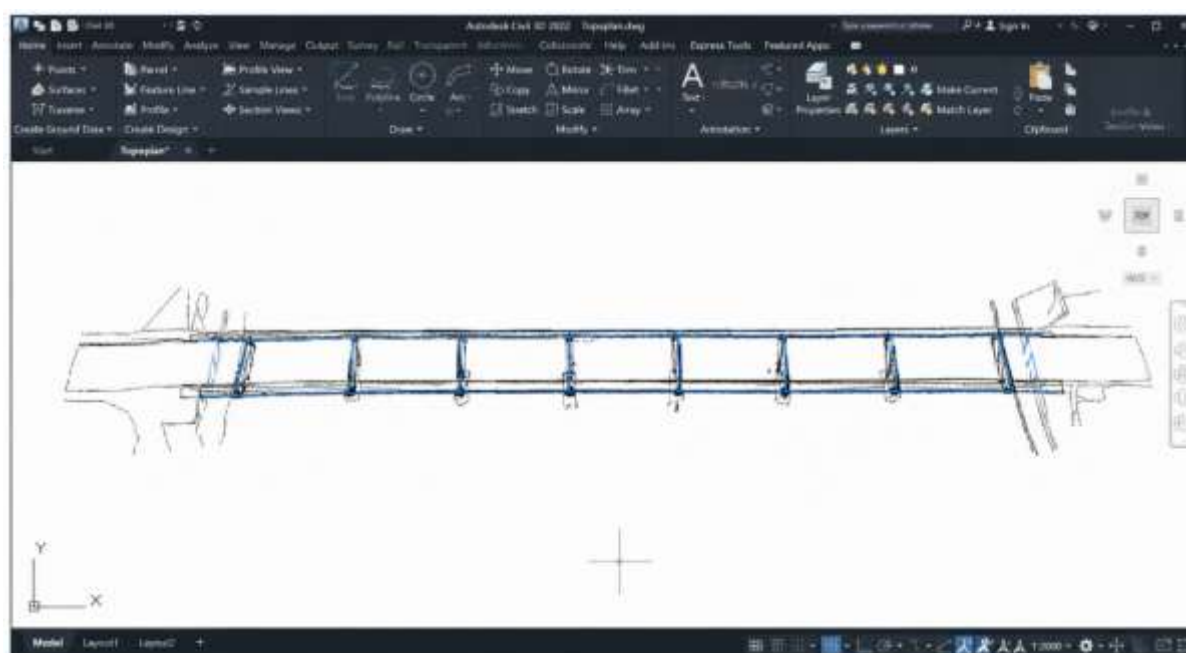


Рис. 3.16 Вигляд моделі мосту у вигляді каркасу

Наступним кроком будемо поверхні по структурним лініям з допомогою інструмента «Лофт». (рис. 3.17)



Рис. 3.17. - Вікно вибору інструмента «Лофт» 1 – область інструментів; 2- створити проєкт; 3 – дані про проєкт; 4 – вихідні дані; 5 – редагувати дані; 6 – палітри; 7 – керування.

Результатом роботи в програмному середовищі AutoCAD Civil 3D є модель автомобільного мосту.(рис. 3.18., рис. 3.19.)

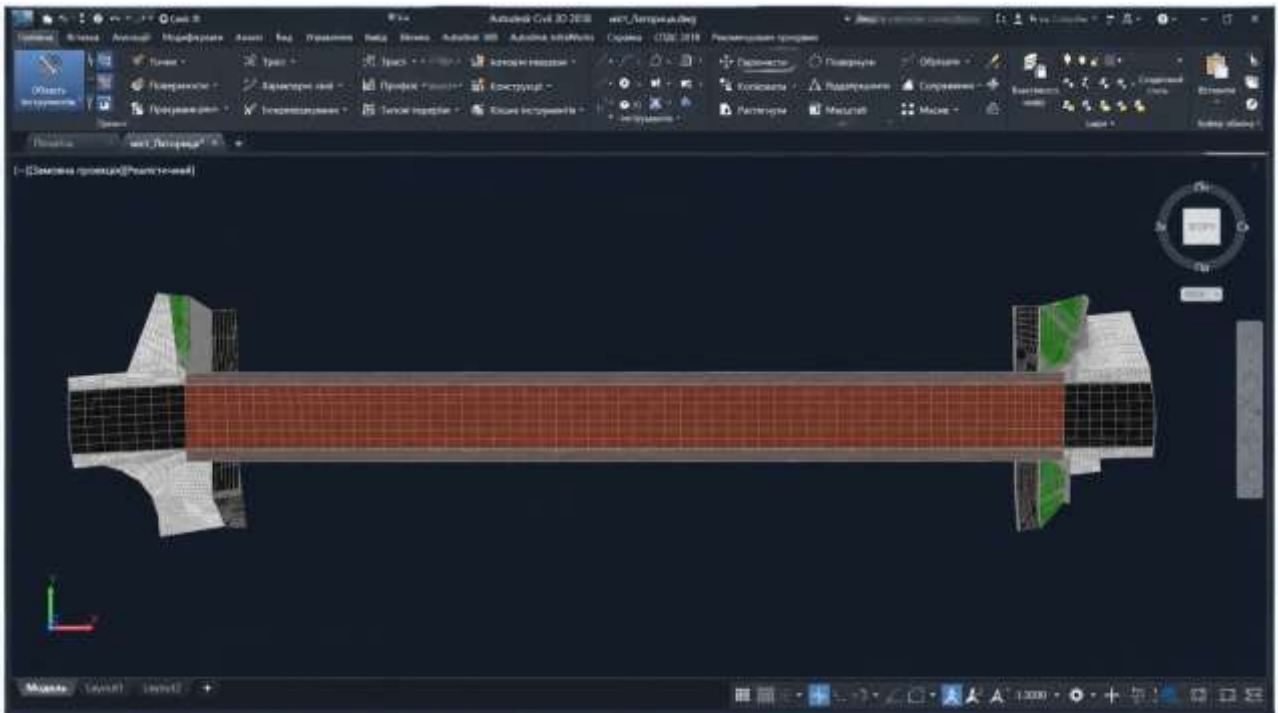


Рис. 3.18 Тривимірна модель автомобільного мосту через річку Латориця у м. Мукачево (вигляд зверху)

На рисунку представлено тривимірну модель Росвигівського мосту, побудовану за результатами топографо-геодезичних вишукувань та опрацьовану в програмному комплексі AutoCAD Civil 3D. Модель відображає основні конструктивні елементи споруди: прогонову будову, опори та підходи до мосту.

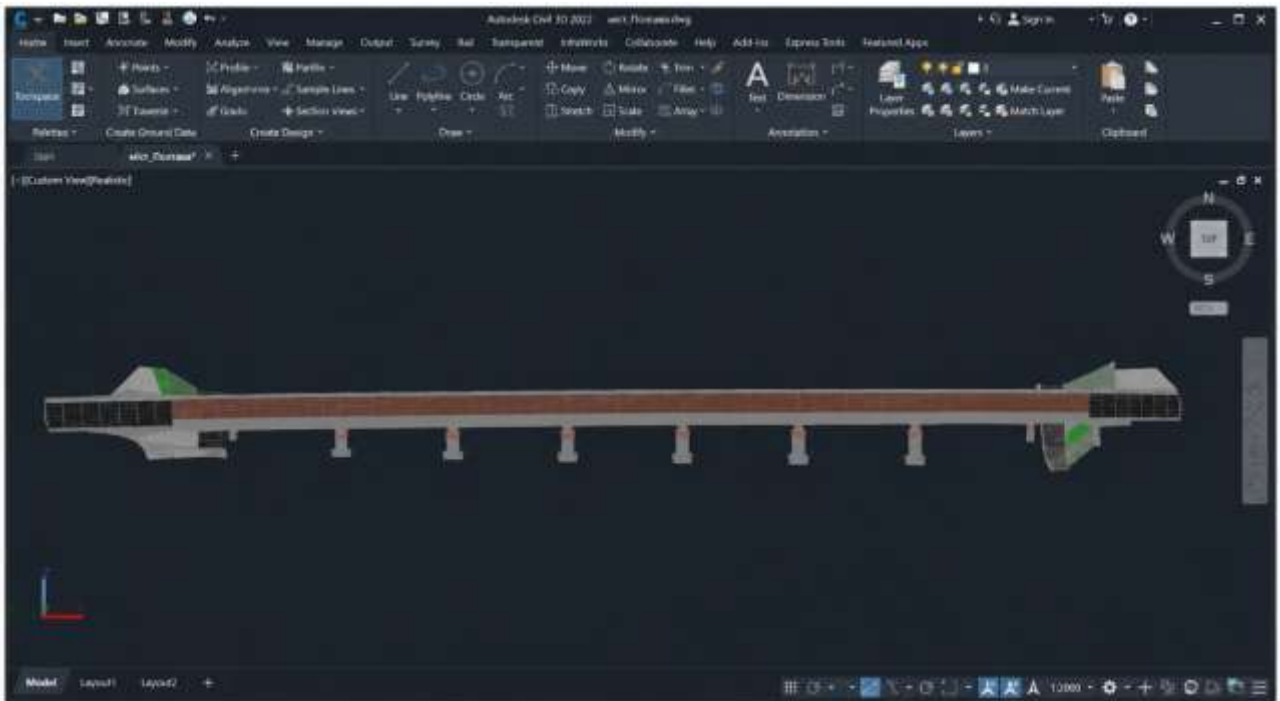


Рис. 3.19 Тривимірний модель автомобільного мосту через річку Латориця у м. Мукачево (боковий вигляд).

Застосування інструментів просторового моделювання дозволило візуалізувати конструктивні елементи мосту, оцінити його геометричні параметри та підготувати модель для подальшого використання під час реконструкції об'єкта.

Отримані результати підтверджують ефективність використання сучасних геоінформаційних та САПР-технологій для опрацювання топографо-геодезичних даних, створення цифрових моделей місцевості та інженерних споруд, а також підвищення точності й продуктивності камеральних робіт.

4 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Реконструкція мостових споруд належить до видів будівельної діяльності, що можуть чинити певний вплив на навколишнє природне середовище. Особливої уваги потребують роботи, які виконуються поблизу водних об'єктів, оскільки вони можуть впливати на стан поверхневих вод, прибережних територій, ґрунтів і рослинного покриву.

Під час виконання інженерно-геодезичних вишукувань негативний вплив на довкілля є мінімальним. Використання сучасних GNSS-приймачів, електронних тахеометрів та цифрових технологій дозволяє здійснювати польові вимірювання без значного втручання у природне середовище. Геодезичні роботи не передбачають проведення земляних робіт великого обсягу, вирубування рослинності або зміни природного рельєфу місцевості.

Основний вплив на довкілля виникає під час виконання ремонтно-будівельних робіт з реконструкції мосту через річку Латориця. До потенційних негативних факторів належать:

- ✚ забруднення поверхневих вод будівельними матеріалами;
- ✚ утворення будівельних відходів;
- ✚ викиди вихлопних газів будівельною технікою;
- ✚ підвищення рівня шуму та вібрацій;
- ✚ тимчасове порушення рослинного покриву в межах будівельного майданчика;
- ✚ можливе забруднення ґрунтів паливно-мастильними матеріалами.

З метою мінімізації негативного впливу необхідно дотримуватись природоохоронних вимог на всіх етапах виконання робіт.

Об'єкт дослідження розташований на мостовому переході через річку Латориця, тому особливе значення має забезпечення охорони водних ресурсів. Забруднення водного середовища може негативно вплинути на гідрологічний режим річки та стан водних екосистем.

Для запобігання забрудненню водного об'єкта необхідно:

- виключити скидання будівельних відходів у річку;
- обладнати спеціальні місця для зберігання паливно-мастильних матеріалів;
- забезпечити справний технічний стан будівельної техніки;
- використовувати герметичні ємності для транспортування палив та мастил;
- своєчасно ліквідувати можливі аварійні розливи нафтопродуктів;
- виконувати миття техніки лише на спеціально обладнаних майданчиках.

Під час геодезичних робіт поблизу берегової лінії необхідно дотримуватись вимог Водного кодексу України щодо використання прибережних захисних смуг.

Земельні ресурси є важливою складовою навколишнього природного середовища. Під час реконструкції мосту необхідно забезпечити раціональне використання земель та збереження природного ландшафту.

Основними заходами з охорони земельних ресурсів є:

- ❖ обмеження площі тимчасового будівельного майданчика;
- ❖ недопущення складування будівельних матеріалів за межами відведеної території;
- ❖ збереження родючого шару ґрунту на ділянках тимчасового порушення;
- ❖ проведення рекультивації земель після завершення будівельних робіт;
- ❖ відновлення пошкодженого рослинного покриву.

Використання сучасних геодезичних технологій дозволяє підвищити точність визначення меж будівельних робіт та зменшити площу земель, що зазнають антропогенного впливу.

У процесі реконструкції мостової споруди утворюються будівельні відходи, до яких належать залишки бетону, металевих конструкцій, асфальтобетонних матеріалів та пакувальних матеріалів.

Для зменшення негативного впливу на довкілля необхідно:

- здійснювати сортування будівельних відходів;
- передавати відходи спеціалізованим підприємствам для утилізації;

- забезпечувати тимчасове зберігання відходів у спеціально відведених місцях;
- запобігати розповсюдженню пилу шляхом зволоження будівельних майданчиків;
- використовувати справну техніку з мінімальними викидами шкідливих речовин.

Важливим природоохоронним заходом є застосування сучасних електронних геодезичних приладів та цифрових технологій обробки даних, що скорочують обсяги польових робіт, зменшують витрати пального та відповідно знижують викиди в атмосферне повітря.

Під час виконання інженерно-геодезичних вишукувань і реконструкції мостової споруди через річку Латориця необхідно забезпечити дотримання вимог природоохоронного законодавства України. Найбільшу увагу слід приділяти захисту водних ресурсів, охороні земель, раціональному поводженню з будівельними відходами та зменшенню атмосферного забруднення.

Застосування сучасних GNSS-технологій, електронного тахеометра Sokkia SET250RX, програмних комплексів CREDO DAT, Digitals та AutoCAD Civil 3D сприяє підвищенню точності геодезичних робіт і водночас дозволяє мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище. Реалізація запропонованих природоохоронних заходів забезпечує екологічно безпечне виконання реконструкції мостової споруди та збереження природних ресурсів району робіт.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час виконання інженерно-геодезичних вишукувань і реконструкції мостових споруд необхідно забезпечувати безпечні умови праці відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці», ДБН, ДСТУ та інших нормативно-правових актів. Роботи на мостових переходах належать до категорії підвищеної небезпеки, оскільки виконуються поблизу транспортних магістралей, водних об'єктів та із застосуванням спеціалізованої будівельної техніки.

До виконання геодезичних робіт допускаються особи, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктажі з охорони праці, ознайомлені з правилами безпечної експлуатації геодезичних приладів і забезпечені необхідними засобами індивідуального захисту.

Під час виконання польових робіт працівники повинні використовувати: захисні каски; сигнальні жилети підвищеної видимості; захисне взуття; робочі рукавиці; засоби захисту від атмосферних опадів та сонячного випромінювання.

Під час виконання геодезичних і ремонтно-будівельних робіт на мостовій споруді можуть виникати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- рух транспортних засобів у зоні проведення робіт;
- можливість падіння працівників з висоти;
- робота поблизу водного об'єкта;
- використання електроінструментів та будівельної техніки;
- несприятливі погодні умови;
- підвищений рівень шуму та вібрацій;
- фізичне навантаження під час перенесення обладнання;
- можливість ураження електричним струмом.

Особливу небезпеку становлять роботи на проїзній частині мосту, де існує ризик наїзду транспортних засобів на працівників. Для зниження ризику необхідно встановлювати дорожні знаки, сигнальні огороження та забезпечувати постійний контроль за безпекою виконання робіт.

Під час роботи з GNSS-приймачем South Galaxy GIPlus та електронним тахеометром Sokkia SET250RX необхідно дотримуватись встановлених правил експлуатації обладнання.

Перед початком вимірювань необхідно:

- перевірити справність приладів та комплектуючих;
- переконатися у стійкості штатива;
- перевірити надійність закріплення обладнання;
- оцінити безпечність місця встановлення приладу.

Забороняється:

- залишати прилади без нагляду;
- виконувати вимірювання під час грози;
- встановлювати обладнання поблизу незахищених країв мосту без страхувальних засобів;
- проводити роботи в зоні руху техніки без відповідного огородження.

Під час перенесення геодезичного обладнання необхідно використовувати штатні футляри та захисні чохли, що запобігають механічним пошкодженням приладів і травмуванню працівників.

Реконструкція мостів передбачає виконання робіт на висоті та в безпосередній близькості до водного об'єкта, що вимагає підвищених заходів безпеки.

Під час виконання робіт на мосту необхідно:

- використовувати запобіжні пояси та страхувальні канати;
- забезпечувати надійне огородження робочих зон;
- встановлювати попереджувальні знаки;
- виконувати роботи лише за достатнього рівня освітлення;
- дотримуватись безпечної відстані від працюючої техніки.

При роботі поблизу річки працівники повинні бути забезпечені рятувальними жилетами. Усі роботи повинні виконуватись під керівництвом відповідальної особи, яка контролює дотримання вимог безпеки.

У разі погіршення погодних умов, сильного вітру, грози або обмеженої видимості роботи на мостовій споруді необхідно припинити.

Під час виконання ремонтно-будівельних робіт необхідно дотримуватись правил пожежної безпеки. Місця зберігання паливно-мастильних матеріалів повинні бути обладнані первинними засобами пожежогасіння.

На будівельному майданчику повинні знаходитися:

- порошкові вогнегасники;
- ящики з піском;
- пожежні щити;
- аптечки першої медичної допомоги.

Під час використання електрообладнання необхідно:

- застосовувати справні кабелі та подовжувачі;
- використовувати обладнання із захисним заземленням;
- не допускати роботи з пошкодженими електромережами;
- виконувати роботи сухими руками та у справному спецодязі.

У разі виникнення аварійної ситуації необхідно негайно припинити роботи, повідомити відповідальних осіб та вжити заходів щодо усунення небезпеки.

Виконання інженерно-геодезичних вишукувань і ремонтно-будівельних робіт під час реконструкції мосту через річку Латориця пов'язане з дією низки небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Найбільшу небезпеку становлять роботи на висоті, поблизу транспортних потоків та водного об'єкта.

Дотримання вимог охорони праці, використання сучасного геодезичного обладнання, засобів індивідуального захисту, належна організація робочих місць і виконання вимог пожежної та електробезпеки забезпечують безпечне проведення геодезичних та будівельних робіт. Реалізація запропонованих заходів дозволяє знизити ризик виробничого травматизму та створити належні умови праці для персоналу під час реконструкції мостової споруди.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто комплекс питань, пов'язаних із виконанням інженерно-геодезичних робіт для забезпечення реконструкції мостових споруд на прикладі Росвигівського мосту через річку Латориця у місті Мукачево.

У процесі дослідження проведено аналіз нормативно-правової бази, що регламентує виконання геодезичних робіт під час реконструкції транспортних споруд. Виконано топографо-геодезичне вивчення району робіт, охарактеризовано його фізико-географічні умови, геологічну будову, геофізичні особливості та сейсмічну активність, що мають важливе значення під час проектування та реконструкції мостових споруд.

Для виконання польових робіт використано сучасне геодезичне обладнання: електронний тахеометр Sokkia SET250RX та GNSS-приймач South Galaxy GIPlus у режимі RTK. На основі результатів польових вимірювань створено планово-висотне обґрунтування та виконано тахеометричне знімання території об'єкта.

Камеральне опрацювання результатів вимірювань здійснено у програмному середовищі CREDO DAT. У результаті урівноваження теодолітних ходів отримано такі показники точності:

– теодолітний хід №1: $f_x = -0,002$ м; $f_y = 0,002$ м; $f_s = 0,003$ м; $[S]/f_s = 46950$;

– теодолітний хід №2: $f_x = 0,000$ м; $f_y = -0,004$ м; $f_s = 0,004$ м; $[S]/f_s = 47630$.

За результатами обробки тригонометричного нівелювання встановлено, що фактичні висотні нев'язки не перевищують допустимих значень:

– хід №1: $f_{h\text{факт}} = 0,004$ м при $f_{h\text{дон}} = 0,027$ м;

– хід №2: $f_{h\text{факт}} = -0,005$ м при $f_{h\text{дон}} = 0,032$ м.

Отримані результати підтверджують високу точність створеного планово-висотного обґрунтування та відповідність виконаних вимірювань вимогам чинних нормативних документів.

За результатами GNSS-знімання у програмному комплексі DigitalS створено топографічний план території масштабу 1:500. Для детального відображення конструктивних елементів мостової споруди було виконано додаткове високоточне тахеометричне знімання. На основі отриманої хмари точок у програмному середовищі AutoCAD Civil 3D побудовано тривимірну модель мосту, яка відображає його просторову геометрію та основні конструктивні елементи.

Виконані дослідження показали, що використання сучасних GNSS-технологій, електронних тахеометрів і спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє значно підвищити точність та ефективність інженерно-геодезичних робіт. Побудова тривимірних моделей мостових споруд забезпечує отримання детальної просторової інформації про об'єкт і створює надійну основу для прийняття проектних рішень під час реконструкції та подальшої експлуатації мостів.

Таким чином, поставлена мета кваліфікаційної роботи досягнута, а всі визначені завдання виконані в повному обсязі.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Геологічна карта України. Державна служба геології та надр України.
URL: <https://www.geo.gov.ua>
2. Геологія Закарпатської області. URL:
<http://carpaty.net/?p=30958&lang=uk>
3. Геологія та геофізика Українських Карпат : монографія / за ред. В.В. Глушка. Київ : Наукова думка, 2018. 560 с.
4. ДБН В.1.3-2:2010. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 70 с.
5. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 73 с.
6. ДСТУ 9154:2021. Геодезія. Топографо-геодезичні роботи. Терміни та визначення понять. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021.
7. ДСТУ Б Б.1.1-17:2013. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. Київ : Мінрегіон України, 2013.
8. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 05.06.2014 № 1314-VII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18>
9. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» від 23.12.1998 № 353-XIV. URL:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14>
10. Землетруси Закарпаття та сейсмічність регіону. URL:
<https://zakarpattia.net.ua>
11. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. Київ : ГУГКК, 1999. 156 с.
12. Мережа GNSS-станцій UA-EUPOS/ZAKPOS. URL:
<https://zakpos.zakgeo.com.ua>
13. Міст // Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/Міст> (дата звернення: 06.06.2026).

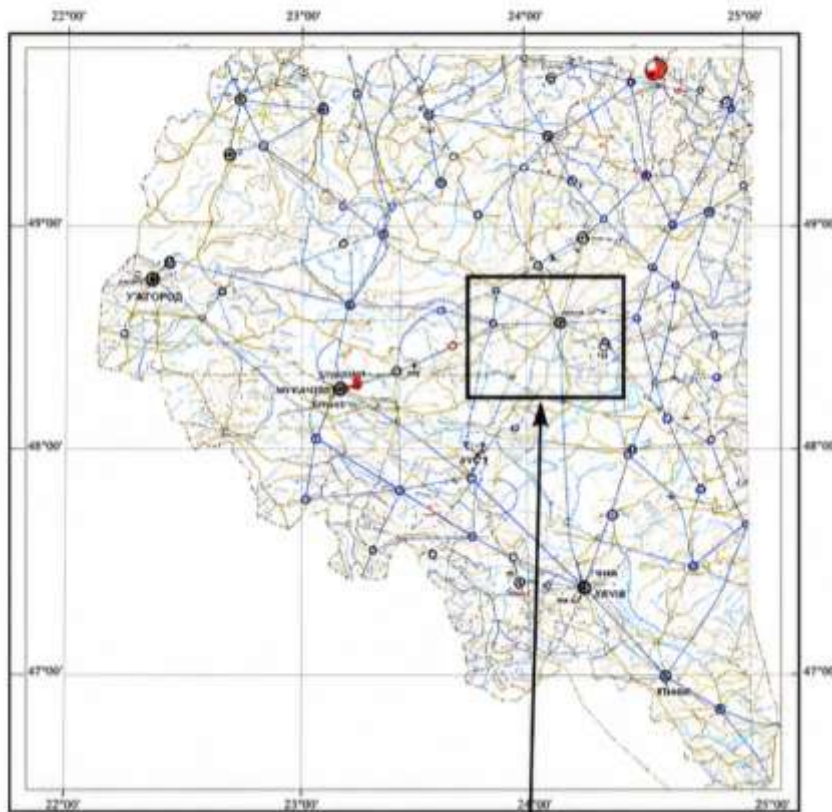
14. Мукачево // Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Мукачево>
15. Мукачівський район // Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Мукачівський_район
16. Островський А.Л., Мороз О.І., Тарнавський В.Л. Геодезія. Частина II. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2007. 508 с.
17. Рій І.Ф., Бочко О. І., Біда О.Ю. Електронні геодезичні прилади: навч. пос. І.Ф. Рій, О. І. Бочко, О.Ю. Біда – Львів: «ГАЛИЧ-ПРЕС», 2021. – 336с.: іл.
18. Сейсмічне районування території України. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. Київ, 2014.
19. Тревого І.С., Шевчук В.М., Мороз О.І. Інженерна геодезія. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2011. 540 с.
20. Autodesk Civil 3D User Guide. Autodesk Inc., 2025. URL: <https://help.autodesk.com>
21. Autodesk Civil 3D. Офіційна документація. URL: <https://www.autodesk.com/products/civil-3d>
22. CREDO DAT. Офіційний сайт програмного комплексу. URL: <https://credo-dialogue.com>
23. CREDO DAT. Український представник програмного забезпечення. URL: <https://credo-ua.com>
24. Digitals. Керівництво користувача. Вінниця : НВП «Геосистема», 2022. 320 с.
25. Digitals. Програмний комплекс для створення цифрових карт. URL: <https://geosystema.net>
26. GNSS-технології та RTK-вимірювання. URL: <https://www.trimble.com>
27. Sokkia SET250RX. Технічні характеристики електронного тахеометра. URL: <https://sokkia.com>
28. South Galaxy G1 Plus. Технічні характеристики GNSS-приймача. URL: <https://geoagronavt.com.ua>

ДЕРЖАВНА ГЕОДЕЗИЧНА МЕРЕЖА УКРАЇНИ

КАРТА-СХЕМА МОДЕЛЕЙ

ЗАКАРПАТСЬКА ОБЛАСТЬ

Масштаб 1:500 000 (1 см – 5 км)



Система координат: УСК-2000
Система висот: Балтійська, 1977 р.
Переріз горизонталей: 50 м
Стан мережі: 2023 р.

0 5 10 15 20 25 км
Масштаб 1:500 000
(1 см – 5 км)

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

№ п/п	Назва пункту	Клас пункту				
		0	1	2	3	4
1.	Астрономічний пункт		★			
2.	Пункт триангуляційний		★			
3.	Пункт трилатеральний		★			
4.	Пункт полігонометричний		★			
5.	Пункт ДМ		●			
6.	Пункт висотоманометричний I класу		○			
7.	Пункт висотоманометричний II класу		○	△		
8.	Пункт висотоманометричний III класу		△	△		
9.	Гравіметричний пункт		●	△		
10.	Пункт гравіметричної мережі		△			
11.	Пункт базисної мережі		□			
12.	Пункт ЛС		□			
13.	Пункт GNS		■			
14.	Пункт СГМ		○			
15.	Головний центр		●			
16.	Центр обробки		●			
17.	Інший пункт		○			

ПРИМІТКИ:
1. Схема складена за матеріалами ДП «Центр ДДК» станом на 2023 рік.
2. Умовні позначення відповідають відеозображенням нормативним документам у сфері геодезії та картографії.

ДОДАТКОВІ ПОЗНАЧЕННЯ

- Державний кордон України
- Межа області
- Річки, водні об'єкти
- Основні автомобільні дороги
- Залізниця

НАСЕЛЕНІ ПУНКТИ

- Обласний центр
- Районний центр
- Інші населені пункти



Схема розміщення точок зняття електронним тахеометром Sokkia Power Set 250RX

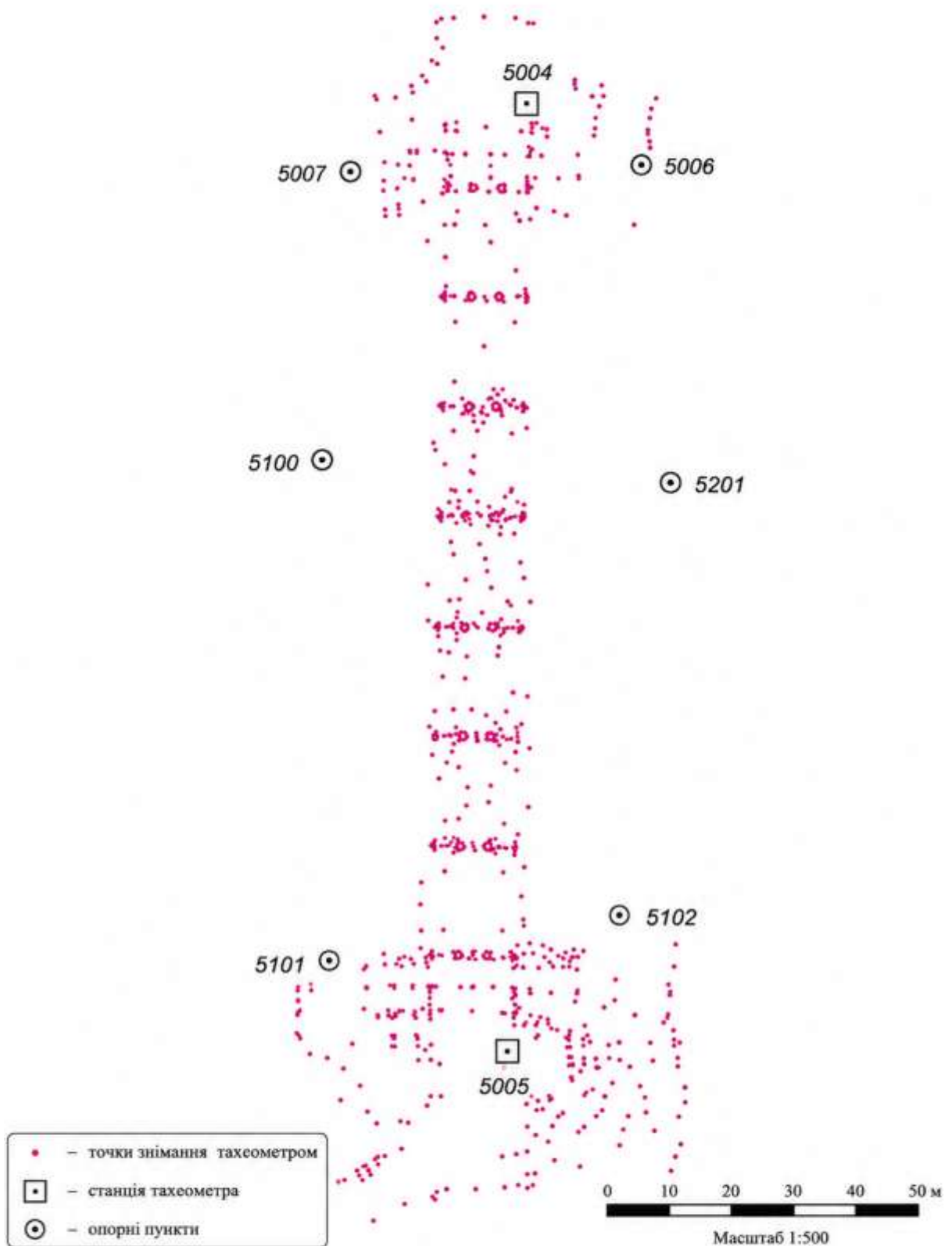
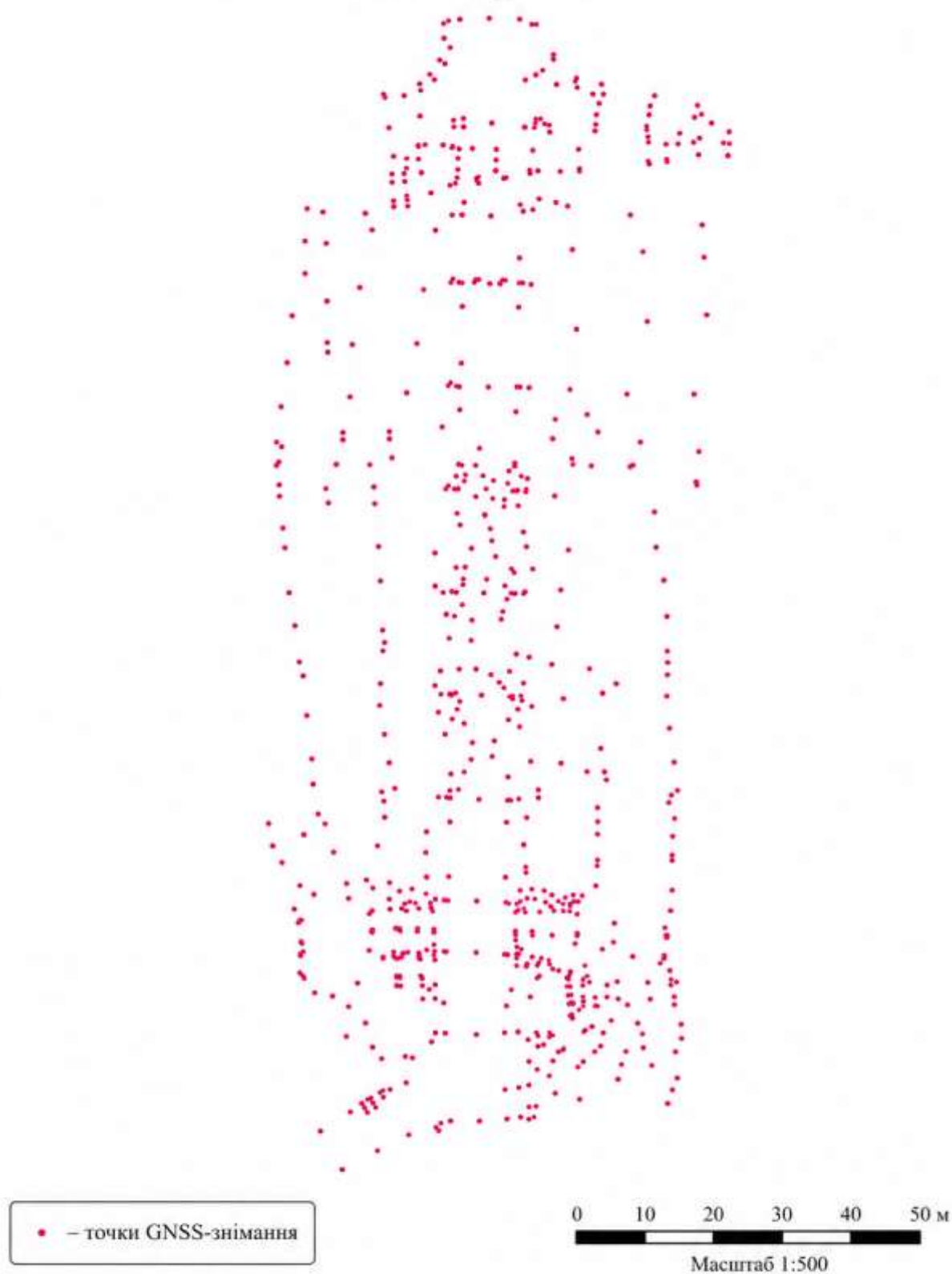


Рис. – Схема розміщення точок зняття електронним тахеометром Sokkia Power Set 250RX

**Схема розміщення точок знятих GNSS – приймачем
South Galaxy G1 Plus**



**Рис. – Схема розміщення точок знятих GNSS – приймачем
South Galaxy G1 Plus**

