

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет Землепорядкування

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету
землепорядкування

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри геодезії та
картографії

_____ **Олександр ШЕВЧЕНКО**

_____ **Тарас ЄВСЮКОВ**

« _____ » _____ 2026 р.

« _____ » _____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Топографо-геодезичне забезпечення планового обстеження
пішохідного мосту через русанівський канал у м. Києві»**

Спеціальність: 193 Геодезія та землеустрій

Освітньо-професійна програма «Геодезія та землеустрій»

Гарант освітньої програми

д. геогр. н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

_____ **Іван КОВАЛЬЧУК**

(підпис)

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи,**

к.е.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

_____ **Олексій ЖУК**

(підпис)

Виконав

_____ **Владислав БАШТАН**

(підпис)

Київ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет землевпорядкування**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Геодезії та картографії,
д.е.н., професор

_____ **Тарас ЄВСЮКОВ**

« ____ » _____ р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ
РОБОТИ ЗДОБУВАЧУ

Баштану Владиславу Валерійовичу

Спеціальність «193 Геодезія та землеустрій»

Освітньо-професійна програма «Геодезія та землеустрій».

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: «Топографо-геодезичне забезпечення планового обстеження пішохідного мосту через русанівський канал у м. Києві» затверджена наказом від 27.11.2025 року № 2899 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру: за 10 днів до захисту.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи:

— Технічний звіт «Обстеження пішохідного мосту через Русанівський канал, що з'єднує бульвар Ігоря Шамо та проспект Соборності у місті Києві.», Київ 2024 р.

— Технічний звіт за результатами детального обстеження пішохідного мосту через Русанівський канал між бульваром Ігоря Шамо та проспектом Соборності в межах підготовки проєктних рішень щодо реконструкції та подальшої експлуатації споруди.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Висвітлити теоретичні основи геодезичного забезпечення обстеження інженерних об'єктів
2. Охарактеризувати об'єкт дослідження (фізико-географічне розташування, топографо-геодезична забезпеченість, умови виконання робіт).
3. Описати види геодезичних робіт та порядок виконання планового обстеження пішохідного мосту через русанівський канал у м. Києві.

Дата видачі завдання _____

**Керівник бакалаврської
кваліфікаційної роботи**

Олексій ЖУК

Завдання взяв до виконання

Владислав БАШТАН

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. Теоретичні основи геодезичного забезпечення обстеження інженерних об'єктів	10
1.1. Нормативно-правове забезпечення обстеження мостових переходів.	10
1.2. Методи геодезичного моніторингу інженерних споруд.	15
1.3. Сучасні геодезичні технології виявлення дефектів елементів конструкції пішохідних мостових переходів.	18
РОЗДІЛ 2. Характеристика об'єкту дослідження.....	22
2.1. Конструктивні особливості та технічний стан споруди	22
2.2. Топографо-геодезичне забезпечення району виконання робіт.	27
2.3. Створення зйомочного обґрунтування.	29
РОЗДІЛ 3. Організація та виконання геодезичних робіт.....	33
3.1 Комплекс геодезичних робіт для забезпечення планового обстеження пішохідного мосту через Русанівський канал у м. Києві.....	33
3.2 Складання плану нівелювання мостового полотна та балок.....	40
3.3 Складання поздовжнього профілю мосту та опор.	41
ВИСНОВКИ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47
ДОДАТКИ.....	49

РЕФЕРАТ

Топографо-геодезичне забезпечення планового обстеження пішохідного мосту через Русанівський канал у м. Києві. Баштан В.В. Бакалаврська кваліфікаційна робота. Кафедра геодезії та картографії. – Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2026.

45 с. текстової частини, 1 таблиця, 8 рисунків, 30 літературних джерел, 4 додатки.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі досліджено теоретичні основи та практичне виконання топографо-геодезичних робіт для планового обстеження пішохідного мосту.

Проаналізовано нормативно-правову базу геодезичного забезпечення обстеження інженерних споруд (ДБН В.2.3-6:2009, ДСТУ 9181:2022 та ін.). Охарактеризовано конструктивні особливості та технічний стан об'єкта дослідження – пішохідного балкового залізобетонного мосту 1966 року побудови (довжина 101,79 м, ширина 4,54 м).

Розроблено та реалізовано комплекс геодезичних робіт, що включає створення зйомочного обґрунтування комбінованим методом (GNSS-приймач AlphaGEO Matrix II та електронний тахеометр Sokkia IM-102), детальне нівелювання мостового полотна та низу прогонової будови, побудову поздовжніх профілів і поперечних перерізів.

Встановлено загальний **поздовжній ухил** споруди, зафіксовано незначні прогини балок та локальні геометричні відхилення.

Графічний матеріал представлено топографічним планом, поздовжніми профілями, поперечними розрізами та фотоматеріалами.

Ключові слова: ГЕОДЕЗИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ МОСТІВ, НІВЕЛЮВАННЯ, ЗЙОМОЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ, GNSS, ТАХЕОМЕТРІЯ, ПОЗДОВЖНІЙ ПРОФІЛЬ, ТЕХНІЧНИЙ СТАН МОСТУ.

ABSTRACT

Topographic and Geodetic Support for the Planned Inspection of the Pedestrian Bridge over the Rusanivskyi Canal in Kyiv. V.V. Bashtan. Bachelor's Qualification Thesis. Department of Geodesy and Cartography. – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 2026.

45 pages of text, 1 table, 8 figures, 30 references, 4 appendices.

The bachelor's qualification thesis investigates the theoretical foundations and practical implementation of topographic and geodetic works for the planned inspection of a pedestrian bridge.

The regulatory and legal framework governing geodetic support for the inspection of engineering structures has been analyzed, including DBN V.2.3-6:2009, DSTU 9181:2022, and other relevant standards. The structural features and technical condition of the study object—a reinforced concrete beam pedestrian bridge constructed in 1966 (length 101.79 m, width 4.54 m)—have been characterized.

A comprehensive set of geodetic works was designed and implemented, including the establishment of a survey control network using a combined method (AlphaGEO Matrix II GNSS receiver and Sokkia IM-102 electronic total station), detailed leveling of the bridge deck and the underside of the superstructure, as well as the creation of longitudinal profiles and cross-sections.

The overall longitudinal gradient of the structure was determined, minor beam deflections were identified, and local geometric deviations were recorded.

The graphical materials include a topographic plan, longitudinal profiles, cross-sections, and photographic documentation.

Keywords: BRIDGE GEODETIC INSPECTION, LEVELING, SURVEY CONTROL NETWORK, GNSS, TOTAL STATION SURVEYING, LONGITUDINAL PROFILE, BRIDGE TECHNICAL CONDITION.

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку міської інфраструктури особливого значення набуває забезпечення надійності та безпеки інженерних споруд. Мостові переходи, зокрема пішохідні, є важливими елементами транспортної та рекреаційної системи міста, що забезпечують зручність пересування населення та формують комфортне міське середовище. Їх технічний стан потребує постійного контролю, що досягається шляхом проведення планових обстежень із застосуванням сучасних геодезичних методів.

Актуальність роботи полягає у необхідності забезпечення безпечної експлуатації мостових споруд в умовах зростаючого навантаження та впливу природних і техногенних факторів. Русанівський канал у місті Києві є важливим елементом міської гідротехнічної системи, а пішохідні мости через нього активно використовуються мешканцями та гостями столиці. Проведення їх планового обстеження потребує точного топографо-геодезичного забезпечення, що дозволяє своєчасно виявляти деформації, зміщення конструкцій та інші потенційно небезпечні зміни.

Топографо-геодезичні роботи відіграють ключову роль у процесі інженерного моніторингу, оскільки забезпечують створення актуальних геопросторових моделей об'єкта, фіксацію змін положення конструктивних елементів, підготовку графічних матеріалів та інтеграцію отриманих даних у сучасні геоінформаційні системи. У зв'язку з цим удосконалення методики виконання таких робіт є важливим науково-практичним завданням.

Мета роботи: виконання комплексу топографо-геодезичних робіт для обстеження мостового переходу.

Об'єкт дослідження: процес топографо-геодезичного забезпечення та виконання геодезичних робіт під час планового обстеження мосту через Русанівський канал у м. Києві.

Предмет дослідження: методика, технологія та точність виконання топографо-геодезичних робіт для визначення геометричних параметрів

пішохідного мосту через Русанівський канал у м. Києві.

Завдання роботи:

- Проаналізувати нормативно-правову базу щодо обстеження мостових споруд та геодезичного забезпечення інженерних об'єктів.
- Зібрати вихідні дані про конструкцію, розташування та технічні характеристики мосту.
- Розробити програму геодезичних робіт для обстеження мосту.
- Виконати топографо-геодезичну зйомку мосту та прилеглої території.
- Побудувати цифрову модель рельєфу та конструктивних елементів мосту.
- Визначити координати ключових точок, можливі деформації та зміщення.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості застосування розробленої методики для обстеження пішохідних мостів у міських умовах, оцінки їх технічного стану та інтеграції отриманих даних у геоінформаційні системи моніторингу міської інфраструктури.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБСТЕЖЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ ОБ'ЄКТІВ

1.1. Нормативно-правове забезпечення обстеження мостових переходів.

Нормативно-правове забезпечення обстеження мостових переходів є важливою складовою системи забезпечення надійності, безпеки та довговічності транспортної інфраструктури. В Україні дана сфера регулюється сукупністю державних будівельних норм (ДБН), державних стандартів (ДСТУ), а також підзаконних нормативно-правових актів, що визначають порядок проведення обстежень, вимоги до технічного стану споруд та методи оцінювання їх експлуатаційної придатності.

Для подолання великих річок використовують переважно середні, великі, а інколи й позакласні мости. [2]

До середніх споруд належать мости та шляхопроводи довжиною до 100 м при окремих прольотах у просвіті не більше 42 м. Залежно від рельєфу місцевості на кожні 1000 км дороги припадає від 20 до 40 споруд. Такі мости будують, як правило, спеціалізовані організації; використовують типові проєкти уніфікованих конструкцій і обов'язкові технологічні правила їх зведення. Елементи (блоки), як і для малих штучних споруд, виготовляють на промислових індустриальних підприємствах. Будівельних майданчиків, пов'язаних зі спорудженням тимчасових допоміжних конструкцій, зазвичай не створюють, обмежуючись улаштуванням під'їздів і невеликих складів. Тривалість будівництва, як правило, не перевищує 2–3 місяців. [2]

До великих споруд належать мости довжиною понад 100 м або з окремими прольотами у просвіті більше 40 м. До позакласних - мости довжиною понад 500 м або з прольотами у просвіті більше 120 м. Великі та позакласні мости зазвичай зводять на перетині судноплавних річок. Під час будівництва нових автомобільних доріг кількість великих і позакласних мостів становить від двох до шести на 1000 км. Індустриалізація будівництва мостів цієї групи є економічно

доцільною дещо в іншому напрямі, ніж для малих і середніх. Великий обсяг робіт, значні розміри та маса окремих елементів, вплив місцевих умов на вибір системи й конструкції мосту часто зумовлюють індивідуальні рішення. У низці випадків ці обставини поряд із використанням постійних промислових підприємств виправдовують створення будівельних майданчиків на кожному об'єкті з улаштуванням тимчасових збірно-розбірних виробничих і житлових споруд, механізованих мостових баз і полігонів. [2]

Середні мости довжиною від 25 до 100 м і великі - від 100 до 500 м будують при перетині залізницею значних водних перешкод. Такі мости складаються з прогонових будов 3, які є основою для колії. Берегові опори мосту називаються устоями 7, а проміжні - «биками» 5. Опорами міст поділяється на прольоти. Прогонові будови укладають на опори через нерухомі 2 та рухомі 4 опорні елементи, які дають змогу прогоновій будові дещо переміщуватися при змінах температури та прогинатися під навантаженням. При цьому з одного боку прольоту встановлюють нерухомі, а з протилежного - рухомі опорні елементи. Довжиною мосту L називається відстань між задніми гранями його берегових устоїв.[2]

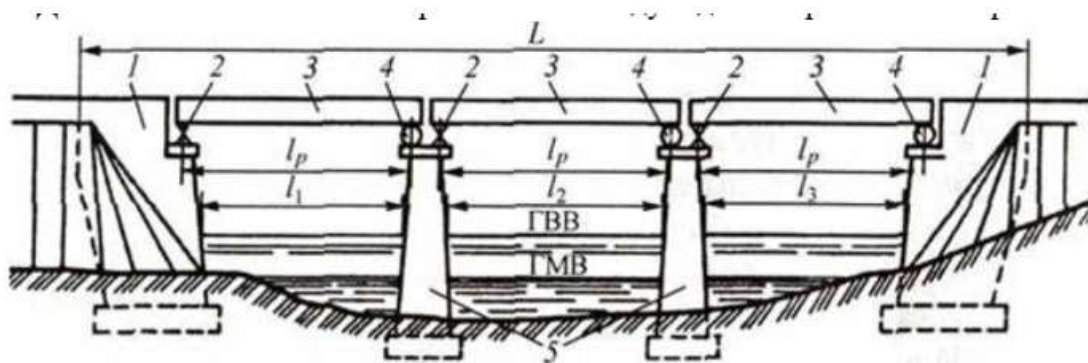


Рис 1.1 Схема мосту:

L - повна довжина мосту;

l_p - розрахунковий проліт;

$l_1 + l_2 + l_3$ - отвір мосту;

ГВВ - горизонт високих вод;

ГМВ - горизонт меженних (середніх) вод.

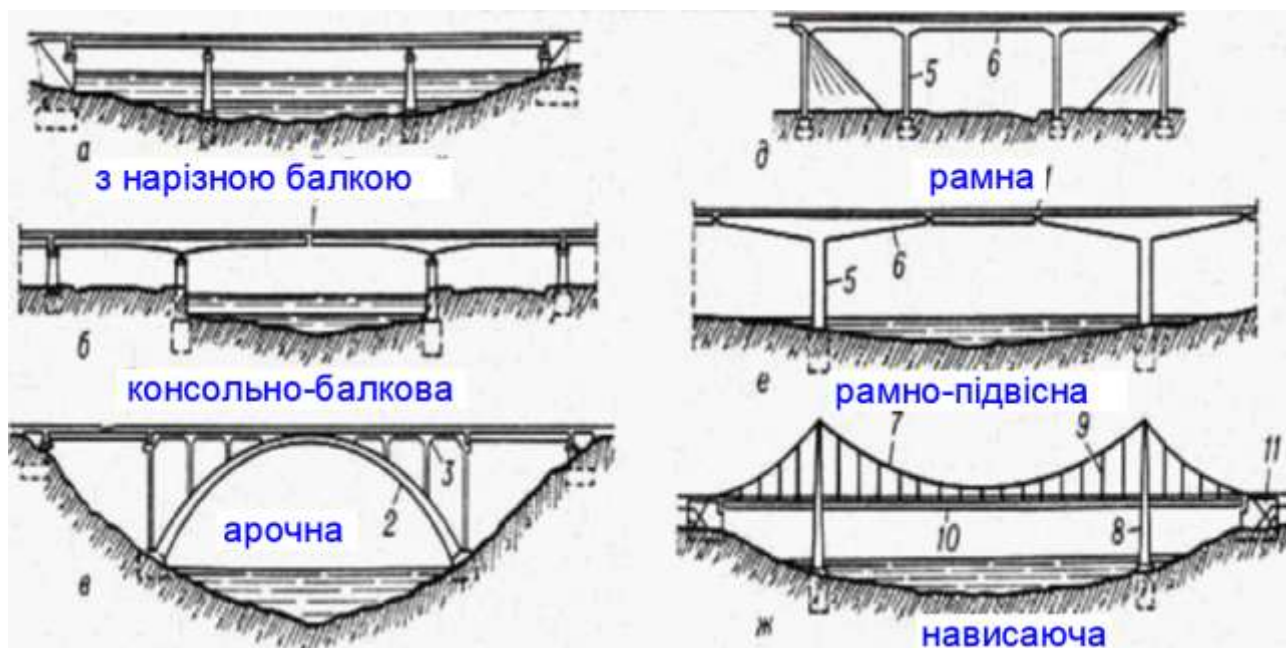


Рис 1.2 Типи мостів

Розглянуті типи мостів відрізняються за конструктивними особливостями, принципами роботи та умовами застосування, що безпосередньо впливає на вимоги до їх проектування, будівництва й експлуатації. Для забезпечення надійності, безпеки та довговічності мостових споруд під час виконання всіх етапів робіт застосовуються відповідні нормативні документи. Саме вони регламентують технічні вимоги до конструкцій мостів, порядок їх обстеження, оцінювання технічного стану та проведення ремонтно-відновлювальних заходів. Тому важливим у галузі мостобудування є дотримання чинних будівельних норм і стандартів, які забезпечують ефективну та безпечну експлуатацію мостових споруд.

Основним нормативним документом, що регламентує порядок проведення обстежень мостів і труб, є ДБН В.2.3-6:2009, який встановлює вимоги до організації, методів та обсягів обстеження, а також до оформлення результатів таких робіт. Згідно з цим документом, обстеження мостових переходів проводиться з метою визначення їх фактичного технічного стану, виявлення дефектів і пошкоджень, а також оцінки залишкового ресурсу конструкцій [1]. Важливим аспектом є систематичність проведення обстежень, що дозволяє своєчасно виявляти небезпечні зміни у стані споруд і запобігати аварійним ситуаціям.

Нормативні вимоги до проектування мостових споруд визначаються ДБН В.2.3-22:2009 та ДБН В.2.3-14:2006, які встановлюють загальні принципи та правила проектування мостів і труб. Ці документи враховують вимоги до надійності, довговічності та безпеки споруд, а також передбачають врахування умов експлуатації при розробці проектних рішень [2], [3]. Проектні положення мають безпосередній вплив на подальше обстеження, оскільки саме вони визначають нормативні параметри, з якими порівнюється фактичний стан конструкцій.

Важливу роль у нормативному забезпеченні відіграють документи, що регламентують навантаження і впливи на мостові споруди. Зокрема, ДБН В.1.2-15:2009 визначає види та величини навантажень, які необхідно враховувати при оцінці технічного стану мостів, включаючи транспортні, кліматичні та інші експлуатаційні впливи [4]. У процесі обстеження ці фактори враховуються для визначення рівня напружено-деформованого стану конструкцій і прогнозування їх подальшої роботи.

Особливе значення має нормативна база, що регламентує вимоги до безпеки та надійності будівель і споруд. ДБН В.1.2-14:2008 встановлює загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки, включаючи вимоги до розрахункових моделей, граничних станів та критеріїв оцінки технічного стану [10]. У свою чергу, ДБН В.1.2-9:2021 визначає основні вимоги до безпеки і доступності об'єктів під час їх експлуатації, що є важливим при оцінці стану мостових переходів з точки зору їх відповідності сучасним вимогам [6].

Значну роль у нормативному забезпеченні обстежень відіграють державні стандарти України. Наприклад, ДСТУ 9181:2022 встановлює методичні підходи до оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів, включаючи класифікацію станів, методи діагностики та критерії прийняття рішень щодо подальшої експлуатації або ремонту [13]. Цей стандарт є одним із ключових документів, що забезпечують уніфікацію підходів до обстеження мостів на території України.

Додатково, ДСТУ 8903:2019 та ДСТУ 8908:2019 регламентують класифікацію елементів мостів та дефектів відповідно, що дозволяє систематизувати результати обстежень і забезпечити єдиний підхід до оцінки технічного стану конструкцій [15], [16]. Завдяки цим стандартам забезпечується можливість порівняння результатів обстежень, виконаних різними організаціями, а також формування єдиної бази даних про стан мостових споруд.

Не менш важливими є нормативні документи, що регламентують процес виконання та приймання будівельних робіт. Зокрема, ДБН В.2.3-20:2008 визначає порядок виконання і приймання робіт при будівництві мостів, що має значення при оцінці якості виконаних робіт під час обстеження [9]. ДСТУ-Н Б В.2.3-34:2016 встановлює настанови щодо виконання будівельних робіт, включаючи технологічні аспекти, що також можуть впливати на технічний стан споруд [7].

Окрему групу нормативно-правових актів становлять документи, що визначають порядок проведення обстежень об'єктів будівництва. Зокрема, Постанова Кабінету Міністрів України №257 від 12 квітня 2017 року встановлює порядок проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів, визначає вимоги до виконавців обстежень, їх кваліфікації та оформлення результатів. Цей документ забезпечує правове підґрунтя для проведення обстежень і визначає їх обов'язковість у випадках, передбачених законодавством. [18]

Також важливим є Наказ Міністерства регіонального розвитку №298, який встановлює форму паспорта об'єкта будівництва. Паспорт містить основні технічні характеристики споруди, інформацію про її стан та результати обстежень, що є важливим інструментом для моніторингу технічного стану мостових переходів [19].

Слід зазначити, що проведення обстежень мостових переходів тісно пов'язане з інженерними вишукуваннями, які регламентуються відповідними нормативними документами. ДБН А.2.1-1:2008 визначає загальні вимоги до виконання інженерних вишукувань, що є основою для отримання достовірної інформації про природні та техногенні умови експлуатації мостових споруд.

Інженерні вишукування дозволяють врахувати вплив ґрунтових умов, гідрологічних факторів та інших чинників на технічний стан мостів.[11]

Таким чином, нормативно-правове забезпечення обстеження мостових переходів в Україні є комплексною системою, що включає будівельні норми, державні стандарти та підзаконні акти. Вони регламентують усі етапи життєвого циклу мостових споруд - від проектування до експлуатації та обстеження. Дотримання вимог цих документів забезпечує своєчасне виявлення дефектів, оцінку технічного стану та прийняття обґрунтованих рішень щодо подальшої експлуатації, ремонту або реконструкції мостових переходів.

1.2. Методи геодезичного моніторингу інженерних споруд.

Геодезичний моніторинг інженерних споруд є важливою складовою системи контролю їх технічного стану, що дозволяє своєчасно виявляти деформації, переміщення та інші небезпечні зміни конструкцій. Особливого значення такий моніторинг набуває для мостових переходів, які піддаються значним експлуатаційним навантаженням, впливу навколишнього середовища та мають складну конструктивну структуру. Застосування сучасних геодезичних методів дозволяє забезпечити високу точність вимірювань і достовірність отриманих результатів. [1]

Важливість геодезичного моніторингу зростає у зв'язку з підвищенням інтенсивності транспортних навантажень, старінням інфраструктури та впливом природних і техногенних факторів. Своєчасне виявлення деформацій дозволяє не лише оцінити поточний стан споруди, але й прогнозувати її подальшу поведінку, що є основою для прийняття обґрунтованих інженерних рішень щодо експлуатації або реконструкції. [1]

Відповідно до нормативних вимог, геодезичний моніторинг є частиною комплексного обстеження інженерних споруд і проводиться з метою визначення їх просторового положення, деформацій та змін геометричних параметрів у часі [1]. Основні завдання моніторингу включають визначення осідань, горизонтальних зміщень, прогинів, кренів та інших параметрів, які характеризують технічний стан конструкцій. Вимоги до допустимих деформацій

і переміщень встановлюються відповідними нормативними документами [17].

Нормативна база також регламентує періодичність виконання спостережень, склад і точність вимірювань, а також вимоги до оформлення результатів моніторингу. Залежно від класу наслідків споруди та умов її експлуатації встановлюються різні режими спостережень - від періодичних до безперервних, із застосуванням автоматизованих систем контролю. [11]

Одним із основних методів геодезичного моніторингу є метод нівелювання, який застосовується для визначення вертикальних переміщень конструкцій, зокрема осідань опор мостів та прогинів прогонових будов. Геометричне нівелювання забезпечує високу точність вимірювань і дозволяє виявляти навіть незначні зміни висотного положення елементів споруди. Відповідно до нормативних вимог, такі вимірювання повинні виконуватися з використанням високоточних нівелірів і реперної мережі, що закладається у стабільних зонах [1], [11].

Важливою умовою забезпечення точності нівелювання є врахування впливу зовнішніх факторів, таких як температура повітря, атмосферний тиск та вібрації. Також необхідно дотримуватися вимог щодо рівності плечей візування та стабільності встановлення приладу, що безпосередньо впливає на точність визначення перевищень.

Іншим важливим методом є тригонометричне нівелювання, яке застосовується у випадках, коли використання геометричного нівелювання ускладнене. Цей метод базується на вимірюванні вертикальних кутів та відстаней і дозволяє визначати перевищення між точками з достатньою точністю. Його доцільно використовувати при моніторингу важкодоступних ділянок споруд або при значних перепадах висот.

Для визначення горизонтальних зміщень широко застосовується метод лінійно-кутових вимірювань, що реалізується за допомогою електронних тахеометрів. Даний метод дозволяє визначати координати контрольних точок у плані та відслідковувати їх зміни у часі. Застосування сучасних тахеометрів забезпечує високу точність і оперативність вимірювань, що є важливим при

регулярному моніторингу мостових переходів [1].

Одним із найбільш сучасних і ефективних методів є супутникові геодезичні вимірювання (GNSS). Використання глобальних навігаційних супутникових систем дозволяє визначати координати точок з високою точністю в режимі реального часу або в постобробці. GNSS-технології особливо ефективні при моніторингу великих споруд або комплексів споруд, де необхідно контролювати значні території. Вони забезпечують можливість безперервного моніторингу та автоматизації процесу спостережень.

Для детального аналізу деформацій та геометричних параметрів конструкцій застосовується метод лазерного сканування. Цей метод дозволяє отримувати тривимірні моделі споруд з високою точністю та деталізацією. Лазерне сканування дає змогу виявляти навіть незначні дефекти, тріщини, викривлення та інші відхилення від проектного положення. Отримані дані можуть бути використані для побудови цифрових моделей і подальшого аналізу технічного стану споруд.

Також важливим методом є фотограмметрія, яка базується на обробці знімків, отриманих з різних ракурсів. Сучасні фотограмметричні технології, зокрема із застосуванням безпілотних літальних апаратів, дозволяють швидко отримувати інформацію про стан споруди, включаючи важкодоступні ділянки. Цей метод є ефективним для виявлення поверхневих дефектів та загальної оцінки стану конструкцій.

У процесі геодезичного моніторингу важливу роль відіграє створення опорної геодезичної мережі, яка забезпечує єдину систему координат для всіх вимірювань. Така мережа повинна бути стабільною, надійною та розташованою поза зоною можливих деформацій споруди. Вимоги до створення та закріплення геодезичних пунктів визначаються нормативними документами з інженерних вишукувань [11].

Отримані в процесі моніторингу дані підлягають обробці та аналізу з метою визначення фактичного технічного стану споруди. Відповідно до ДСТУ 9181:2022, результати спостережень використовуються для оцінювання стану

мостів, визначення ступеня їх придатності до експлуатації та прогнозування подальших змін [13]. Це дозволяє своєчасно приймати рішення щодо проведення ремонтних або відновлювальних робіт.

Особливу увагу слід приділяти контролю прогинів і переміщень конструкцій, оскільки перевищення допустимих значень може свідчити про втрату несучої здатності або інші небезпечні процеси. Вимоги до допустимих прогинів і переміщень встановлюються відповідними нормативними документами і є обов'язковими для врахування при аналізі результатів моніторингу. Таким чином, сучасні методи геодезичного моніторингу інженерних споруд охоплюють широкий спектр технологій - від класичних нівелірних і тахеометричних вимірювань до високотехнологічних GNSS, лазерного сканування та фотограмметрії. Їх комплексне застосування дозволяє отримати повну та достовірну інформацію про технічний стан споруд, забезпечити контроль їх безпечної експлуатації та своєчасно виявляти потенційно небезпечні деформації. Використання цих методів у поєднанні з нормативними вимогами забезпечує високий рівень надійності та довговічності інженерних споруд [17].

1.3. Сучасні геодезичні технології виявлення дефектів елементів конструкції пішохідних мостових переходів.

Сучасний розвиток геодезичних технологій значно розширив можливості виявлення дефектів та пошкоджень елементів конструкцій інженерних споруд, зокрема пішохідних мостових переходів. Застосування високоточних приладів і цифрових методів обробки даних дозволяє не лише фіксувати наявні дефекти, а й прогнозувати їх розвиток, що є важливим для забезпечення безпечної експлуатації споруд. Відповідно до нормативних вимог, обстеження мостів має проводитися із застосуванням сучасних технічних засобів, що забезпечують необхідну точність і достовірність результатів [1].

Однією з найбільш ефективних сучасних технологій є **лазерне сканування**, яке забезпечує отримання тривимірних моделей конструкцій з високою щільністю точок. Ця технологія дозволяє виявляти геометричні

відхилення, деформації, тріщини, корозійні ушкодження та інші дефекти елементів мосту. Завдяки високій точності та швидкості збору даних лазерне сканування широко застосовується при обстеженні складних конструкцій, де традиційні методи є менш ефективними. Отримані хмарні моделі можуть порівнюватися з проектними даними, що дозволяє визначити відхилення від нормативного стану. Отримані хмари точок можуть бути використані для побудови високоточних цифрових двійників споруд, що відкриває можливості для проведення детального аналізу деформацій у динаміці. Такі моделі дозволяють виявляти зміни геометрії конструкцій навіть при мінімальних відхиленнях від проектного положення [13].

Не менш бажливою технологією є **цифрова фотограмметрія**, яка базується на аналізі зображень, отриманих за допомогою камер або безпілотних літальних апаратів. Цей метод дозволяє отримувати детальну інформацію про стан поверхонь конструкцій, виявляти тріщини, сколи, деформації та інші дефекти. Особливо ефективною є фотограмметрія при обстеженні важкодоступних ділянок, таких як нижні частини прогонових будов або опори, що знаходяться у водному середовищі. Застосування безпілотних систем значно підвищує оперативність і безпеку виконання робіт.

Сучасні **тахеометричні системи** також відіграють важливу роль у виявленні дефектів, пов'язаних із деформаціями конструкцій. Використання електронних тахеометрів дозволяє з високою точністю визначати координати контрольних точок і відслідковувати їх зміни у часі. Це дає змогу виявляти горизонтальні зміщення, перекоси, крени та інші деформаційні процеси, які можуть свідчити про наявність структурних дефектів [1].

Окрім цього, сучасні тахеометри оснащені функціями автоматичного наведення та відстеження цілей, що значно підвищує ефективність польових робіт. Використання роботизованих тахеометрів дозволяє мінімізувати вплив людського фактору та забезпечити високу повторюваність результатів вимірювань. [1]

Застосування **GNSS-технологій** є ефективним для моніторингу загального

положення мостових споруд, особливо у випадках довготривалих спостережень. Хоча точність GNSS-деформаційних вимірювань може поступатися класичним геодезичним методам на локальному рівні, їх перевагою є можливість безперервного моніторингу та автоматизації процесу збору даних. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни технічного стану споруди. [1]

Однією з переваг GNSS є можливість інтеграції з іншими геодезичними методами та інформаційними системами. Це дозволяє створювати комплексні системи моніторингу, які забезпечують збір, передачу та аналіз даних у режимі реального часу, що особливо важливо для об'єктів підвищеної відповідальності. [1]

Особливе місце серед сучасних технологій займає інтеграція геодезичних і інформаційних систем, зокрема використання **геоінформаційних систем (ГІС)** та технологій інформаційного моделювання будівель (BIM). Такі системи дозволяють об'єднувати дані, отримані різними методами, у єдину інформаційну модель споруди. Це забезпечує можливість комплексного аналізу технічного стану, виявлення дефектів і прогнозування їх розвитку. Використання BIM-технологій дозволяє порівнювати фактичний стан конструкцій із проектними параметрами та своєчасно виявляти відхилення. [21]

Для класифікації та систематизації виявлених дефектів використовуються відповідні нормативні документи. Зокрема, ДСТУ 8908:2019 визначає класифікацію дефектів мостових споруд, що дозволяє оцінювати їх вплив на експлуатаційну придатність конструкцій [16]. Це є важливим етапом у процесі обстеження, оскільки правильна ідентифікація дефектів дозволяє визначити необхідні заходи щодо їх усунення. [16]

Сучасні технології також передбачають використання автоматизованих систем моніторингу, які включають датчики деформацій, нахилу, температури та інших параметрів. Хоча такі системи не є суто геодезичними, вони часто інтегруються з геодезичними методами і забезпечують безперервний контроль стану споруди. Дані з датчиків можуть передаватися в режимі реального часу та використовуватися для оперативного аналізу [17].

Важливим є відповідність результатів вимірювань нормативним вимогам щодо допустимих деформацій і переміщень. Згідно з ДСТУ Б В.1.2-3:2006, перевищення встановлених граничних значень є підставою для визнання конструкції такою, що потребує ремонту або обмеження експлуатації [17]. Таким чином, сучасні геодезичні технології не лише забезпечують виявлення дефектів, а й дозволяють оцінити їх критичність.

Крім того, результати геодезичних обстежень використовуються для оцінювання технічного стану мостів відповідно до вимог ДСТУ 9181:2022, який передбачає використання комплексного підходу до аналізу стану споруд [13]. Це включає врахування геометричних параметрів, наявності дефектів, умов експлуатації та інших факторів.

Отже, сучасні геодезичні технології відіграють велику роль у виявленні дефектів елементів конструкцій пішохідних мостових переходів. Їх застосування дозволяє значно підвищити точність і ефективність обстежень, забезпечити своєчасне виявлення небезпечних змін і прийняття обґрунтованих рішень щодо подальшої експлуатації споруд. Комплексне використання різних методів і технологій у поєднанні з нормативною базою забезпечує високий рівень безпеки та надійності мостових переходів.

Висновок: У першому розділі проаналізовано нормативно-правову базу обстеження мостових споруд (ДБН В.2.3-6:2009, ДСТУ 9181:2022, ДСТУ 8908:2019 та ін.), розглянуто сучасні методи геодезичного моніторингу інженерних споруд, а також можливості застосування лазерного сканування, фотограмметрії, GNSS-технологій та електронної тахеометрії для виявлення дефектів конструкцій.

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Конструктивні особливості та технічний стан споруди

Русанівський мостовий перехід, розташований між бульваром Ігоря Шамо та проспектом Соборності у місті Київ, збудований у 1966 році значущий елемент пішохідної інфраструктури лівобережної частини міста. Даний міст забезпечує сполучення між житловим масивом Русанівка та територіями, прилеглими до транспортної магістралі загальноміського значення - проспекту Соборності. Його функціонування є складовою системи організації пішохідного руху та формування безперервного урбаністичного середовища.[23]



Рис. 2.1 Фото Русанівського пішохідного мосту №1 в 60-х роках ХХ ст.

Міст входить до комплексу інженерних споруд, зведених у 1960-х роках у межах реалізації масштабного проекту забудови Русанівки, що передбачав створення штучного водного об'єкта - Русанівський канал. Будівництво каналу та мостів здійснювалося із застосуванням типових інженерних рішень того часу, орієнтованих на швидке зведення, економічність та забезпечення базових експлуатаційних характеристик. [23]

З конструктивної точки зору даний мостовий перехід належить до пішохідних балкових мостів із залізобетонною прогоною будовою. Його

конструктивна схема є відносно простою та відповідає інженерним підходам середини XX століття. Прогонова будова представлена суцільною або складеною системою залізобетонних балок, що спираються на опори, розташовані по обидва боки каналу. [23]



Рис. 2.2 Фото Русанівського пішохідного мосту №1 теперішнього часу.

Загальна довжина мосту становить орієнтовно 100 м, що відповідає ширині каналу з урахуванням прибережних зон. Ширина прохідної частини (пішохідного полотна) становить близько 4 м, що забезпечує двосторонній рух пішоходів та відповідає нормативним вимогам, які діяли на момент проєктування. Конструкція мосту не передбачає руху транспортних засобів, що дозволило зменшити навантаження на несучі елементи та застосувати більш економічні інженерні рішення.

Основними елементами конструкції є:

- прогонова будова (залізобетонні балки або плити);
- опори (монолітні);
- пішохідне покриття;
- огорожувальні елементи (перила).

Залізобетон як основний конструкційний матеріал забезпечує достатню міцність, жорсткість і довговічність споруди. Водночас, враховуючи період будівництва, у конструкції могли застосовуватися як звичайні, так і попередньо напружені елементи, що підвищують несучу здатність прогонових будов.

Особливістю даного мосту є відсутність складних інженерних вузлів і великопрогонових елементів, що пояснюється незначною шириною водної перешкоди та відсутністю судноплавства на каналі. Це дозволило застосувати спрощену балкову схему без необхідності використання аркових або підвісних конструкцій.

Пішохідне полотно мосту має тверде покриття (асфальт), яке укладається по основі з урахуванням забезпечення водовідведення. Для запобігання накопиченню атмосферних опадів передбачено поперечний ухил. Огороджувальні конструкції виконані у вигляді металевих перил, які забезпечують безпеку пішоходів.

Інженерно-технічні особливості експлуатації

Експлуатація мостового переходу здійснюється в умовах постійного впливу зовнішніх факторів, серед яких основними є:

- атмосферні опади (дощ, сніг);
- температурні коливання;
- процеси заморожування та відтавання;
- вплив вологи та агресивних середовищ;
- динамічні навантаження від пішохідного руху.

Хоча навантаження від пішоходів є значно меншими порівняно з автомобільними мостами, тривалий термін експлуатації (понад 50 років) призводить до поступового зниження експлуатаційних характеристик конструкції. Особливо це стосується залізобетонних елементів, які піддаються процесам фізичного та хімічного зношення.

Важливим є також вплив кліматичних умов, характерних для регіону міста Києва, зокрема циклів заморожування та відтавання, які спричиняють утворення тріщин у бетоні та руйнування його структури. Крім того, волога сприяє корозії сталевій арматури, що призводить до зниження несучої здатності елементів.

Клімат міста Київ є помірно континентальним із чітко вираженою сезонністю, що проявляється у зміні температурного режиму, кількості опадів та інших метеорологічних показників протягом року. Такі умови формуються під

впливом географічного положення міста в центральній частині України та значної віддаленості від морських акваторій, що зумовлює контрастність погодних умов між сезонами. [25]

Середньорічна температура повітря в Києві становить приблизно $+8...+10$ °С. Зимовий період є помірно холодним: середні температури січня коливаються в межах $-3...-5$ °С, однак під час вторгнення арктичних повітряних мас можливі короточасні зниження до -15 °С і нижче. Літній період, навпаки, характеризується теплими та інколи спекотними умовами: середня температура липня становить $+19...+22$ °С, а максимальні значення можуть перевищувати $+30$ °С. Такі температурні коливання створюють значні сезонні деформаційні навантаження на будівельні матеріали та інженерні конструкції. [25]

Річна кількість атмосферних опадів у середньому становить 550–650 мм. Найбільша їх інтенсивність спостерігається у теплий період року, особливо в травні–липні, коли характерні короточасні, але інтенсивні зливи з грозами. У зимовий період опади переважно випадають у вигляді снігу, формуючи нестійкий сніговий покрив. Висока вологість повітря, яка в середньому становить 70–80%, у поєднанні з частими переходами температури через 0 °С сприяє розвитку процесів корозії та руйнування матеріалів. [25]

Технічний стан мостового переходу

Станом на сьогодні технічний стан пішохідного мосту між бульваром Ігоря Шамо та проспектом Соборності можна охарактеризувати як обмежено працездатний, що відповідає загальній тенденції для інженерних споруд, збудованих у середині ХХ століття та експлуатованих без проведення комплексної реконструкції.

У процесі експлуатації в конструкціях мосту накопичилися типові дефекти, серед яких:

- поява тріщин у прогоновій будові;
- локальні руйнування захисного шару бетону;
- оголення та корозія арматури;
- зношення пішохідного покриття;

- корозія металевих огорожень;
- порушення системи водовідведення.

Тріщини у залізобетонних елементах можуть виникати як унаслідок усадки матеріалу, так і через тривалу дію навантажень та температурних деформацій. Їх розвиток є небезпечним, оскільки сприяє проникненню вологи та агресивних речовин до арматури.

Корозія арматури є одним із найбільш критичних процесів, що впливають на довговічність мосту. Вона супроводжується збільшенням об'єму металу, що спричиняє додаткові внутрішні напруження у бетоні та призводить до його руйнування.

Зношення пішохідного покриття проявляється у вигляді нерівностей, тріщин та вибоїн, що знижує комфорт і безпеку руху. Порушення роботи водовідвідної системи сприяє накопиченню води на поверхні мосту, що прискорює процеси деградації матеріалів.

Необхідність обстеження та заходів з відновлення

У зв'язку з наявністю зазначених дефектів та тривалим терміном експлуатації виникає необхідність проведення регулярних обстежень технічного стану мостового переходу. Такі обстеження повинні включати:

- візуальний огляд конструкцій;
- інструментальні вимірювання деформацій;
- визначення міцності бетону неруйнівними методами;
- оцінку корозійного стану арматури;
- геодезичний моніторинг положення конструкції.

Результати обстежень є основою для розроблення заходів з ремонту або реконструкції мосту. До основних заходів відновлення можна віднести:

- ремонт тріщин і відновлення захисного шару бетону;
- антикорозійний захист арматури;
- заміну або ремонт пішохідного покриття;
- відновлення системи водовідведення;
- заміну або ремонт огорожень.

У разі значного зносу конструкцій може виникнути необхідність їх підсилення або часткової реконструкції із застосуванням сучасних матеріалів і технологій.

2.2. Топографо-геодезичне забезпечення району виконання робіт.

Район виконання топографо-геодезичних робіт розташований у межах міста Київ та охоплює територію мостового переходу через Русанівський канал, що з'єднує бульвар Ігоря Шамо та проспект Соборності. Об'єкт дослідження є важливою складовою транспортної інфраструктури міста та підлягає регулярному обстеженню відповідно до вимог нормативних документів, зокрема ДБН В.2.3-6:2009 та ДСТУ 9181:2022, які регламентують оцінювання технічного стану мостових споруд [1], [13].

Топографо-геодезичне забезпечення району виконання робіт передбачає комплекс інженерно-геодезичних заходів, спрямованих на отримання достовірної, точної та актуальної просторової інформації про об'єкт і прилеглу територію. Відповідно до вимог ДБН А.2.1-1:2008 та нормативів у сфері інженерних вишукувань, такі роботи є обов'язковою складовою обстеження та експлуатації інженерних споруд [11], [12].

В якості вихідної геодезичної основи було використано точки, координати яких визначалися із застосуванням супутникових технологій. Для цього використовувався GNSS-приймач AlphaGEO Matrix II, що дозволяє отримувати координати з високою точністю у державній системі координат. У процесі польових робіт було закладено та визначено положення опорних GPS-точок, які стали базою для подальшої детальної зйомки.

З метою підвищення точності геодезичного обґрунтування, координати отриманих GNSS-точок були додатково перевірені та уточнені шляхом виконання тахеометричних вимірювань. Це дозволило сформувати надійну знімальну геодезичну основу, яка відповідає вимогам точності для великомасштабних топографічних зйомок.

Детальна топографічна зйомка мостового переходу виконувалася за допомогою електронного тахеометра Sokkia IM-102. Даний прилад забезпечує

високоточне вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів та відстаней, що дозволяє визначати координати точок з необхідною для інженерних робіт точністю [7].

У процесі тахеометричної зйомки було визначено координати характерних точок мостової споруди та прилеглої території, зокрема:

- опор мосту;
- прогонових будов;
- проїзної частини та тротуарів;
- перильних огорож;
- елементів благоустрою.

Комбінування GNSS-методів та тахеометричної зйомки є сучасним і ефективним підходом до виконання інженерно-геодезичних робіт. GNSS-спостереження забезпечують швидке отримання координат опорних точок у єдиній системі координат, тоді як тахеометрична зйомка дозволяє отримати високу деталізацію об'єкта та точне положення його конструктивних елементів [11], [7].

Отримані в польових умовах дані підлягали камеральній обробці з використанням програмного забезпечення CREDO. На цьому етапі було виконано урівнювання геодезичних вимірювань методом найменших квадратів, що дозволяє отримати найбільш імовірні значення координат точок з урахуванням усіх виконаних вимірювань і їх похибок [10].

У процесі камеральної обробки було здійснено:

- контроль вихідних вимірювань;
- обчислення координат точок;
- урівнювання знімальної мережі;
- оцінку точності результатів.

Згідно з вимогами нормативних документів (зокрема ДБН В.1.2-14:2008), точність геодезичних вимірювань повинна забезпечувати надійність визначення просторового положення конструктивних елементів споруди. За результатами урівнювання отримані значення середніх квадратичних похибок не

перевищують допустимих значень для топографічної зйомки масштабу 1:500 [10].

Топографічна зйомка виконувалася у масштабі 1:500, що відповідає вимогам до детальності інженерно-геодезичних робіт у межах міської забудови. Отримані дані стали основою для створення топографічного плану, який відображає як сам мостовий перехід, так і прилеглу територію [11], [9].

Умови виконання робіт характеризуються складністю, що обумовлено щільною міською забудовою, наявністю транспортного руху та інженерних комунікацій. Це створює певні обмеження для проведення GNSS-спостережень, зокрема виникають ефекти багатопроменевості сигналу та його затінення. У зв'язку з цим застосування комбінованих методів вимірювань є обґрунтованим і необхідним [11].

Особливістю об'єкта дослідження є те, що він належить до інженерних споруд підвищеної відповідальності. Відповідно до ДБН В.1.2-14:2008 та ДСТУ 8903:2019, для таких об'єктів висуваються підвищені вимоги до точності визначення геометричних параметрів [10], [15].

Отримані топографо-геодезичні матеріали використовуються для оцінки технічного стану мосту, виявлення можливих деформацій та аналізу змін геометричних параметрів конструкції. Вони є основою для подальшого проведення геодезичного моніторингу, а також для прийняття інженерних рішень щодо ремонту або реконструкції споруди відповідно до вимог ДБН В.2.3-6:2009 [1].

Таким чином, топографо-геодезичне забезпечення району виконання робіт виконано із застосуванням сучасних технологій GNSS-вимірювань і тахеометричної зйомки, а також із використанням спеціалізованого програмного забезпечення для обробки даних. Це забезпечило отримання достовірної та точної просторової інформації, необхідної для якісного обстеження мостового переходу та оцінки його технічного стану [1], [11].

2.3. Створення зйомочного обґрунтування.

Створення зйомочного обґрунтування є одним із ключових етапів

виконання топографо-геодезичних робіт, оскільки забезпечує єдину координатну основу для визначення просторового положення елементів об'єкта. У межах досліджуваної території мостового переходу через Русанівський канал у місті Київ зйомочне обґрунтування було створене із застосуванням комбінованого методу GNSS-вимірювань та тахеометричної зйомки.

На першому етапі було виконано закладання опорних геодезичних пунктів, координати яких визначалися за допомогою супутникових технологій. Для цього використовувався GNSS-приймач AlphaGEO Matrix II, який працював у режимі RTK із підключенням до мережі базових станцій через інтернет. Визначення координат здійснювалося у місцевій системі координат МСК-80 (для міста Києва) з використанням Балтійської системи висот (станом на 15.09.2025 р.).

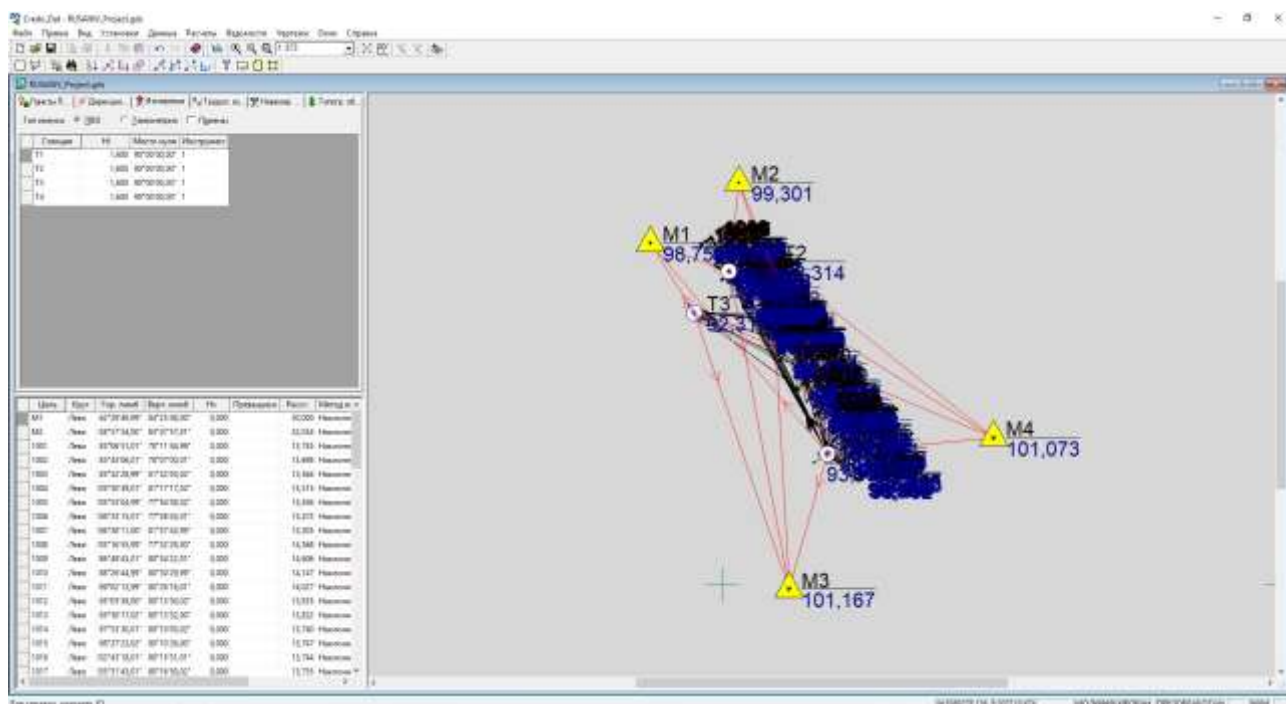


Рис 2.3 Росташування пунктів у програмному забезпеченні CREDO DAT

У процесі польових робіт було закладено чотири опорні GPS-точки, які розташовувалися по обидва боки мостового переходу - зліва та справа від проїзної частини. Точки були закріплені на опорах вуличного освітлення, що забезпечило їх стабільність та зручність подальшого використання. Така схема розташування дозволила рівномірно охопити територію об'єкта та забезпечити надійність геодезичного обґрунтування.

Спостереження на кожній точці виконувалися протягом 60 епох, що в

середньому становило близько 40 секунд. Заявлена точність визначення координат становить до 8 мм по плану та 15 мм по висоті, що відповідає вимогам до виконання великомасштабних топографічних зйомок у межах міської забудови. Отримані координати опорних точок були використані як вихідна основа для подальших тахеометричних вимірювань. [26]

На наступному етапі було виконано створення знімальної геодезичної мережі за допомогою електронного тахеометра Sokkia IM-102. Особливістю виконання робіт було використання методу просторової засічки для визначення положення кожної станції. Усього було встановлено чотири станції, кожна з яких визначалась за трьома опорними GPS-точками.

Застосування методу засічки дозволило уникнути прокладання замкнених або розімкнених ходів та забезпечити оперативність виконання робіт. Усі станції були взаємно узгоджені через єдину систему опорних точок, що забезпечило цілісність та узгодженість геодезичної мережі. Висячі станції при виконанні робіт не застосовувалися, що позитивно вплинуло на точність визначення координат.

Контроль точності вимірювань здійснювався як у процесі виконання польових робіт, так і після їх завершення. Зокрема, було виконано перевірку стабільності положення тахеометра, в результаті якої встановлено відхилення по осях: до 6" по осі X та до 5" по осі Y. Такі значення знаходяться в допустимих межах для приладів даного класу точності.

Додатковий контроль було здійснено шляхом повторного визначення координат опорних точок наприкінці польових робіт. Виявлені зміщення не перевищували 2 мм, що свідчить про високу точність та стабільність побудованого зйомочного обґрунтування.

Камеральна обробка результатів вимірювань виконувалася з використанням програмного забезпечення CREDO. У процесі обробки було виконано комплексне урівнювання всієї геодезичної мережі, що включала як GNSS-вимірювання, так і тахеометричні спостереження.

Урівнювання дозволило узгодити результати вимірювань, усунути

випадкові похибки та отримати найбільш імовірні значення координат точок. У ході камеральної обробки здійснювався контроль якості вихідних даних, перевірка замкненості мережі та оцінка точності отриманих результатів.

Отримане зйомочне обґрунтування характеризується високою точністю та надійністю, що забезпечується використанням сучасних геодезичних технологій та приладів. Комбіноване застосування GNSS-методів та тахеометричних вимірювань дозволило ефективно врахувати умови міської забудови та мінімізувати вплив зовнішніх факторів на результати вимірювань.

Таким чином, створене зйомочне обґрунтування забезпечує необхідну точність визначення просторового положення елементів мостового переходу та може бути використане як надійна основа для виконання топографічної зйомки та подальшого аналізу технічного стану споруди.

Висновок: У другому розділі охарактеризовано об'єкт дослідження – пішохідний балковий залізобетонний міст 1966 року побудови. Визначено його конструктивні особливості, основні геометричні параметри (загальна довжина $\approx 101,79$ м, ширина прохідної частини 4,54 м) та технічний стан, оцінений як обмежено працездатний. Виявлено характерні дефекти: тріщини, корозію арматури, зношення покриття та порушення водовідведення. Створено топографо-геодезичне забезпечення території з використанням GNSS-приймача AlphaGEO Matrix II та тахеометра Sokkia IM-102.

РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ВИКОНАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

3.1 Комплекс геодезичних робіт для забезпечення планового обстеження пішохідного мосту через Русанівський канал у м. Києві.

Геодезичне забезпечення відіграє визначальну роль у процесі обстеження, проєктування та будівництва мостових споруд. Саме завдяки точним геодезичним вимірюванням вдається досягти необхідної надійності та відповідності проєктним параметрам, що особливо важливо для таких інженерних об'єктів, як пішохідний міст через Русанівський канал, який з'єднує бульвар Ігоря Шамо з проспектом Соборності.

Подібне обґрунтування точності геодезичних робіт було застосовано під час спеціального обстеження пішохідного мосту через Русанівський канал, що з'єднує бульвар Ігоря Шамо та проспект Соборності у місті Києві. Загальний вид геодезичних робіт та мосту наведений у Додатку А.

Інженерно-геодезичні роботи є обов'язковою складовою будівельного процесу. Вони дозволяють здійснювати постійний контроль геометричних параметрів споруди на всіх етапах монтажу, запобігати відхиленням від проєкту та гарантувати безпечну й довговічну експлуатацію мосту.

Виконання геодезичних робіт базується на чіткій послідовності вимірювальних операцій, що відповідає фундаментальним принципам геодезії. Такий системний підхід дає змогу мінімізувати накопичення помилок і забезпечити високу точність конструктивних елементів мостового переходу.

Організація геодезичних робіт при проєктуванні та будівництві цього об'єкта повинна здійснюватися відповідно до вимог чинних нормативних документів, зокрема:

- ДБН В.2.3-6:2009 Мости та труби. Обстеження і випробування;
- ДБН А.2.1.1-2008 «Інженерні вишукування для будівництва» [12];
- ДБН В.1.3-2-2010 «Геодезичні роботи у будівництві» [24].

Такий нормативно-методичний підхід забезпечує належну якість геодезичного супроводу проєкту в умовах щільної міської забудови Києва.

Суттєвою особливістю спеціального обстеження мостових споруд є відсутність у державних будівельних нормах чітко регламентованих вимог до точності геодезичних робіт. Це зумовлює необхідність індивідуального визначення оптимального рівня точності для кожного конкретного об'єкта.

При проєктуванні геодезичного забезпечення пішохідного мосту через Русанівський канал (що з'єднує бульвар Ігоря Шамо та проспект Соборності) важливо забезпечити раціональний баланс точності вимірювань. З одного боку, надмірна точність призводить до необґрунтованого підвищення вартості обладнання та робіт, з іншого - недостатня точність може поставити під загрозу безпеку та довговічність інженерної споруди.

Визначення необхідних показників точності дозволяє обґрунтовано підібрати оптимальний склад геодезичних приладів та найбільш ефективні методи виконання робіт.

Одним із найбільш трудомістких і відповідальних видів робіт під час обстеження мостів є знімання та визначення прогину палі. Максимально допустимі значення прогину, наведені в чинних ДБН, можуть бути використані як вихідні дані для розрахунку потрібної точності геодезичних вимірювань. [2]

Максимальне значення допустимої похибки геодезичних робіт при визначенні планового положення центру палі розраховується за формулою (3.1):

$$\delta_G = 0,2\delta \quad (3.1)$$

Незалежно від обраного методу знімання, обов'язковою умовою є створення локальної опорної геодезичної мережі. Така мережа повинна включати мінімальну кількість закріплених пунктів (2–3) та вільні станції. Сучасні вільні станції є ефективним і практично незамінним інструментом для виконання подібних робіт.

Координати опорних пунктів рекомендується визначати з однієї вільної станції, якщо умови місцевості це дозволяють. Як правило, створення опорної мережі та подальше знімання виконуються одним тахеометром. У цьому випадку

сумарна похибка планового положення знімальної точки визначається за формулою (3.2):

$$m_{3H} = m_{MEP} = \delta_{\Gamma} / \sqrt{2}, \quad (3.2)$$

Де:

m_{3H} - середньоквадратична похибка планового положення знімальної точки;

m_{MEP} - середньоквадратична похибка планового положення пунктів опорної мережі.

Для найбільш поширеного полярного способу знімання необхідно розрахувати граничні похибки вимірювання відстані m_S та горизонтального кута m_{β} . Ці значення (формули 3.3–3.4) дозволяють обґрунтовано підібрати тахеометр з відповідними технічними характеристиками:

$$m_S = m_{3H} / \sqrt{2} \quad (3.3)$$

$$m_{\beta} = m_{3H} \cdot 206265 / \sqrt{2} / S, \quad (3.4)$$

де S - горизонтальна віддаль від тахеометра до точки знімання на мосту.

Похибки, отримані за формулами (3.3)–(3.4), розраховані за умови рівного внеску кутової та віддалемірної складових у загальну похибку визначення планового положення точки.

Згідно з вимогами ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення. Вимоги проектування» [16], граничні вертикальні прогини перекриттів, що зазнають впливу рухомих навантажень (переміщуваних вантажів, матеріалів, елементів устаткування тощо), не повинні перевищувати значення, визначеного за формулою (3.5):

$$f_{ГР} = l / 350, \quad (3.5)$$

де l - довжина плити (проліт).

Застосувавши розрахункову схему формули (3.1) до граничних значень, встановлених виразом (3.6), отримаємо:

$$\delta_T = l/1750 \quad (3.6)$$

Розрізняють вертикальні та горизонтальні прогини конструкцій. Для забезпечення безпечного функціонування пішохідного мосту через Русанівський канал найбільше значення мають саме вертикальні прогини балок-плит прогонової будови.

Для середньої точки балки-плити максимальний прогин визначається за результатами геодезичних спостережень за формулою (3.7):

$$f = (H_1 + H_2) / 2 - H_3, \quad (3.7)$$

де H_1, H_2 - висоти крайніх точок балки в місцях її опирання на поперечні балки;

H_3 - висота точки, розташована посередині прольоту балки, у якій фіксується максимальний прогин.

Таким чином, величина прогину в даному випадку залежить виключно від визначення висот характерних точок. Для попередніх розрахунків приймається, що висоти всіх трьох точок балки-плити визначаються з однаковою точністю, а похибка висоти обмежується лише похибкою визначення перевищень (похибкою висоти вихідного репера при цьому нехтуємо).

Граничні похибки вимірювання відстані та горизонтального кута розраховуються за формулами (3.3)–(3.4). Аналогічно, граничні похибки вимірювання відстані та вертикального кута визначаються за формулами (3.8)–(3.9):

$$m_S = \delta_h / 2 / \sin \nu \quad (3.8)$$

$$m_V = \delta_h \cdot 206265 / 2 / S / \cos \nu, \quad (3.9)$$

де ν - вертикальний кут.

У наведених формулах вже враховано вплив сумарної похибки опорної мережі відповідно до залежності (3.2).

Міст має багатопрогонову конструкцію з монолітною або збірною прогоною будовою, яка спирається на систему опор. Конструкція призначена

виключно для пішохідного руху. На крайніх ділянках споруди зафіксовано елементи, що потребують детального інженерно-геодезичного контролю для оцінки їх технічного стану.

Першочерговим завданням геометричного моніторингу несучої здатності конструкції є висотна фіксація положення балок-плит прогонової будови між ключовими створами - віссю опори Б та віссю опори А. Обстеженням охоплено кілька поздовжніх ліній балок. На кожній лінії вимірювання проводяться у трьох характерних точках: на опорі Б, у середині прольоту та на опорі А (рис. 3.1).

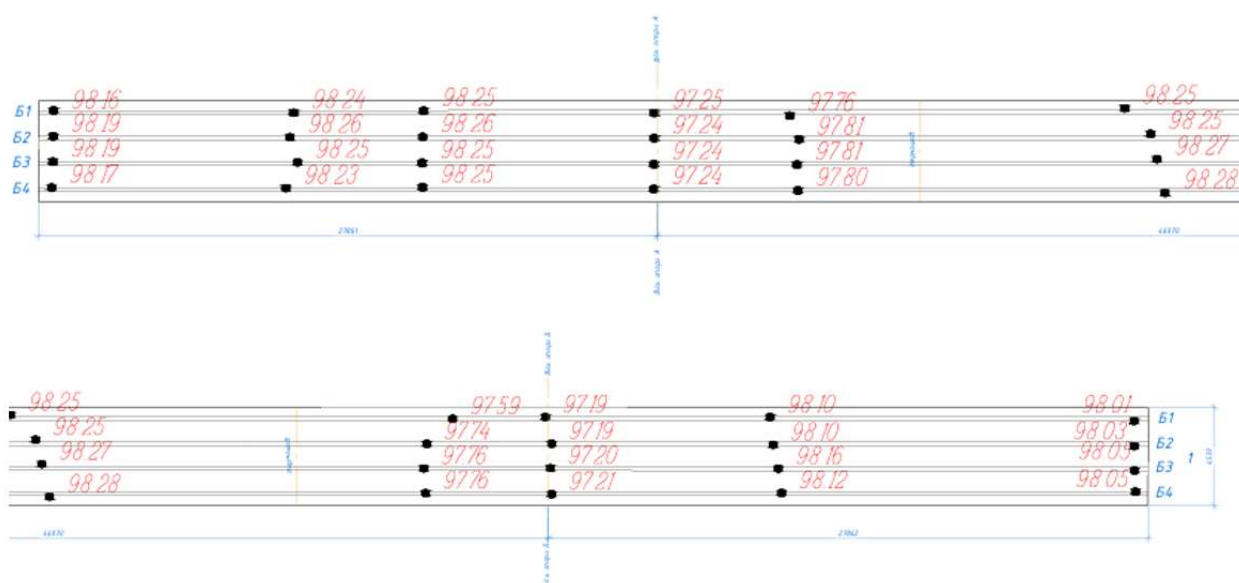


Рис. 3.1 Нівелювання балок мосту

Висотне положення балок на осі опори Б показав, що значення абсолютних відміток коливаються в межах від 98,10 м до 98,27 м. Спостерігається підвищення профілю до центральних балок з поступовим пониженням до крайніх, що відповідає проєктному поперечному ухилу опорного ригеля.

На осі опори А висотні відмітки дещо вищі порівняно з опорою Б, фіксуючи загальний підйом мосту в напрямку руху. Вони знаходяться в діапазоні від 98,16 м до 98,24 м.

Аналіз прогинів у середині прольоту свідчить про відносно стабільний поздовжній розподіл висот. Абсолютні відмітки серединних точок балок розташовані переважно в межах 98,25 м - 98,28 м. Порівняння цих значень з відмітками на опорах вказує на відсутність критичних локальних провисань

окремих балок відносно загальної осі прогонової будови. Найвищі точки в середині прольоту зафіксовані поблизу центральних балок (близько 98,27 м).

На основі створеної базової геодезичної мережі виконано координування елементів мостового полотна. Це дозволило прив'язати конструктивні осі споруди до фактичного рельєфу покриття (рис. 3.2). Знімання проводилося в тривимірному просторі з прив'язкою до геометричних осей мосту.

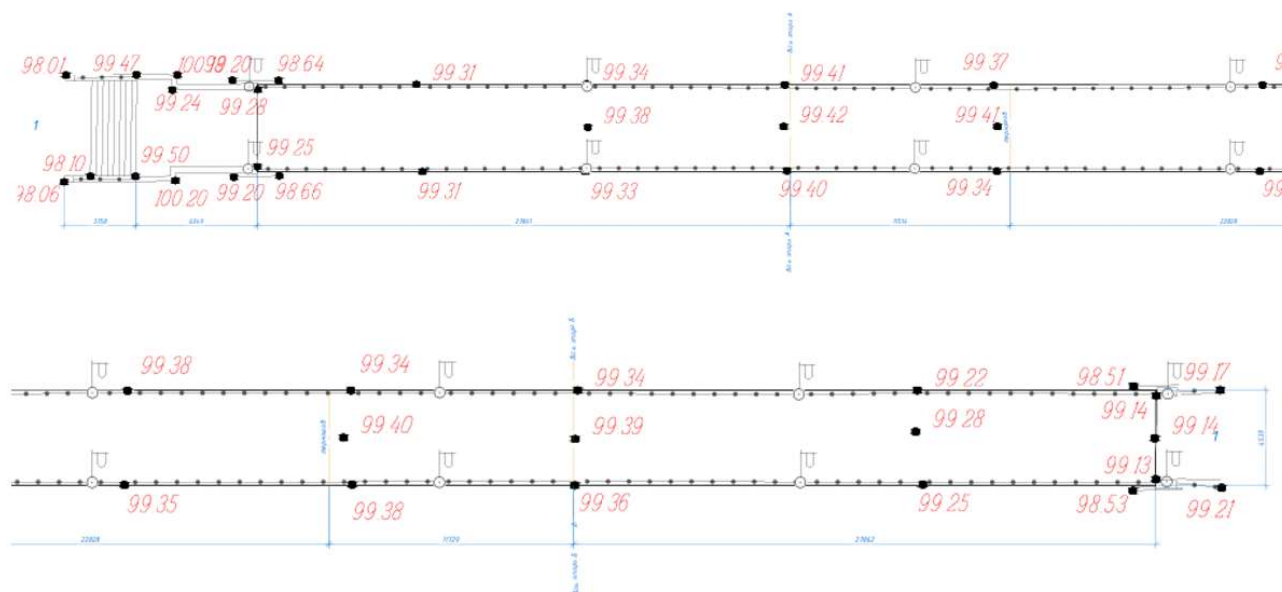


Рис. 3.2. Нівелювання елементів верху мостового полотна

Згідно з даними рис. 3.2, досліджувана ділянка пішохідного мосту через Русанівський канал (що з'єднує бульвар Ігоря Шамо та проспект Соборності) поділяється на три чітко виражені зони за довжиною. Загальна довжина ділянки знімання становить 101,79 м і включає:

- припідхідну ділянку до осі опори Б (довжина 27,862 м);
- основний прогін між опорою Б та опорою А (довжина 47,070 м);
- заопорну ділянку після осі опори А (довжина 27,861 м).

На плані чітко виділено «Вісь моста» та його межі.

Геодезичні відмітки по осі мосту плавно змінюються від 99,39 м на створі опори Б до 99,41 м в центрі прогону та 99,42 м на створі опори А. Такий характер зміни висот свідчить про наявність загального поздовжнього ухилу мостового полотна.

Геодезична зйомка виявила суттєві геометричні аномалії вздовж лівого та

правого країв мостового полотна. Зокрема, зафіксовано:

верхній дефектний контур - починається на підході, має різкий стрибок на деформаційному шві опори А і продовжується вздовж усього прогону до опори Б, завершуючись зломом профілю в кінцевій частині;

нижній дефектний контур - фіксує деформації бортових елементів та тротуарних консолей на опорі А, а також виносні руйнування біля опори Б.

Для остаточного аналізу просторової схеми споруди виконано натурні вимірювання поперечних перерізів конструкцій безпосередньо на створах опори А та опори Б. Отримані архітектурно-будівельні розрізи ув'язують висоту дорожнього полотна, положення балок прогонової будови та фундаментну частину опор (рис. 3.3).

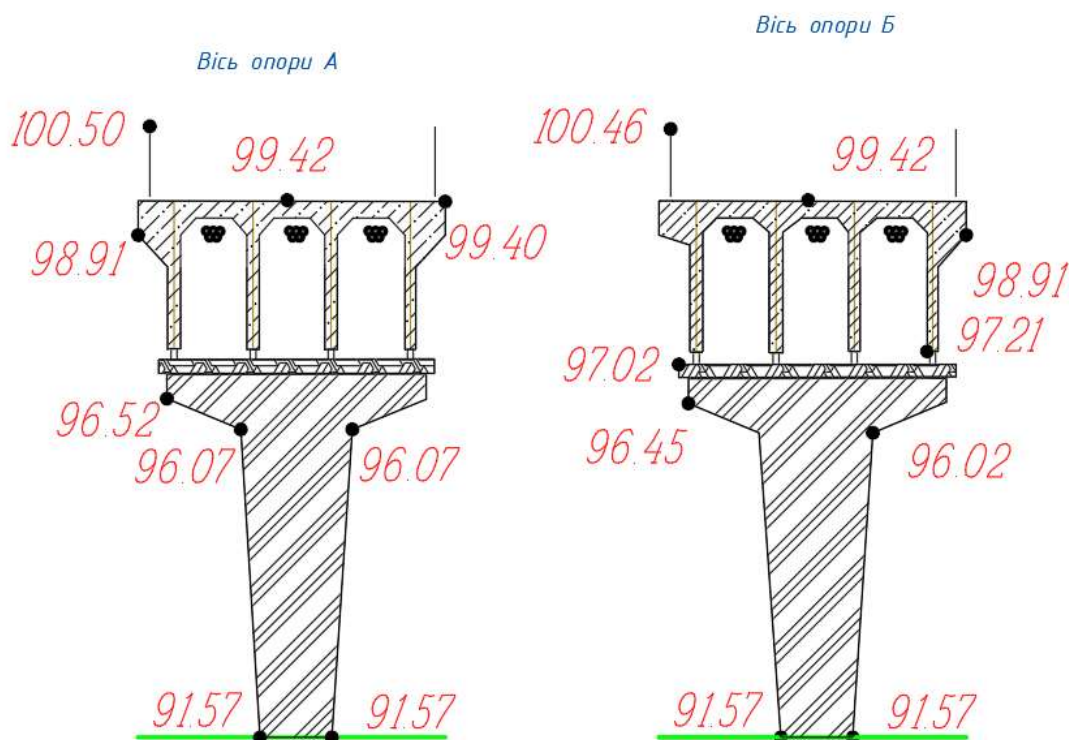


Рис. 3.3. Поперечні перерізи конструкцій Опори А та Опори Б

На обох поперечних перерізах чітко візуалізується компоновка прогонової будови пішохідного мосту через Русанівський канал. Прогонова будова складається з монолітно-пов'язаних балок та верхньої плити, яка формує односкатний (або двоскатний з переломом по осі) поперечний профіль, що забезпечує відведення поверхневих вод.

На опорі А зафіксовано відмітки верху бар'єрного огороження на рівні 100,50 м. На опорі Б відповідні відмітки становлять 100,46 м.

Дані рис. 3.3 відображають рівні посадки опорних частин балок на бетонні оголовки опор:

Опора А: рівень підферменної плити зафіксовано на відмітках 97,06 м.

Опора Б: знаходиться конструктивно дещо нижче. Рівень підферменників зафіксовано на відмітках 97, 02 м. Нижній рівень фундаменту (лінія контакту з водою) залягає на абсолютних відмітках 91,57 м.

Отримані поперечні розрізи дозволяють комплексно оцінити фактичний стан опорних вузлів, вертикальність і рівномірність осідання опор, а також геометрію прогонової будови в поперечному напрямку.

3.2 Складання плану нівелювання мостового полотна та балок.

Нівелювання проїзної частини є важливою складовою інженерно-геодезичних робіт при спеціальному технічному обстеженні мостових споруд. Головною метою цих вимірювань є визначення фактичного висотного положення елементів мостового полотна, виявлення деформацій і прогинів, розрахунок поздовжніх та поперечних ухилів, а також фіксація геометричних відхилень на дефектних ділянках.

У рамках даного проєкту виконано детальне геодезичне нівелювання пішохідного мосту через Русанівський канал, що з'єднує бульвар Ігоря Шамо та проспект Соборності у м. Києві.

Для створення висотної карти мостового полотна застосовано метод геометричного нівелювання. Розбивка пікетажних точок виконана за регулярною геодезичною сіткою, прив'язаною до конструктивних осей споруди та опор.

Ділянка знімання загальною довжиною 101,79 м поділяється на три характерні зони:

- ділянку до осі опори А (довжина 27,861 м);
- основний прогін між опорою А та опорою Б (довжина 47,070 м);
- ділянку після осі опори Б (довжина 27,862 м).

- Ширина мосту становить 4,539 м.

Нівелювання проводилося за такими основними напрямками:

Поздовжні профілі - вздовж осі мосту, по краях пішохідного полотна (вздовж бар'єрного огороження) та по додаткових характерних лініях.

Поперечні перерізи (створи) прив'язані до поперечних осей опор А та Б.

У кожній характерній точці перетину поздовжніх і поперечних ліній визначено фактичні висотні відмітки елементів мостового полотна. Порівняння отриманих значень з проєктними дозволяє оцінити ступінь деформованості конструкції та виявити ділянки з найбільшими геометричними відхиленнями.

На основі отриманих абсолютних висотних відміток було розраховано фактичні поздовжні ухили мостового полотна. Ухили визначено в проміле (‰).

Поздовжні ухили пішохідного мосту через Русанівський канал:

- На припідхідній ділянці від опори 1 (бульвар Ігоря Шамо) до осі опори А ухил становить +5,03 ‰ (підйом).
- На основному прогоні між опорами А та Б:
 - від опори А до центру прогону –0,85 ‰ (невелике пониження);
 - від центру прогону до опори Б –0,43 ‰.
- На заопорній ділянці від осі опори Б до опори 1 (проспект Соборності) ухил становить –8,97 ‰ (значне пониження).
- Загальний поздовжній ухил споруди від бульвару Ігоря Шамо до проспекту Соборності становить –1,36 ‰.

Такий розподіл ухилів свідчить про відносно спокійний профіль в межах основного прогону та більш виражені похили на підхідних ділянках, що типово для пішохідних мостів у умовах міської забудови з необхідністю спряження з існуючими рівнями територій.

3.3 Складання поздовжнього профілю мосту та опор.

Нівелювання низу прогонової будови є однією з найбільш важливих складових інженерно-геодезичного обстеження мостової споруди. Цей вид робіт дозволяє отримати достовірну інформацію про фактичний технічний стан несучих елементів (балок) без впливу деформацій дорожнього одягу, напливів,

вибоїн та інших поверхневих нерівностей.

На відміну від знімання верхньої поверхні мостового полотна, нівелювання нижньої грані прогонової будови фіксує справжню геометрію конструкції - реальні прогини балок, деформації опорних частин, будівельний підйом або провисання споруди.

Роботи виконувалися методом геометричного нівелювання з використанням високоточного обладнання та спеціальних рейок (прямих і перевернутих), що дозволило провести вимірювання навіть за обмеженого доступу до нижньої поверхні балок.

Нівелювання низу прогонової будови здійснювалося на всій довжині пішохідного мосту через Русанівський канал між двома крайніми створами:

вісь опори 0 (зі сторони бульвару Ігоря Шамо);

вісь опори 1 (зі сторони проспекту Соборності).

Загальна довжина досліджуваної ділянки становить 101,79 м. Ділянка включає три характерні зони:

припідхідну ділянку до осі опори Б (27,862 м);

основний прогін між опорами Б та А (47,070 м);

заопорну ділянку після осі опори А (27,861 м).

Нівелірна сітка була побудована за матричною схемою з виконанням вимірювань на створах опор А та Б, а також у середньому перерізі прогону по кожній з поздовжніх ліній балок.

Аналіз отриманих абсолютних відміток низу прогонової будови показав чітку тенденцію загального поздовжнього нахилу споруди - поступове зниження висотних відміток у напрямку від бульвару Ігоря Шамо (опора 0) до проспекту Соборності (опора 1).

Таблиця 3.1

Поздовжня балка	Вісь опори 0 (бульв. І. Шамо)	Вісь опори А	Середина прогону	Вісь опори Б	Вісь опори 1 (просп. Соборності)	Загальний перепад ($H_0 - H_1$), м
Б1	98,16	97,25	98,25	97,19	98,01	0,15
Б2	98,19	97,24	98,24	97,19	98,03	0,16
Б3	98,19	97,24	98,27	97,20	98,05	0,14
Б4	98,17	97,24	98,28	97,21	98,05	0,12

Аналіз даних таблиці 3.1 свідчить про відносно стабільний стан прогонової будови в межах основного прогону. Найбільші перепади висот спостерігаються на підхідних ділянках. Загальний поздовжній нахил низу балок спрямований у бік проспекту Соборності (опора 1), що відповідає рельєфу місцевості.

Пішохідний міст через Русанівський канал демонструє стабільну просторову конфігурацію несучої конструкції. Зафіксовано чітко виражений поздовжній ухил низу балок у напрямку від бульвару Ігоря Шамо до проспекту Соборності. Поперечний профіль нижнього поясу прогонової будови зберігає правильну геометричну форму (двоскатність), що забезпечує ефективне відведення води.

У середині основного прогону виявлено незначні деформаційні прогини балок у межах 3–5 см. Отримані значення не є критичними, проте потребують обов'язкового зіставлення з гранично допустимими прогинами, встановленими чинними нормативними документами (ДБН) для даного типу залізобетонних конструкцій.

Висновок: У третьому розділі розроблено та реалізовано програму геодезичних робіт. Створено зйомочне обґрунтування на основі чотирьох опорних GNSS-точок і чотирьох тахеометричних станцій. Виконано детальне геометричне нівелювання мостового полотна та низу прогонової будови на загальній довжині 101,792 м.

За результатами нівелювання встановлено загальний поздовжній ухил мостового полотна $-1,36\%$, зафіксовано незначні прогини балок у середині прогону (3–5 см), а також локальні геометричні відхилення вздовж країв полотна, особливо в зоні деформаційних швів. Обробка матеріалів виконана в програмному комплексі CREDO з урівнюванням.

Отримані геодезичні матеріали (топографічний план, поздовжні профілі, поперечні перерізи) мають практичну цінність для оцінки технічного стану споруди та можуть бути використані при розробленні проєкту ремонту або реконструкції мосту, а також інтегровані в системи моніторингу міської інфраструктури.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі комплексно вирішено поставлені завдання щодо топографо-геодезичного забезпечення планового обстеження пішохідного мосту через Русанівський канал у м. Києві.

1. Висвітлено теоретичні основи геодезичного забезпечення обстеження інженерних об'єктів шляхом аналізу чинної нормативно-правової бази України. Встановлено, що основними регуляторними документами є ДБН В.2.3-6:2009 «Мости та труби. Обстеження і випробування», ДСТУ 9181:2022, ДСТУ 8903:2019, ДСТУ 8908:2019, ДБН В.1.2-14:2008 та інші. Проаналізовано сучасні методи геодезичного моніторингу інженерних споруд (геометричне та тригонометричне нівелювання, лінійно-кутові вимірювання тахеометрами, GNSS-технології, лазерне сканування, фотограмметрія). Показано, що комплексне застосування цих методів дозволяє з високою точністю виявляти деформації, прогини, зміщення та інші дефекти конструкцій, забезпечуючи надійну оцінку технічного стану мостових споруд.

2. Пішохідний балковий залізобетонний міст 1966 року побудови, розташований між бульваром Ігоря Шамо та проспектом Соборності в м. Києві. Міст характеризується загальною довжиною 101,79 м та шириною прохідної частини 4,54 м. Фізико-географічні умови району робіт визначаються помірно-континентальним кліматом Києва з значними сезонними температурними коливаннями, високою вологістю та циклами заморожування-відтавання, що впливають на стан залізобетонних конструкцій. Топографо-геодезична забезпеченість території є достатньою для виконання робіт у міських умовах. Зйомочне обґрунтування створено комбінованим методом з використанням GNSS-приймача AlphaGEO Matrix II (режим RTK) та електронного тахеометра Sokkia IM-102. Умови виконання робіт ускладнювалися щільною міською забудовою, наявністю пішохідного руху та обмеженим доступом до нижньої поверхні прогонової будови.

3. Топографо-геодезичні роботи планового обстеження розроблено та реалізовано відповідно до нормативних вимог. Виконано:

- створення зйомочного обґрунтування (4 опорні GNSS-точки + 4 тахеометричні станції, визначені методом оберненої засічки);
- топографо-геодезичну зйомку мосту та прилеглої території в масштабі 1:500;
- детальне геометричне нівелювання мостового полотна та низу прогонової будови вздовж поздовжніх і поперечних профілів;
- координування ключових конструктивних елементів (опор, балок, перил);
- побудову поздовжніх профілів, поперечних перерізів та аналіз геометричних параметрів.

За результатами нівелювання встановлено загальний поздовжній ухил мостового полотна $-1,36\%$, зафіксовано незначні прогини балок у середині прогону (3–5 см), локальні геометричні відхилення по краях полотна та в зоні деформаційних швів. Технічний стан споруди оцінено як обмежено працездатний з характерними дефектами (тріщини, корозія арматури, зношення покриття).

Отримані матеріали (топографічний план, профілі, цифрові моделі) можуть бути використані для розроблення проекту ремонту або реконструкції мосту, а також інтегровані в системи геоінформаційного моніторингу міської інфраструктури.

Результати роботи підтверджують ефективність комбінованого застосування GNSS- та тахеометричних технологій при обстеженні міських пішохідних мостів у щільній забудові. Подальші дослідження доцільно спрямувати на впровадження лазерного сканування та безпілотних технологій для створення повноцінного цифрового двійника споруди.

Таким чином, усі поставлені у роботі завдання виконано в повному обсязі. Бакалаврська кваліфікаційна робота має практичну спрямованість і може бути рекомендована до використання в інженерній практиці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.3-6:2009 Мости та труби. Обстеження і випробування.
2. ДБН В.2.3-22:2009 Мости та труби. Основні вимоги проектування.
3. ДБН В.2.3-14:2006 Мости та труби. Правила проектування.
4. ДБН В.1.2-15:2009 Мости та труби. Навантаження і впливи.
5. ДБН В 2.3-26:2010 Споруди транспорту. Мости та труби. Сталеві конструкції.
6. ДБН В.1.2-9:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека і доступність під час експлуатації.
7. ДСТУ-Н Б В.2.3-34:2016 Настанова з виконання робіт при будівництві мостів та труб.
8. ДБН В.1.2-9-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації.
9. ДБН В.2.3-20:2008 Мости та труби. Виконання та приймання робіт.
10. ДБН В.1.2-14 - 2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ.
11. ДБН А.2.1-1:2008 Вишукування, проектування і територіальна діяльність.
12. ДБН А.2.1-1-2008 "Інженерні вишукування для будівництва"
13. ДСТУ 9181:2022 Споруди транспорту. Мости автодорожні. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів.
14. ДСТУ 8751:2017 Безпека дорожнього руху. Огородження дорожні і напрямні пристрої. Правила використання. Загальні технічні вимоги.
15. ДСТУ 8903:2019 Мости автодорожні. Класифікація елементів.
16. ДСТУ 8908:2019 Автодорожні мости. Класифікація дефектів.
17. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Прогини і переміщення. Вимоги проектування.
18. Постанова КМУ № 257 від 12 квітня 2017 р. Про затвердження порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва.

19. Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово – комунального господарства України від 10 листопада 2017 року № 298. Формапаспорта об'єкта будівництва.

20. Коваленко Л.О., Ємець В.А. Інженерно-геодезичні роботи і виконавча зйомка монтажу прогонових будов мостів. Комунальне господарство міст. 2021. № 161. С. 124–128.

21. Пшінько О.М., Краснюк А.В., Громова О.В., Щербак А.С., Старосольська Т.В. Питання землеустрою та геодезичних вишукувань під час проектування та будівництва мостів. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. 2019. № 15. С. 70–77.

22. Types of Bridges: https://www.engineeringcivil.com/types-of-bridges.html?utm_source=chatgpt.com

23. Мости через Русанівський канал | КВІДО: <https://kyivpastfuture.com.ua/mosty-cherez-rusanivskyj-kanal/>

24. ДБН В.1.3-2:2010 "Геодезичні роботи у будівництві" https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199637436816688486?doc_type=2

25. ЦЕНТРАЛЬНА ГЕОФІЗИЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ ІМЕНІ БОРИСА СРЕЗНЕВСЬКОГО: <https://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/uk>

26. Geofix. GNSS AphaGeo Matrix II: <https://www.geofix.com.ua/shop>

27. УКРГЕО ПРОЕКТ Тахеометр SOKKIA iM-102: <https://ukrgeomc.com/>

28. Секція «Мости, конструкції та будівельна механіка» Збірник наукових праць 83-ї міжнародної студентської наукової конференції. Харків 2021 р. с 30-38 <https://rcf.khadi.kharkov.ua/fileadmin/>

29. К. І. Вяткін. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РЕКОНСТРУКЦІЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД. Харків 2018 р. с 36-39 <https://eprints.kname.edu.ua/>

30. М.М. Осетрін, Д.О. Беспалов, В.П. Тарасюк. МІСЬКІ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНІ СПОРУДИ. Київ 2022. с. 42-46 <https://library.knuba.edu.ua/>

ДОДАТКИ

Додаток А

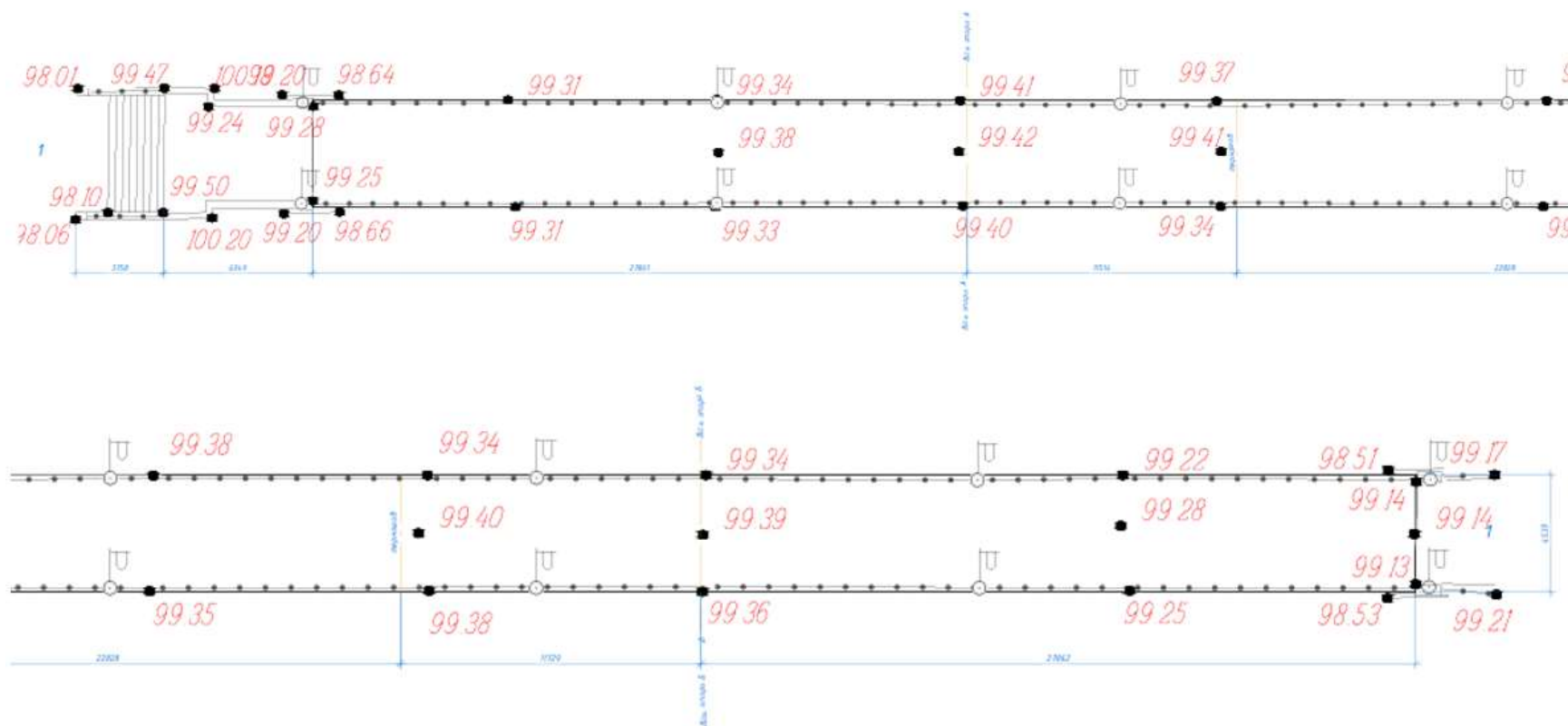
Фото геодезичних робіт на об'єкті планового обстеження



Нівелювання балок



Нівелювання мостового полотна



Повздовжній профіль та поперечний розріз опор

