

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

О. В. Афанасьєв

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ
ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2024

Афанасьєв О. В. Метрологічне забезпечення і контроль якості геодезичних робіт : конспект лекцій для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій / О. В. Афанасьєв ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 59 с.

Автор

канд. техн. наук, доц. О. В. Афанасьєв

Рецензент

С. Г. Нестеренко, кандидат технічних наук, доцент (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

Рекомендовано кафедрою земельного адміністрування та геоінформаційних систем, протокол № 22 від 28.06.2024.

© О. В. Афанасьєв, 2024

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
ТЕМА 1 ЗАКОНОДАВЧА ОСНОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ ТА МІЖНАРОДНОЇ МЕТРОЛОГІЇ.....	7
1.1 Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність».....	7
1.2 Аналіз міжнародних документів із метрології.....	9
ТЕМА 2 МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ГЕОДЕЗІЇ.....	12
2.1 Метрологічне забезпечення під час виконання геодезичних робіт.....	12
2.2 Обґрунтування інструментального забезпечення метрологічних досліджень.....	14
ТЕМА 3 СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ РОБІТ У ГЕОДЕЗІЇ.....	18
3.1 Дослідницькі положення забезпечення єдності вимірювань у геодезії.....	18
3.2 Класичні та сучасні методи контролю характеристик геодезичних приладів.....	21
ТЕМА 4 ВИМІРЮВАННЯ В ГЕОДЕЗІЇ.....	24
4.1 Вимірювання в геодезії.....	24
4.2 Види та обґрунтування помилок під час геодезичних вимірювань.....	28
ТЕМА 5 ДОСЛІДНИЦЬКА РОБОТА В ГЕОДЕЗІЇ.....	33
5.1 Планування та проведення наукових досліджень у геодезії.....	33
5.2 Подання результатів дослідження та формування висновків....	34

ТЕМА 6 ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ В НАУКОВО-ДОСЛІДНІЙ РОБОТІ.....	40
6.1 Оцінка достовірності результатів геодезичних вимірювань.....	40
6.2 Методи оцінки вимірювань під час експериментальних досліджень.....	42
ТЕМА 7 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ.....	44
7.1 Нормативно-правове регулювання якості.....	44
7.2 Постулати якості Едварда Демінга.....	45
ТЕМА 8 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ.....	50
8.1 Контроль якості геодезичних робіт.....	50
8.2 Міжнародний досвід управління якістю.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55

ВСТУП

Метою викладання навчальної дисципліни «Метрологічне забезпечення і контроль якості геодезичних робіт» є формування поглиблення та удосконалення теоретичних знань та практичних навичок, професійних вмінь щодо метрологічного забезпечення геодезичного виробництва.

Після вивчення курсу здобувач повинен вміти обґрунтовано здійснювати вибір необхідного геодезичного, фотограмметричного, навігаційного устаткування та обладнання для завдань геодезії та землеустрою, формувати метрологічне забезпечення та контроль виконаних робіт.

Дисципліна складається із трьох змістових модулів:

Змістовий модуль 1 Метрологічне забезпечення геодезичних вимірювань.

Проводиться аналіз сучасної нормативно-правової бази у сфері метрологічного забезпечення та визначаються її недоліки. Розглядаються дослідницькі положення забезпечення єдності вимірювань у геодезії. Обираються сучасні науково-методичні прийоми для забезпечення єдності вимірювань у геодезії з урахуванням класичних та сучасних методів контролю характеристик геодезичних приладів. Обґрунтовуються методи метрологічного та інструментального забезпечення метрологічних досліджень.

Змістовий модуль 2 Організація науково-дослідної роботи під час геодезичних вимірювань.

Досліджуються вимірювання в геодезії, види та обґрунтування помилок під час геодезичних вимірювань. Визначаються методи оцінки геодезичних вимірювань. Вивчаються особливості планування досліджень, обробка та відтворення результатів досліджень, використання результатів вимірювань у науково-дослідній роботі у сфері геодезії. Проводиться розрахунок критерію Кохрена для перевірки відтворюваності геодезичних вимірювань.

Змістовий модуль 3 Контроль якості геодезичних робіт.

Проводиться аналіз нормативно-правового забезпечення з питань регулювання якості геодезичних вимірів. Вивчаються методи забезпечення якості геодезичних робіт. Досліджуються види, методи та засоби контролю якості геодезичних робіт з урахуванням міжнародного досвіду управління якістю. Конспект лекцій запропоновано для аспірантів та докторантів спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій.

ТЕМА 1 ЗАКОНОДАВЧА ОСНОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ ТА МІЖНАРОДНОЇ МЕТРОЛОГІЇ

План

1.1 Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність».

1.2 Аналіз міжнародних документів із метрології.

1.1 Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність»

Законодавчою основою національної метрологічної системи є Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» 05.06.2014 № 1314-VII [1]. Цей Закон регулює відносини, що виникають у процесі провадження метрологічної діяльності.

Відповідно до ст. 3 [1] топографо-геодезичні, картографічні та гідрометеорологічні роботи, роботи із землеустрою належать до сфери законодавчо регульованої метрології.

Сферою законодавчо регульованої метрології відповідно до [1] є види діяльності, щодо яких з метою забезпечення єдності вимірювань та простежуваності здійснюється державне регулювання стосовно вимірювань, одиниць вимірювання та засобів вимірювальної техніки.

У цілому законодавство України про метрологію та метрологічну діяльність складається з [1] та інших нормативно-правових актів, що регулюють відносини у цій сфері.

Слово «метрологія» складається з двох грецьких слів «metron» – міра та «logos» – наука і дослівно перекладається як наука про міри.

Предметом метрології є витяг кількісної інформації про властивості об'єктів і процесів із заданою точністю і достовірністю.

Засоби метрології – це сукупність засобів вимірювань і метрологічних стандартів, що забезпечують їхнє раціональне використання.

Основним поняттям метрології є вимірювання, що становить знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних приладів і їхнє порівняння з еталонами.

Якщо основним поняттям метрології є вимірювання, то досягнення єдності вимірювань та відповідної точності є основним і першочерговим її завданням.

Необхідні засади для забезпечення єдності вимірювань у державі створює Метрологічна система України [1].

Точність вимірювань – ступінь наближення результатів вимірювання до істинного значення вимірюваної величини.

Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» складається з основних розділів [1]:

- Розділ I Загальні положення;
- Розділ II Одиниці вимірювання. Національні еталони. Вимірювання. Засоби вимірювальної техніки;
- Розділ III Національна метрологічна служба;
- Розділ IV Оцінка відповідності та перевірка засобів вимірювальної техніки;
- Розділ V Метрологічний нагляд;
- Розділ VI Калібрування;
- Розділ VII Фінансування метрологічної діяльності;
- Розділ VIII Визнання результатів метрологічних робіт, проведених в інших державах;
- Розділ IX Відповідальність за порушення законодавства про метрологію та метрологічну діяльність;
- Розділ X Прикінцеві та перехідні положення

1.2 Аналіз міжнародних документів із метрології

У різних країнах світу є власні закони, що регламентують метрологічну діяльність. У Великобританії це закон «Про міри та ваги»; у Німеччині – стаття 73 Конституції країни, Закон «Про вимірювальну справу і перевірку» та Закон «Про одиниці вимірювань і вимірювальну справу». У США питання метрологічної діяльності регламентуються Конституцією (розд. 8, ст. 1) і Законом «Про метричну систему», Законом «Про фасування і зберігання товарів» та інші; у Франції – Законом «Про метричну систему і перевірку коштів вимірювань»; у Японії – «Закон про вимірювання» [2].

У Великобританії основним науковим метрологічним центром є Національна фізична лабораторія.

Основні напрямки розвитку сучасної метрології дає можливість сформулювати аналіз європейських програм із метрології, а також інших міжнародних документів, насамперед Консультативних комітетів Міжнародного комітету мір та ваг (CIPM), [3].

ННЦ «Інститут метрології» м. Харкова, аналізуючи основні напрями розвитку метрології, сьогодні спирається на такі міжнародні документи [3]:

- Дослідницькі програми Європейської асоціації національних метрологічних інститутів (EURAMET) з метрології (EMRP, EMPIR);
- Документ стратегічного планування Консультативного комітету з електрики та магнетизму ССЕМ «Великі проблеми в електромагнетизмі»;
- «Mise en pratique» (практичні рекомендації) за видами вимірювань;
- Reports (звіти) Президентів Консультативних комітетів за видами вимірювань.

Переважно всі вони спрямовані на реалізацію реформи Міжнародної системи одиниць SI (New SI), перевизначенню та відтворюванню основних семи фізичних величин системи SI (метр, кілограм, секунда, Ампер, Кельвін, кандела, моль).

Відповідно до зробленого аналізу [3] сьогодні в методології відтворення одиниць домінують квантові методи, мікро- і нанотехнології, які використовуються для:

- відтворення одиниць часу, частоти і довжини; відтворення одиниці електричних величин на постійному і змінному струмі;
- створення природного еталона кілограма;
- вимірювання «шуму Джонсона» у шумовій термометрії;
- відтворення одиниці сили світла – кандели;
- створення комерційних квантових ЗВТ, а не тільки еталонних.

Не менш важливим є впровадження міжнародних стандартів, особливо в тих сферах, де відсутні національні стандарти. В існуючих сьогодні сферах перехід із національних стандартів на європейські є або дуже важкий, або неможливий зовсім через необхідність перебудови окремого виробництва або всієї галузі цілком. Більш реальним тут є створення або використання міжнародної нормативної бази під впровадження нових або сучасних напрямків виробництва з використанням новітніх технологій.

У геодезії, як і в інших галузях також, технічний та технологічний розвиток призвів до появи нових приладів, переважно електронних, що, з одного боку, покращує точність вимірювань та робить їх значно простішими (наприклад, щодо зчитування показань приладів і обробки результатів вимірювань), а з іншого – державна система стандартизації в різних країнах світу значно повільніша, ніж робота приватних корпорацій та підприємств з проектування та виготовлення як приладів загалом, так і комплектуючих до них. Постійно з'являються нові прилади та принципи їхньої роботи, дуже значна частина яких складає комерційну таємницю виробника і державні органи стандартизації не мають змоги наводити в стандартах конкретні принципи і навіть характеристики, що призводить до узагальнення цих питань у нормативних документах.

Контрольні запитання

1. Що слугує законодавчою основою національної метрологічної системи України?
2. Назвіть міжнародні документи в галузі метрології.
3. Основне поняття метрології.
4. Основні завдання Метрологічної системи України відповідно до Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність».
5. З якими проблемами стикаються метрологічні служби в інших країнах світу?

ТЕМА 2 МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ГЕОДЕЗІЇ

План

2.1 Метрологічне забезпечення під час виконання геодезичних робіт.

2.2 Обґрунтування інструментального забезпечення метрологічних досліджень.

2.1 Метрологічне забезпечення під час виконання геодезичних робіт

Метрологічне забезпечення – це комплекс організаційно-технічних заходів, який забезпечує визначення з потрібною точністю характеристик виробів, вузлів, деталей, матеріалів і сировини, параметрів технологічних процесів і обладнання та дає змогу досягти підвищення якості продукції і зниження невиробничих затрат на її розроблення та виробництво.

Починаючи з науково-дослідних та експериментально-конструкторських робіт, метрологічне забезпечення охоплює всі стадії життєвого циклу продукції [6]:

- аналіз стану вимірювань;
- встановлення раціональної номенклатури вимірювальних величин та використання засобів вимірювання належної точності;
- здійснення повірки та калібрування засобів вимірювання;
- розроблення методик виконання вимірювань для забезпечення встановлених норм точності;
- здійснення метрологічної експертизи конструкторської і технологічної документації;
- акредитацію на технічну компетентність;
- здійснення метрологічного нагляду.

Науковою основою метрологічного забезпечення є метрологія.

Технічною – система державних еталонів, одиниць фізичних величин, зразкових і робочих засобів вимірювань.

Метрологічне забезпечення у геодезії відіграє ключову роль, забезпечуючи точність та надійність вимірів, що використовуються під час створення карт, кадастрових розмежувань, будівництва, а також в інших геодезичних та топографічних роботах.

Основним завданням метрології є визначення значень фізичних величин практичним шляхом. Геодезична метрологія – це її частина, пов'язана з вимірами в геодезії та топографії.

Засобами метрологічного забезпечення є геодезичні зразки, включаючи геодезичні мережі та пункти полігону, вини і є технічною базою для проведення метрологічних робіт.

У геодезії метрологічне забезпечення направлене на встановлення та застосування сучасних науково-методичних прийомів, норм і правил, що необхідні для досягнення основного поняття метрології (досягнення єдності і достовірності вимірювань).

З цією метою виконують метрологічне обслуговування приладів, що включає:

– випробування, що становить сукупність експериментальних операцій, які проводяться з метою встановлення відповідності приладу своїм технічним параметрам, розмірам і характеристикам, вимогам нормативно-технічної документації. Під час випробувань контролюється весь комплекс параметрів і характеристик. Розрізняють приймальні та контрольні випробування;

– метрологічну атестацію, що становить сукупність експериментальних операцій, які проводяться з метою встановлення відповідності приладів своєму призначенню і виявлення його метрологічних характеристик. Метрологічній атестації підлягають прилади, які ввозяться із-за кордону та нестандартні засоби вимірювань;

– дослідження, що становлять сукупність експериментальних операцій або теоретичних прийомів, які направлені на вивчення конкретних характеристик і властивостей приладу, або визначення залежності параметрів від зміни діючих факторів;

– перевірку, що становить сукупність експериментальних операцій, які направлені на здійснення контролю метрологічної справності приладу. Під час перевірки приладу тільки метрологічної (ті, характеристики, які мають відношення до метрологічної справності приладу). Розрізняють державну або відомчу перевірку засобів вимірювань.

Метрологічна справність – це такий стан приладу, за якого його метрологічні характеристики відповідають встановленим вимогам.

Складовими елементами перевірки виступають такі поняття, як:

- метод – сукупність правил і технічних прийомів проведення перевірки;
- засіб – прилади, стенди, пристрої, які призначені для контролю метрологічних характеристик приладів, що перевіряються;
- операція перевірки – визначення фактичного значення метрологічної характеристики приладу, що перевіряється.

Геодезичні прилади в процесі експлуатації або заводі під час виготовлення або після ремонту перевіряються відомчою метрологічною службою.

Методи та засоби перевірки геодезичних приладів у процесі експлуатації встановлені інструкцією.

2.2 Обґрунтування інструментального забезпечення метрологічних досліджень

Геодезичні виміри виконуються у різних умовах, з різними типами інструментів від різних виробників. Щоб отримати єдині результати, використовується система стандартизації засобів та методів вимірювань.

У геодезії метрологічне забезпечення відіграє важливу роль, забезпечуючи точність та надійність вимірів. Для досягнення цього завдання використовуються такі методи:

- визначається необхідна точність вимірювань для практичних цілей. Це важливо, щоб результати відповідали вимогам завдань, що виконуються у геодезії;

- щоб досягти необхідної точності, необхідно обрати оптимальні засоби та методи робіт, включаючи вибір конкретних інструментів, технологій і приладів;

- опрацювання отриманих даних. Метрологічні методики включають способи обробки вимірювань із метою отримання оптимальних результатів;

- геодезичні прилади, такі як нівеліри, тахеометри та GPS-приймачі, регулярно проходять перевірку та калібрування. Це дозволяє підтвердити їхню точність і коректність вимірювань;

- порівняння вимірів з еталонами (наприклад, геодезичними мережами або інварними рейками) допомагає встановити точність та узгодженість результатів.

Інструментальне забезпечення у геодезії відіграє ключову роль, забезпечуючи точність та надійність вимірів. Сучасні геодезичні засоби вимірювань використовують у своїх конструкціях цифрові інформаційно-вимірювальні системи, лазерні технології та напівпровідникові прилади, які включають прилади із зарядовим зв'язком, оптоелектронні прилади та інші.

Сучасні геодезичні інструменти включають цифрові інформаційно-вимірювальні системи, лазерні технології та напівпровідникові прилади. Вони забезпечують високу точність та автоматизацію геодезичних робіт.

Засоби спостережень та замірів дозволяють вирішувати завдання від геометричних побудов на землі до кадастрових розмежувань і картографічних робіт.

Технічну базу метрологічних робіт складають:

– геодезичні зразки (включаючи геодезичні мережі та пункти полігону), спеціалізоване контрольно-перевірочне обладнання та високоточні засоби вимірювань є основою для метрологічних досліджень;

– повірка та калібрування геодезичних приладів, що забезпечує точність та надійність вимірів.

На відміну від традиційних оптичних геодезичних приладів сучасні цифрові нівеліри та електронні тахеометри мають високі технічні характеристики та широкий спектр вбудованих програм, що мають змогу автоматично враховувати ряд інструментальних похибок. Під час використання традиційних оптичних геодезичних приладів врахувати ці помилки було неможливо, оскільки багато в чому вони були пов'язані з людським фактором.

На жаль, ні в технічній документації від виробника, ні на офіційних сайтах такі джерела похибок електронних тахеометрів, як ексцентриситет алідади штрих-кодового лімба, внутрішньокрокова похибка нанесення штрих-коду на рейки цифрового нівеліру, а також на лімби електронного тахеометру та похибки відрахування напрямків та ін. не розглядаються.

Метрологічними характеристиками теодолітів та тахеометрів, що впливають на точність вимірювання горизонтальних та вертикальних кутів є середня квадратична похибка вимірювання горизонтального чи вертикального кутів одним повним прийомом.

Сьогодні практично всі сучасні геодезичні прилади є автономними системами, які можуть виправлятися безпосередньо виконавцем внаслідок виконання поточних та метрологічних досліджень та перевірок.

Виходячи з наведеного вище можна зробити висновок, що розробка методик та проведення досліджень основних інструментальних похибок сучасних цифрових нівелірів та електронних тахеометрів є актуальним завданням для науковця відповідного напрямку.

Контрольні запитання

1. Що таке метрологічне забезпечення в геодезії?
2. Що є засобами метрологічного забезпечення в геодезії?
3. Що містить метрологічне обслуговування приладів у геодезії?
4. Яку роль у геодезії відіграє метрологічне забезпечення?
5. Які наукові дослідження в напрямі метрологічного забезпечення в геодезії є найбільш актуальними та перспективними?

ТЕМА 3 СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ РОБІТ У ГЕОДЕЗІЇ

План

3.1 Дослідницькі положення забезпечення єдності вимірювань у геодезії.

3.2 Класичні та сучасні методи контролю характеристик геодезичних приладів.

3.1 Дослідницькі положення забезпечення єдності вимірювань у геодезії

Відповідно до [1] єдність вимірювань – стан вимірювань, за якого їхні результати виражаються в одиницях вимірювання, а характеристики похибок або невизначеності вимірювань відомі з певною ймовірністю і не виходять за встановлені межі.

Якщо метрологія – наука про вимірювання та їхнє застосування, то метрологічна діяльність – діяльність, пов’язана із забезпеченням єдності вимірювань [1].

Усе світове суспільство в метрологічному напрямку постійно вирішує наукові та методичні питання, пов’язані з єдністю вимірювань. Ця задача вирішується передусім на державному рівні, що також повинно забезпечувати ефективну роботу метрологічних інститутів та лабораторій.

У країнах Західної Європи забезпеченню єдності вимірювань та розв’язанню інших метрологічних проблем сприяє діяльність ЕВРОМЕТ.

Єдність вимірів – якісна характеристика, що полягає в вираженні результатів у законних одиницях, розміри яких дорівнюють розмірам відтворених величин, а похибки результатів вимірів відомі з заданою ймовірністю та не виходять за встановлені межі. Необхідна єдність вимірювання

для порівняння результатів вимірювань, що отримані в різний час у різних місцях за допомогою різних засобів та методів вимірювання.

У геодезії для досягнення єдності і достовірності вимірювань необхідне певне метрологічне забезпечення, що направлене на встановлення і застосування сучасних науково-методичних прийомів, правил і норм.

Метрологічне обслуговування геодезичних приладів ведеться через систему випробування, метрологічної атестації, досліджень і перевірок.

Під час дослідження геодезичних приладів виконується сукупність операцій або теоретичних прийомів, направлених на визначення залежності параметрів від зміни діючих факторів, або вивчення конкретних характеристик і властивостей приладу.

Сукупність правил і технічних прийомів проведення перевірки приладу складають метод перевірки. Наприклад, прилад можна перевірити, знаючи величину, що була виміряна раніше еталонним вимірним приладом.

Державна система забезпечення єдності вимірювань полягає в керуванні державою суб'єктів, норм, засобів і видів діяльності із забезпечення заданого рівня єдності вимірювань у країні. Вона встановлює вимоги до еталонів одиниць фізичних величин та до систем передачі розмірів одиниць фізичних величин робочим засобам вимірювання.

Забезпечення єдності вимірювань у геодезії може здійснюватися на державному рівні та на рівні органів виконавчої влади.

На загальнодержавному рівні для вирішення завдань із забезпечення єдності вимірювань створюються відповідні правові, нормативні, організаційні, технічні та економічні умови.

Із основних загальних завдань [4] із забезпечення єдності вимірювань для геодезії можна виділити такі:

– організація і проведення фундаментальних наукових досліджень з метою створення досконаліших і точніших методів і засобів відтворення одиниць і передавання їхніх розмірів;

– встановлення системи одиниць величин і шкал вимірювань, що допускаються до застосування;

– встановлення систем передачі розмірів одиниць фізичних величин від державних еталонів до робочих засобів вимірювань;

– встановлення загальних метрологічних вимог до еталонів, ЗВТ, методик виконання вимірювань, методик повірки (калібрування) ЗВТ і всіх інших вимог, дотримання яких є необхідною умовою забезпечення єдності вимірювань;

– акредитація повірочних, калібрувальних, вимірювальних, випробувальних і аналітичних лабораторій;

– участь у роботі міжнародних організацій, діяльність яких пов'язана із забезпеченням єдності вимірювань.

Об'єктами діяльності із забезпечення єдності вимірювань у геодезії є [4]:

– сукупність узаконених одиниць фізичних величин і шкал вимірювань;

– відтворення і передача розмірів одиниць фізичних величин і шкал вимірювань;

– способи і форми подання результатів вимірювань і характеристики похибки (невизначеності);

– методи оцінювання похибок і невизначеностей вимірювань;

– комплекс нормованих метрологічних характеристик ЗВТ;

– порядок проведення повірки і калібрування ЗВТ;

– порядок ліцензування діяльності юридичних і фізичних осіб щодо виготовлення, ремонту, продажу і прокату ЗВТ;

– порядок акредитації повірочних, калібрувальних, вимірювальних, випробувальних і аналітичних лабораторій,

– терміни і визначення за видами вимірювань;

– методики повірки (калібрування) ЗВТ;

– методики виконання вимірювань.

Для забезпечення єдності лінійних вимірювань у геодезичних мережах одиниці довжини переводяться зі стандартних у практичні вимірювальні

прилади (оптичні далекоміри, електронні тахеометри, лазерні рулетки та інші пристрої).

3.2 Класичні та сучасні методи контролю характеристик геодезичних приладів

Одним із основних понять системи метрологічної служби є перевірка, що становить серію експериментальних процедур, спрямованих на контроль вимірювальних можливостей пристрою.

Метрологічна справність приладу – стан виробу, метрологічні властивості якого відповідають встановленим вимогам.

На відміну від випробувань під час перевірки пристрою контролюється не вся сукупність параметрів та характеристик, встановлених у нормативно-технічних документах, а ті, які пов'язані з метрологічною придатністю пристрою.

Геодезичне обладнання перевіряється відомчою метрологічною службою підприємства-виробника під час випуску з виробництва та після ремонту.

Способи та засоби перевірки геодезичного обладнання у процесі експлуатації встановлюються затвердженими інструкціями.

До засобів перевірки геодезичних приладів відносяться:

- польовий контрольний базис;
- екзаменатор МК-1;
- контрольна лінійка тощо.

Перевірки бувають:

- періодичними;
- позачерговими;
- інспекційними;
- експертними.

Для забезпечення стабільної роботи приладів під час проведення геодезичних робіт необхідний систематичний контроль геометричних та оптико-механічних характеристик інструментів, а також усунення відхилень у процесі експлуатації. На всіх стаціонарних об'єктах та місцях дислокацій експедицій рекомендується облаштовувати польові компаратори. Це потрібно для регулярного контролю світлодомірів, GPS-приймачів, електронних тахеометрів і теодолітів та нівелірів, незалежно від їхнього класу точності. Питанням метрологічного забезпечення організації геодезичних робіт надається велике значення.

Метрологічну атестацію геодезичних приладів проводять акредитовані метрологічні лабораторії, де перевірку приладів проводять спеціалісти-метрологи.

Визначення координат із високою точністю сьогодні можливе завдяки супутниковим спостереженням. Досягнення високої точності залежить від супутникової апаратури та методичної складової, що включає метрологічну атестацію та перевірку апаратури.

Особливість метрологічної атестації супутникових приймачів полягає в атестації як самого приладу (приймача та антени), так і програмного забезпечення для обробки результатів спостережень. У геодезичному виробництві також застосовують такі прилади, як електронні світлодоміри, електронні тахеометри, цифрові нівеліри, які вимагають метрологічного контролю.

Для випробування сучасної вимірювальної техніки, її метрологічної атестації та повірки, а також для дослідження та вдосконалення нових технологій доцільно мати спеціальний еталонний полігон. Зараз науковий геодезичний полігон є локальною геодезичною мережею з метрологічними об'єктами.

Науковий геодезичний полігон містить два об'єкти вимірів: приклади лінійних геодезичних баз та базову геодезичну мережу.

Процедури польових випробувань геодезичних та топографічних приладів виконуються відповідно до ДСТУ ISO 17123-8 [5].

Контрольні запитання

1. Як вирішується задача забезпечення єдності вимірювання в Україні та світі?
2. У чому полягає державна система забезпечення єдності вимірювань?
3. Як забезпечують єдність і достовірність вимірювань у геодезії?
4. Ким виконується перевірка геодезичного обладнання?
5. Які особливості метрологічної атестації супутникових приймачів?

ТЕМА 4 ВИМІРЮВАННЯ В ГЕОДЕЗІЇ

План

4.1 Вимірювання в геодезії.

4.2 Види та обґрунтування помилок під час геодезичних вимірювань.

4.1 Вимірювання в геодезії

Вимірювання – знаходження значень фізичних величин дослідним шляхом або за допомогою спеціальних технічних засобів.

Одиниця виміру – фізична величина певного розміру, прийнята для кількісного відображення однорідних з нею величин.

Існує вимірне значення величини і справжнє. Вимірювати якусь фізичну величину Q – означає порівняти її з іншою величиною U , що прийнята за одиницю виміру і висловити першу в частинах останньої в математичній формі.

Основне рівняння вимірювань:

$$Q = q \cdot U,$$

де Q – значення фізичної величини в прийнятих одиницях, що показує, у скільки разів Q більше або менше U ;

U – одиниця фізичної величини.

На рисунку 3 наведені види вимірювань.

Вимірювання бувають прямі, непрямі, спільні та сукупні.

Прямі вимірювання – це експериментальне порівняння вимірюваної величини або відлік показань вимірювального приладу, що безпосередньо дає значення вимірюваної величини. Наприклад, вимірювання розмірів виробів

рулеткою з поділками, температуру термометром, обсягу сипучих матеріалів мірником.

Непрямі вимірювання одержують на підставі прямих вимірювань величин, зв'язаних із вимірюваною відомою залежністю. Як приклад такого вимірювання можна навести вимірювання дуг меридіанів і паралелей та вимірювання кута між дотичними до меридіана (рис. 1). За результатами таких вимірювань можна визначити значення часткових масштабів по меридіану і паралелі m і n , що виражені в одиницях головного масштабу (формули (4.1) і (4.2)).

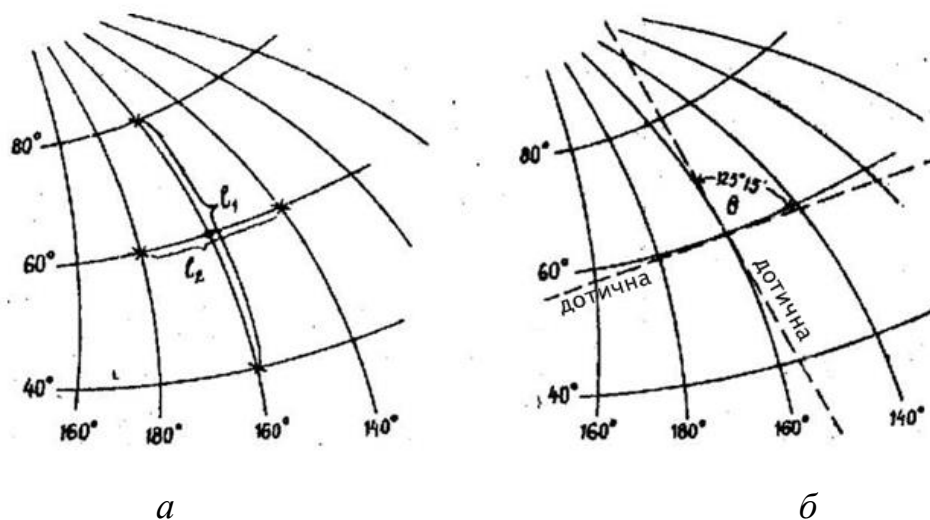


Рисунок 1 – Вимірювання дуг і кутів:

a – вимірювання дуг меридіанів і паралелей; $б$ – вимірювання кута між дотичними до меридіана

$$m = (l_1 \cdot M_{гол}) / L_1, \quad (4.1)$$

$$n = (l_2 \cdot M_{гол}) / L_2, \quad (4.2)$$

де l_1 і l_2 – довжини дуг меридіана і паралелі, виміряні на карті, мм;
 L_1 і L_2 – довжини відповідних дуг меридіана і паралелі на еліпсоїді;
 $M_{гол}$ – знаменник головного масштабу.

Спільні вимірювання – одночасні вимірювання двох або декількох різноіменних величин для знаходження залежності між ними.

Сукупні вимірювання – проведені одночасно вимірювання декількох однойменних величин, за яких шукані значення знаходять рішенням системи рівнянь, що одержані під час прямих вимірювань різних сполучень цих величин.

Під час сукупних вимірювань шукані значення різноіменних величин визначаються шляхом розв'язання системи рівнянь, що зв'язує значення шуканих величин із безпосередньо виміряними величинами.

$$F_1(N_1, N_2, N_3, \dots, X_1, X_2, X_3, \dots) = 0$$

$$F_2(N_1, N_2, N_3, \dots, X_1', X_2', X_3', \dots) = 0,$$

де N_1, N_2, N_3 – величина, що знаходиться;

X_1, X_2, X_3 – вимірні величини.

В основі непрямих, спільних і сукупних вимірювань лежать прямі вимірювання.

Для оцінки точності використовують результати повторних вимірювань.

Точність та передача кількісного відображення одиниць вимірювань до робочих засобів вимірювань забезпечується за допомогою еталонів.

Під час вирішення геодезичних завдань використовують дві фізичні величини: довжину і кут. У зв'язку з цим у геодезії найважливішими є лінійні, кутові й висотні вимірювання.

Під час кутових вимірювань за допомогою геодезичних приладів визначають значення горизонтальних та вертикальних кутів. Під час висотних вимірювань визначають абсолютні висоти точок та перевищення між ними.

Геодезичні вимірювання – це процес знаходження виконавцем або реєструвальним обладнанням значення фізичної величини об'єкта за допомогою технічних засобів з урахуванням впливу навколишнього середовища.

До геодезичних вимірів відносять такі:

– кутові;

- лінійні;
- нівелірні;
- координатні;
- гравиметричні.

Під результатом геодезичного виміру мається на увазі кінцевий результат, який виходить у процесі всіх вироблених вимірів та обчислень.

До методів геодезичних вимірювань, що використовуються для визначення координат, відстаней та висот, можна віднести такі:

1. Лінійні методи застосовуються визначення відстаней між точками. Для цього використовують:

- металеву рулетку;
- мірну стрічку (зараз вона рідко застосовується, у деяких випадках залишається актуальною);
- базовий прилад (схожий на мірну стрічку, але має велику довжину, до 24 метрів, і складається з інварного дроту);
- оптичний далекомір – високоточний геодезичний прилад, що визначає довжини в межах 100–300 метрів із мінімальною похибкою;
- світлодомір – найточніший, працює за імпульсним принципом, вимірює відстань на основі часу проходження світлового сигналу.

2. Кутові методи. Спрямовані визначення горизонтальних чи вертикальних кутів. Для цього використовуються теодоліти та тахеометри.

3. Висотні методи (нівелювання). За необхідності визначення перевищень точок з інших використовуються висотні методи. Вони включають геометричне, тригонометричне або гідростатичне нівелювання. Прилад для таких робіт називається нівеліром.

4. Координатні методи. Координатні методи дозволяють визначити координати точок розташування. Сюди входять тахеометрична зйомка та супутникові спостереження, які активно застосовують у багатьох ситуаціях.

Важливо пам'ятати, що успішні геодезичні виміри вимагають не тільки сучасного обладнання, а й досвіду та навичок фахівця.

4.2 Види та обґрунтування помилок під час геодезичних вимірювань

За точністю геодезичні вимірювання виконуються в діапазоні $1-3 \cdot 10^{-3}$ до $0,5-2 \cdot 10^{-6}$.

У технічних процесах топографо-геодезичних робіт точність вимірів визначають класом вимірювальних робіт.

Для триангуляції це 1, 2, 3 і 4 класи.

Для трилатерації – 1, 2, 3 і 4 класи.

Для полігонометрії – 1, 2, 3 і 4 класи, 1 та 2 розряди.

Нівелювання – 1, 2, 3 і 4 класи.

Теодолітні ходи 1 та 2 розрядів і підвищеної точності.

Відповідно до наведеної класифікації геодезичні вимірювання можна поділити на високоточні, точні, що містять середню точність, малої точності (технічні). Точність геодезичних вимірів пов'язана з вибором із засобом вимірювання.

Для геодезичних вимірювань характерні три види помилок:

- грубі – виникнення грубих помилок залежать від виконавця робіт;
- систематичні – що виникають з вини інструментів;
- випадкові.

Деякі з найпоширеніших помилок, що можуть вплинути на точність результатів:

- помилки приладу. Недосконалість самого вимірювального інструменту може призвести до похибок. Це може бути пов'язане з неточним юстируванням, деформацією шкали або зміщенням нуля;

– помилки довкілля. Зовнішні фактори, такі як вітер, температура, вологість та освітлення можуть впливати на точність вимірювань. Наприклад, атмосферні умови можуть спотворювати оптичні виміри;

– помилки людини. Неправильне встановлення приладу, неправильне читання шкали або неуважність можуть призвести до помилок. Геодезисти повинні бути уважними та дотримуватися інструкцій;

– помилки при обробці даних. Неправильне оброблення вимірних даних може призвести до спотворення результатів. Важливо правильно аналізувати та інтерпретувати отримані значення;

– помилки під час вибору методу вимірювання. Неправильний вибір методу вимірювання для конкретного завдання може призвести до недостатньої точності.

Важливо розуміти, що в геодезії немає абсолютно точних вимірів, і всі результати мають певну похибку. Тому під час виконання геодезичних робіт необхідно враховувати можливі помилки та вживати заходів для їхньої мінімізації.

Результати геодезичних вимірювань залежать від засобів і методів, від технічної точності.

Обробка результатів геодезичних вимірювань наведена на рисунку 2.

Якщо геодезичні роботи виконувалися за допомогою оптичних геодезичних приладів, обчислення доцільно виконувати у дві руки. При цьому, контрольні обчислення виконуються безпосередньо в процесі виконання робіт.

Контрольні обчислення в геодезії виконують з метою встановлення точності вимірювань та їхньої відповідності вимогам діючих нормативних документів.

Математична обробка геодезична вимірювань виконується в прийнятій проекції та системі координат і висот.



Рисунок 2 – Обробка результатів геодезичних вимірювань

Оцінити результати вимірювань можна завдяки точності та достовірності. Остання вказує на ступінь довіри до результатів вимірювання та забезпечується многократним повторенням результатів вимірювань. Після зменшення похибок збільшується точність та достовірність вимірювань.

Серед методів оцінки можна виділити:

– інтервальну оцінку, де використовується вибірка вимірених значень і нормальний закон розподілу (рис. 3). Порядок розрахунку статистичних характеристик і перевірки статистичної однорідності виконують відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.3-1;

– початкове встановлення мінімальних результатів вимірів. Велика кількість вимірювань не завжди є доцільна і доволі часто призводить до перевищення фінансових витрат і часу дослідника. Саме тому важливо знайти оптимальне значення кількості вимірювань, яке одночасно буде і мінімальним. Разом із тим необхідний мінімальний результат у багатьох випадках необхідно встановити до проведення експерименту. Дослідник повинен бути впевнений в достовірності отриманого необхідного мінімуму й одночасно впевнений в тому, що цей мінімум також є і оптимумом;

– виключення грубих помилок. Під час виконання великої кількості вимірювань в одному експерименті необхідно уникати грубих помилок. Результати вимірювань з виявленими грубими помилками повинні буди

виключені з подальшої обробки після переконання в тому, що це є дійсно груба помилка, а не середньо-статистичне відхилення;

– визначення оптимальної зони вимірювання. У результаті такого методу оцінки вимірювань встановлюються оптимальні інтервали умов, у межах яких будуть виконуватися виміри. Наприклад, встановлюється температурний інтервал або діапазон кута повороту стрілки приладу тощо;

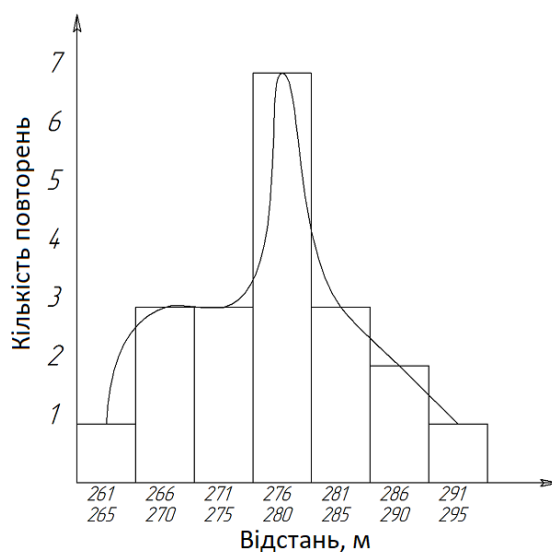


Рисунок 3 – Гістограма розподілу виміряних відстаней з обраної вибірки чисел

– перевірка відтворюваності вимірювань. За такої перевірки необхідно провести серію однакових вимірювань та розрахувати критерій Кохрена, за допомогою якого і оцінюють відповідність.

Для довідки. Критерій Кохрена використовують для порівняння трьох і більше вибірок однакового обсягу n . Розходження між дисперсіями вважається випадковим при вибраному рівні значущості ρ , якщо

$$G < G_{1-\rho}(m, f), \quad (5.1)$$

де $G_{1-\rho}(m, f)$ квантиль випадкової величини G при числі дисперсій m і числі степенів свободи $f = n - 1$.

Дисперсія – це міра розсіяння значень випадкової величини відносно середнього значення розподілу. Більші значення дисперсії свідчать про більші відхилення значень випадкової величини від центра розподілу.

Квантиль у математичній статистиці – значення, яке задана випадкова величина не перевищує фіксованою ймовірністю. Якщо ймовірність задана у відсотках, квантиль називається процентилям або перцентилем.

Контрольні запитання

1. Дайте поняття вимірюванню та одиниці виміру.
2. Назвіть види вимірювань.
3. Як оцінюють точність вимірювань?
4. Що таке геодезичні вимірювання?
5. Від чого залежать результати геодезичних вимірювань?

ТЕМА 5 ДОСЛІДНИЦЬКА РОБОТА В ГЕОДЕЗІЇ

План

5.1 Планування та проведення наукових досліджень у геодезії.

5.2 Подання результатів дослідження та формування висновків.

5.1 Планування та проведення наукових досліджень у геодезії

Дослідницька робота в геодезії направлена на:

- планування основних етапів проведення наукових досліджень;
- аналіз та інтерпретацію літературних та експериментальних даних;
- проведення сучасних методів дослідження;
- написання та видання наукових публікацій;
- оформлювання результатів дослідження та формулювання висновків.

Дослідницька робота в геодезії спирається на такі методи досліджень:

- аналітичний;
- системний аналіз;
- лабораторний експеримент;
- моделювання;
- вимірювання;
- порівняння.

Основною складовою будь-якого наукового дослідження є вимірювання.

Вирішенням теоретичних і практичних питань щодо вимірювань займається метрологія.

Вимірювальні роботи під час експериментальних досліджень необхідно проводити геодезичними вимірювальними приладами, що пройшли метрологічну перевірку. Безпосередньо саме дослідження необхідно проводити відповідно до встановленого попередньо плану та обраної методики. Залежно від

поставлених перед дослідником завдань, використовуються як стандартні методики для випробувань, так і оригінальні. Якщо дослідницьку роботу неможливо проводити, опираючись на стандартні методики, розробляється оригінальні методи та методики. Результати дослідницької роботи відповідно до оригінальних методів та оригінальної методики не повинні викликати сумнівів та бути достовірними. Доцільність використання оригінальних методів та оригінальних методик дослідження повинна бути обґрунтована.

Під час виконання експериментальних робіт дослідник стежить за роботою вимірювальних засобів, постійно аналізує правильність отримуваних показань, за необхідності враховує зміни умов проведення експериментальних робіт та проводить робочу перевірку вимірювальних приладів.

Особливу увагу необхідно приділяти контролю якості вимірювань, а саме:

- забезпечувати надійність роботи вимірювальних засобів;
- забезпечувати відтворюваність результатів вимірювання;
- забезпечувати точність та достовірність вимірювання.

Під час виконання геодезичних вимірювальних робіт необхідно проводити попередньою оцінку та аналіз отриманих результатів.

5.2 Подання результатів дослідження та формування висновків

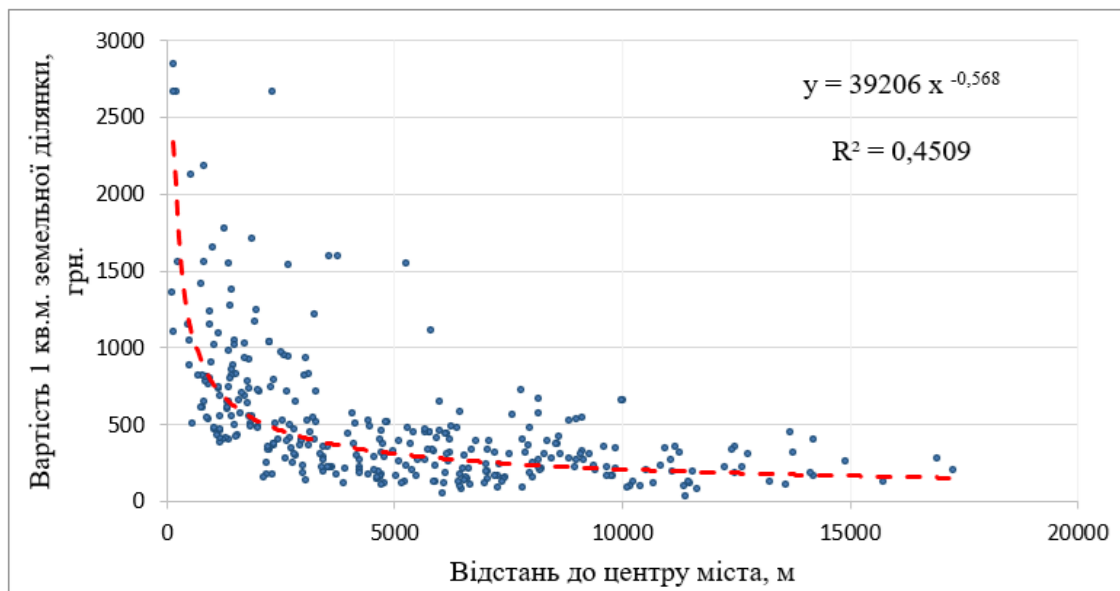
Методи графічного відтворення використовують для оброблення експериментальних результатів. Серед них можна виділити такі:

- результати вимірювань, що показуються в табличній формі. Використовують у випадках, коли необхідно представити певну кількість виміряних величин (табл. 1);

Таблиця 1 – Подання результатів вимірювання в табличній формі. Шкала інтегрального чинника рівня використання земель об'єктів природно-заповідного фонду відповідно до рівня раціонального використання охоронних земель [7]

Значення інтегрального чинника, відн. од.	Рівень використання земель об'єктів природно-заповідного фонду
0	Відсутній
0,01–1	Незначний
1,01–2	Низький
2,01–3	Несуттєвий
3,01–4	Помірний
4,01–5	Суттєвий
5,01–6	Впливовий
6,01–7	Значний
7,01–8	Високий
8,01–9	Значно високий
9,01–10 і вище	Абсолютний

– результати вимірювань, що наведені у вигляді графіків (рис. 4). Використовують для відображення залежності однієї величини від іншої та/або для визначення за графіком невідомої величини за відомою;



Графік залежності вартості від відстані до центра м. Харкова [8]

Рисунок 4 – Подання результатів вимірювань у вигляді графічної залежності

– результати вимірювань, що наведені у вигляді діаграм (гістограм). Використовують для наглядного відображення різниці отриманих результатів (рис. 5);



Діаграма використання земель природно-заповідного фонду Харківського регіону за категоріями (розподіл території, %) [7]

Рисунок 5 – Подання результатів вимірювань у вигляді діаграми

– результати вимірювань, що наведені у вигляді гістограм (рис 3). Використовують при статистичній обробці отриманих результатів;
– у вигляді схем (рис. 6);

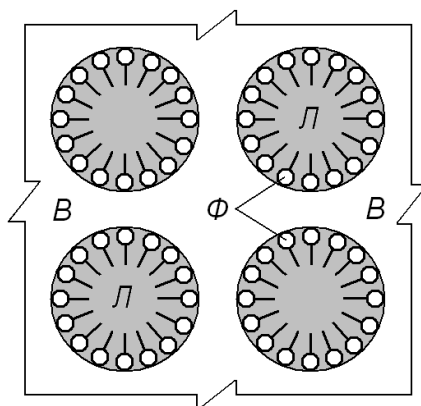


Рисунок 6 – Подання результатів вимірювань у вигляді схеми

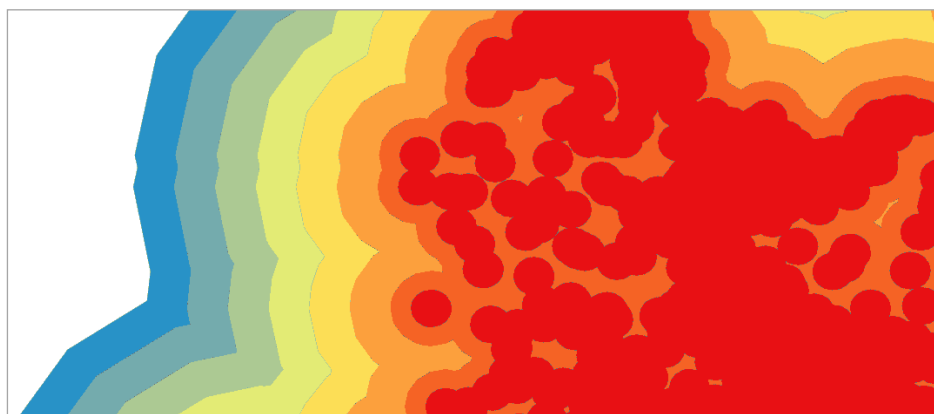
– блок-схем (рис. 7), фото тощо. За використання цього методу відтворення результатів вимірювань забезпечується максимальна наочність та інформативність.



Класифікації моделей просторових факторів [8]

Рисунок 7 – Подання результатів вимірювань у вигляді блок-схеми

– у вигляді моделі (рис. 8)



a)

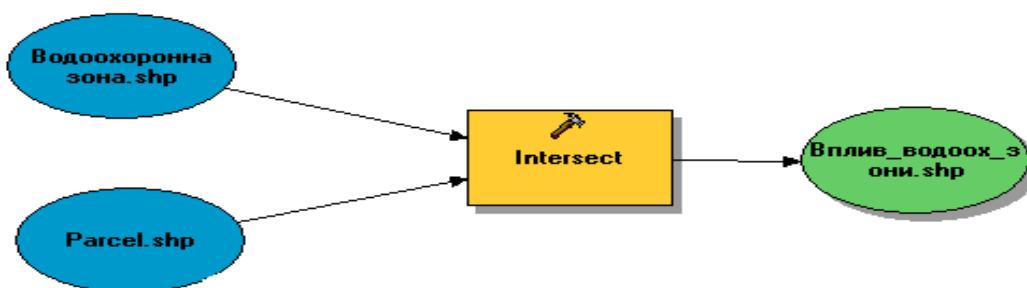


Рисунок 8 – Подання результатів вимірювань у вигляді моделі:

a) просторова модель рівня інженерно-інфраструктурного забезпечення території м. Харкова існуючою мережею електропостачання [8];

б) модель процесу врахування впливу одного фактора з використанням модуля ModelBuilder [8; 9]

Під час оброблення результатів вимірювань у деяких випадках може виникнути необхідність підбору емпіричних формул, які використовують для аналізу вимірних величин.

Формування висновків у науково-дослідній роботі – важливий етап, який дозволяє підбити підсумки та виділити ключові результати дослідження.

Висновки мають бути лаконічними та зрозумілими. Формулюючи висновки, потрібно уникати зайвої деталізації та повторень.

Висновки повинні безпосередньо пов'язуватися з поставленими цілями дослідження. Необхідно чітко зазначити, чого вдалося досягти в межах виконаної роботи чи дослідження роботи.

Потрібно сформулювати основні результати дослідження. Що було виявлено? Які закономірності чи тенденції виявлено?

Наукову обґрунтованість результатам дослідження додає література, на яку посилається науковець.

Наприкінці дається своя оцінка проведеного дослідження.

Важливо пам'ятати, що висновки – це не просто формальна вимога, а можливість підбити підсумки своєї роботи та поділитися результатами з науковою спільнотою.

Контрольні запитання

1. Як оцінюють результати вимірювань?
2. Як плануються та виконуються вимірювання під час дослідницької роботи?
3. Назвіть основні методи графічного відтворення результатів вимірювання.
4. Як формуються висновки науково-дослідної роботи?
5. Як здійснюють обробку результатів вимірювань?

ТЕМА 6 ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ В НАУКОВО-ДОСЛІДНІЙ РОБОТІ

План

- 6.1 Оцінка достовірності результатів геодезичних вимірювань.
- 6.2 Методи оцінки вимірювань під час експериментальних досліджень.

6.1 Оцінка достовірності результатів геодезичних вимірювань

Достовірність дослідження – це комплекс доказів, який підтверджує, що отримані результати відповідають об’єкту дослідження у заздалегідь визначених експериментальних умовах. Іншими словами, достовірність гарантує, що результати є точними та відповідають реальним явищам чи закономірностям.

Оцінка достовірності геодезичних вимірів – це важливий аспект, який дозволяє визначити точність та надійність отриманих результатів. Серед методів оцінки точності можна виділити такі:

1. Теорія похибок. Оцінка точності починається із розуміння теорії похибок. Це включає знання про різні джерела похибок, таких як похибки приладів, атмосферні умови, помилки людини та інші фактори.

2. Похибки вимірів. Необхідно враховувати різні види похибок, такі як систематичні та випадкові. Систематичні похибки пов’язані з постійними факторами, а випадкові – з тимчасовими коливаннями.

3. Середня квадратична похибка. Це статистична міра розкидання результатів вимірів щодо їхнього середнього значення. Вона дозволяє оцінити загальну точність вимірів.

4. Вага виміру. Вага виміру враховує його значущість при обробці даних. Наприклад, більш точні виміри можуть мати більшу вагу в розрахунках.

5. Загальна арифметична середина. Це середнє значення результатів вимірів. Вона також використовується для оцінки точності.

Остаточний висновок про достовірність наукових результатів, що отримані під час досліджень, можна зробити за багаторазовою повторюваністю даних вимірювань та/або розрахунків. Ця повторюваність не обов'язково може бути стовідсотковою, але повинна відображати однаковість процесів, що досліджуються чи визначаються, давати змогу простежити та/або спрогнозувати динаміку, підтверджувати наукову гіпотезу та бути остаточною для подання результатів наукового дослідження.

Достовірність – це не лише технічні аспекти, а й дотримання наукової етики, чесності та об'єктивності у науковій діяльності.

За традиційним розумінням, наукова етика – це набір норм і принципів, що регулюють поведінку вчених та дослідників у процесі наукової діяльності. У цьому напрямку можна виділити три основні складові:

1. Чесність та об'єктивність. Наукова етика вимагає від вчених прагнути об'єктивності, правильності та достовірності отриманих результатів. Вчені мають бути чесними у своїх діях і подавати дані в їхньому реальному вигляді, без спотворень чи підтасувань. Це сприяє надійності наукового знання та довірі до науки загалом.

2. Академічна доброчесність. Академічна доброчесність передбачає дотримання правил і норм, таких як:

– авторство. Вчені повинні чесно вказувати авторство досліджень та результатів. Плагіат та «почесне» співавторство заборонено;

– відкритість та доступність. Результати досліджень мають бути доступними для наукової спільноти та суспільства в цілому;

– дотримання етичних стандартів. Вчені повинні дотримуватися етичних норм під час роботи з людьми, тваринами та даними.

3. Рецензування та контроль. Рецензування наукових статей та проектів допомагає контролювати дотримання наукової етики.

6.2 Методи оцінки вимірювань під час експериментальних досліджень

Щоб забезпечити достовірність результатів, застосовують такі методи:

– використання офіційних статистичних даних. Для порівняння отриманих результатів із наявними науковими даними необхідно використовувати офіційні дані в галузі конкретної наукової проблеми;

– перевірка точності використовуваних приладів. Дослідницькі інструменти (наприклад, прилади, програмне забезпечення) повинні проходити попередню перевірку на точність та відповідність критеріям об'єктивності;

– дотримання наукових методів. Дослідження має ґрунтуватися на загальноприйнятих наукових фактах та методах з доведеною ефективністю;

– публікація результатів у наукових журналах. Публікація результатів у наукових фахових виданнях із попереднім рецензуванням допомагає підтвердити достовірність та обґрунтованість дослідження.

Таким чином, достовірність гарантує, що наукові результати можуть бути визнані у науковому співтоваристві як нові унікальні досягнення у конкретній галузі науки.

Точність та обґрунтованість отриманих даних можна оцінити завдяки таким методам:

1. Аналітичні методи. Аналітичний підхід передбачає детальний аналіз проведених наукових експериментів та порівняння результатів із теоретичними моделями. Це особливо корисно в математичних дисциплінах, де можна використовувати апробовані та напівнатуральні моделі.

2. Експериментальні методи. Експериментальна перевірка достовірності відбувається шляхом порівняння результатів теорії із практикою. Використовується метрологічне обладнання, точність якого підтверджується регулярними перевірками.

3. Підтверджені практично методи. Метод включає застосування апробованих інструментів і методів. Результати дослідження також повинні відповідати теоретичним припущенням та загальноприйнятим науковим фактам.

4. Поєднання теорії та практики. Важливо, щоб результати дослідження не суперечили існуючим науковим знанням. Практичне впровадження результатів також сприяє обґрунтованості та достовірності.

Контрольні запитання

1. Що таке достовірність результатів дослідження?
2. Чим забезпечується достовірність?
3. Як оцінюється достовірність?
4. Які складові забезпечення достовірності результатів?
5. Які методи оцінки вимірювань під час експериментальних досліджень?

ТЕМА 7 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

План

7.1 Нормативно-правове регулювання якості.

7.2 Постулати якості Едварда Демінга.

7.1 Нормативно-правове регулювання якості

Правові та організаційні засади розроблення, прийняття та застосування технічних регламентів і передбачених ними процедур оцінки відповідності, а також здійснення добровільної оцінки відповідності здійснюються відповідно до Закону України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» [10]. Закон регулює відносини, що виникають у зв'язку з розробленням та прийняттям технічних регламентів і передбачених ними процедур оцінки відповідності, їхнім застосуванням стосовно продукції, яка вводиться в обіг, надається на ринку або вводиться в експлуатацію, а у випадках, визначених частиною другою статті 11 [10], – перебуває в експлуатації в Україні, а також здійсненням добровільної оцінки відповідності.

Якість – сукупність властивостей, які визначають придатність продукції для її використання за призначенням.

Показник якості продукції – це кількісна характеристика однієї або декількох властивостей продукції, що входять в її якість (розглядається стосовно певних умов її створення та експлуатації або споживання).

Показник якості може виражатися в різних фізичних одиницях виміру (секунда, метр, кв. метр, куб. метр, км/год, грам, вольт, ват, та ін), умовних одиницях виміру (бал, відсоток та ін.), бути безрозмірним (імовірність настання очікуваної події, та ін.).

У геодезії існують нормативи та стандарти, які визначають вимоги до точності вимірювань, обладнання, методів та звітності. Наприклад, ДСТУ ISO 9000:2015 [11] описує основоположні поняття та принципи управління якістю.

Це важливо для забезпечення точності геодезичних вимірювань, які використовують у будівництві, картографії, топографії та інших галузях.

Правове регулювання контролю якості в геодезії є важливим аспектом, який допомагає забезпечити точність та надійність геодезичних даних. Серед нормативно-правових актів, що пов'язані з контролем якості в цій галузі можна виділити такі:

1. Інструкція про порядок контролю і приймання топографо-геодезичних та картографічних робіт [12]. В інструкції викладено порядок проведення контролю, приймання та оцінки якості топографо-геодезичних і картографічних робіт загальнодержавного та спеціального призначення в підприємствах, організаціях та окремими суб'єктами підприємницької діяльності, які виконують названі роботи. Документ визначає процедури контролю та приймання геодезичних та картографічних робіт. Він регулює якість виконаних робіт та забезпечує відповідність стандартам.

2. Порядок охорони геодезичних пунктів [13]. Цей Порядок визначає механізм та режим охорони геодезичних пунктів.

Нормативи сприяють забезпеченню якості геодезичних робіт та відповідності стандартам.

7.2 Постулати якості Едварда Демінга

Забезпечення якості – сукупність заходів, що плануються і систематично проводяться, необхідні для створення впевненості в тому, що продукція або послуга задовольняє певним вимогам до якості.

З метою максимального забезпечення якості всесвітньо відомий американський вчений у сфері математичної статистики і менеджменту Едвард Демінг сформулював такі постулати [14]:

1. Стала мета.

Поставте перед собою мету і будьте незмінно твердими і постійними в досягненні поставленої мети безперервного поліпшення продукції і послуг,

розподіляючи ресурси так, щоб забезпечувалися довготривалі цілі й потреби, а не тільки негайна прибутковість, для досягнення конкурентоспроможності, збереження підприємства і забезпечення людей роботою.

2. Нова філософія.

Візьміть нову філософію. Ми знаходимося у новій економічній ері, започаткованої в Японії. Ми не можемо більше миритися із зазвичай прийнятим рівнем затримок, помилок, дефектів у матеріалах, браку в роботі. Необхідне перетворення західного стилю менеджменту, щоб зупинити триваючий занепад економіки.

3. Здолайте залежність від масового контролю.

Позбавтеся потреби в масових перевірках та інспекції як способі досягнення якості, перш за все шляхом «впровадження» якості в продукцію. Вимагайте статистичних свідчень «впровадження» якості як у процесі виробництва, так і під час виконання закупівельних функцій.

4. Покінчіть з практикою закупівель за найнижчою ціною.

Замість цього, поряд з ціною, вимагайте серйозних підтверджень її якості. Зменшіть кількість постачальників одного і того ж продукту шляхом відмови від послуг тих із них, хто не зміг статистично підтвердити його якість. Прагніть до того, щоб отримувати всі поставки певного компонента тільки від одного виробника, на основі встановлення довготривалих відносин взаємної лояльності та довіри. Метою у цьому випадку є мінімізація загальних витрат, а не тільки початкових.

5. Покращуйте кожен процес.

Покращуйте постійно, сьогодні і завжди всі процеси планування, виробництва і надання послуг. Постійно знаходьте проблеми для того, щоб покращувати всі види діяльності та функції в компанії, підвищувати якість і продуктивність і, таким чином, постійно зменшувати витрати. Безперервне поліпшення системи, що містить розробку і проектування, поставку комплектуючих і матеріалів, обслуговування і поліпшення роботи устаткування,

методів управління та організації, підготовку та перепідготовку кадрів – є найперший обов’язок керівництва.

6. Введіть у практику підготовку і перепідготовку кадрів.

Введіть у практику сучасні підходи до підготовки і перепідготовки для всіх працівників, включаючи керівників і керуючих, з тим, щоб краще використовувати можливості кожного з них. Для того щоб встигати за змінами в матеріалах, методах, конструкції виробів, обладнанні, технології, функціях і методах обслуговування, потрібні нові навички й уміння.

7. Установіть лідерство.

Установіть і введіть у практику лідерство як метод роботи, що має на меті допомогти працівникам якнайкраще виконувати їхню роботу. Керівники всіх рівнів повинні відповідати не за голі цифри, а за якість. Поліпшення якості автоматично спричиняє підвищення продуктивності. Керівники та керуючі повинні забезпечити вживання негайних заходів після отримання сигналів про дефекти, несправне або розладнане обладнання, погані інструменти, нечіткі робочі інструкції та інші фактори, що завдають шкоду якості.

8. Женіть страх.

Заохочуйте ефективні двосторонні зв’язки і використовуйте інші засоби для викорінення страхів, побоювань і ворожості всередині організації з тим, щоб кожен міг працювати більш ефективно і продуктивно на благо компанії. Будь-який працівник, який відчуває страх перед своїм вищим керівником, не може належно співпрацювати з ним. Найкраще, що можна очікувати в таких обставинах, – ображена покірність, тобто саме те, чого і бажає такий керівник. Однак подібний стан речей ніколи не приведе до хороших результатів. Справжня співпраця дозволяє досягти набагато більшого, ніж ізольовані індивідуальні зусилля. Але ця взаємодія не може бути хорошою, якщо не виховувати взаємну довіру, впевненість і повагу. Ті, хто працює, відчуваючи страх, – намагаються вислизнути з поля зору тих, кого вони бояться. А як можна очікувати віддачі,

відповідної потенційним можливостям, від людей, чиє основне бажання – просто не бути поміченим?

9. Зруйнують бар'єри між підрозділами, службами, відділеннями.

Люди з різних функціональних підрозділів: дослідники, розробники, виробничники, представники комерційних і адміністративних служб – повинні працювати у командах (бригадах) з тим, щоб усувати проблеми, які можуть виникнути з продукцією або послугами. Більшість компаній організовані за функціональним принципом, але вони повинні працювати в умовах функціональної взаємодії.

10. Відмовтеся від порожніх гасел і закликів.

Відмовтеся від використання плакатів, гасел і закликів до працівників, які вимагають від них бездефектної роботи, нового рівня продуктивності і т. п., але нічого не говорять про методи досягнення цих цілей. Такі заклики тільки викликають вороже ставлення; основна маса проблем низької якості і продуктивності пов'язана з системою і, таким чином, їхнє вирішення знаходиться за межами можливостей рядових працівників.

11. Усуньте довільні числові норми і завдання.

Усуньте робочі інструкції та стандарти, які встановлюють довільні норми, квоти для працівників і кількісні завдання для керівників. Замініть їх підтримкою і допомогою з боку вищих керівників з тим, щоб досягати безперервних поліпшень в якості та продуктивності.

12. Дайте працівникам можливість пишатися своєю працею.

Усуньте бар'єри, які обкрадають робітників і керівників, позбавляючи їх можливості пишатися своєю працею. Це передбачає, крім усього іншого, відмову від щорічних атестацій (оцінок діяльності працівників) і методів управління за цілями. І знову, обов'язки менеджерів, контролерів, майстрів мають бути перенесені з досягнення суто кількісних показників на досягнення якості.

13. Заохочуйте прагнення до навчання.

Варто впровадити енергійну програму навчання і підтримки самовдосконалення для всіх працівників. Організації потрібні не просто люди, їй потрібні працівники, що вдосконалюються у результаті навчання. Джерелом успішного просування у досягненні конкурентоспроможності є знання.

14. Прихильність справі підвищення якості і дієвість вищого керівництва.

Зрозуміло визначте непохитну прихильність вищого керівництва до постійного поліпшення якості та продуктивності і їхнього зобов'язання проводити в життя всі розглянуті вище принципи. Проте, мало того, що вище керівництво щиро продекларують свою вічну прихильність до якості та продуктивності. Воно повинне ще знати, у чому ж полягає те, чому вони прихильні, тобто що вони повинні робити. Утворіть структуру у вищому керівництві, яка буде щоденно давати імпульс для просування до вище розглянутих 13 принципів, і дійте, щоб здійснити перетворення. Підтримки тут недостатньо, потрібні конкретні справи.

Контрольні запитання

1. Якими нормативно-правовими документами здійснюється регулювання якості?
2. Що таке якість?
3. Що таке показники якості і в чому вони виражаються?
4. Які нормативи та стандарти з дотримання та визначення якості існують в геодезії?
5. Охарактеризуйте постулати якості Е. Демінга.

ТЕМА 8 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

План

- 8.1 Контроль якості геодезичних робіт.
- 8.2 Міжнародний досвід управління якістю.

8.1 Контроль якості геодезичних робіт

Відповідно до [11], контроль якості – це складова управління якістю, яка спрямована на виконання вимог щодо якості.

Засобами контролю є вироби (прилади, пристрої, інструменти, випробувальні стенди) та матеріали, що використовуються під час контролю.

Залежно від виконавця контроль буває:

- відомчий (здійснюється органами міністерств та відомств),
- державний нагляд (здійснюється спеціальними державними органами).

Залежно від рівня технічної оснащеності контроль може бути:

– ручний, механізований, автоматизований, автоматичний, активний (безпосередньо впливає на хід реалізації технологічного процесу та режимів обробки з метою управління ними).

За структурою організації:

- самоконтроль (контроль якості виконавцем, що має особисте тавро);
- одноступінчастий (контроль виконавцем, працівником ВТК);
- багатоступінчастий (контроль виконавцем, операційний контроль, спеціальні методи контролю, приймальний ВТК).

Контроль геодезичних робіт виконується з метою перевірки точності і якості результатів вимірювань. Умови забезпечення точності геодезичних вимірювань визначають відповідно до [15].

Під час контролю геодезичних робіт об'єктами контролю є засоби вимірювання, прийоми і методи роботи, показання, документація і записи.

Під час геодезичного контролю виконують такі перевірки:

- перевірка процесів геодезичних вимірювань. Перевіряються методики вимірювань і правила проведення обчислень;

- оцінювання якості робіт. Під час проведення геодезичних робіт оцінюється їхня якість, котра залежить від багатьох факторів (умови виконання робіт, стан обладнання, кваліфікація виконавців тощо);

- контроль стану геодезичних приладів. У результаті абсолютно будь-яких вимірювань присутні помилки і похибки. Їхня кількість і величина залежить від стану геодезичних приладів та допоміжного обладнання;

- перевірка застосування актуальних нормативних і довідкових даних;

- визначення завершеності робіт. Перевіряється набір даних, який має бути достатнім для подальшого проектування або виконання будівельних робіт.

Контроль якості геодезичних робіт складається з трьох етапів:

- підготовчого, під час якого здійснюється збір інформації та розробляється план дій, перевіряється повнота і достовірність даних;

- польового (виконується на місці проведення геодезичних робіт). Перевіряються методи та прийоми роботи та їхня відповідність нормативним документам, правильність оформлення документації. Відповідність результатів вимірювань встановленим допускам, що існують для кожного виду вимірювання. Разом із цим під час польового контролю перевіряється правильність експлуатації обладнання та інструменту;

- камерального (перевіряються розрахунки та інші результати камеральної обробки даних). Під час камерального контролю перевіряється точність розрахунків, комплектність матеріалу, відповідність оформлення результатів виконаних робіт встановленим вимогам та відповідність результатів геодезичних робіт вихідним даним.

Основні складові контролю якості геодезичних робіт подані на рисунку 10.



Рисунок 10 – Основні складові контролю якості геодезичних робіт

Самоконтроль виконується безпосередньо виконавцем робіт на кожному етапі.

Внутрішній контроль геодезичних робіт проводиться замовником або представником від організації, що виконує роботи.

8.2 Міжнародний досвід управління якістю

Багаторічний досвід провідних компаній розвинених країн світу свідчить про те, що здобути успіху на ринку можливо шляхом удосконалення системи управління якістю [16; 17].

Наявність сертифіката ISO серії 9000 підтверджує якість процесу виробництва продукції, поліпшує імідж компанії та підвищує рівень довіри до виробника. У сучасних умовах лібералізації ринкових відносин важливо зрозуміти необхідність упровадження сучасних систем управління якістю на базі міжнародних стандартів ISO серії 9000 [17].

Міжнародна організація зі стандартизації розробила та опублікувала стандарти серії 9000, які узагальнили накопичений світовий досвід організації робіт щодо якості. Ці стандарти є основою для впровадження систем управління якістю на підприємствах, визначають вимоги до систем управління якістю.

Переваги використання стандартів ISO серії 9000:

– застосування цих стандартів дозволяє підприємствам досягати високої якості продукції та послуг;

– сприяють покращенню процесів, зниженню ризиків та підвищенню конкурентоспроможності.

Як вважають західні експерти, у найближчій перспективі на єдиному європейському ринку до 95 % контрактів укладатимуться тільки за наявності в постачальника сертифіката ISO серії 9000, без цього документа підприємства все частіше не допускаються до участі в тендерах [17].

У методах управлінні якістю на підприємствах промислово розвинених країн світу простежується багато спільного. Серед світових лідерів з управління якістю можна виділити країни Західної Європи, США та Японії, що дає змогу вивчити їхній досвід та, за можливості, впровадити його в себе.

Наприклад, в Японії багато уваги приділяється вихованню співробітника компанії (підприємства). Отже, беручи співробітника на роботу, компанія (підприємство) не просто підбирає потрібну людину за освітою, професіоналізмом та особистими якостями, але й навчає та вдосконалює її протягом всього часу працевлаштування в цій компанії.

У США особливу увагу приділяють аналітиці, прогнозуванню, статистичному контролю якості.

У країнах Європи особливу увагу приділяють стандартизації (розробка стандартів ISO 9000), створенню міжнародних організацій зі стандартизації та контролю якості, функціонуванню та вдосконаленню існуючих організацій. Проблемою тут є те, що до складу ЄС входять багато країн із різними підходами до питання. Країни ЄС мають різні потенціали та різні економіки, та при реалізації заходів з забезпечення якості, з одного боку, повинні дотримуватися єдиних правил і норм, а з іншого – намагаються досягати певних результатів виходячи з власних можливостей, традицій та національних інтересів.

Контрольні запитання

1. З якою метою виконується контроль якості геодезичних робіт?
2. Які перевірки виконуються під час геодезичного контролю?
3. Назвіть та охарактеризуйте етапи геодезичного контролю якості.
4. Переваги використання стандартів ISO серії 9000.
5. Які особливості міжнародного досвіду управління якістю порівняно з власними?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про метрологію та метрологічну діяльність [Електрон. ресурс] : Закон України від 05.06.2014 № 1314-VII (Редакція станом на 01.01.2022). – Електрон. текст. дані. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text>, вільний (дата звернення: 03.05.2024). – Назва з екрана.

2. Васілевський О. М. Актуальні проблеми метрологічного забезпечення : навч. посіб. [Електрон. ресурс] / О. М. Васілевський, В. О. Поджаренко. – Електрон. текст. дані. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2010. – 214 с. – Режим доступу: [34225.pdf \(vntu.edu.ua\)](https://vntu.edu.ua/34225.pdf), вільний (дата звернення: 12.07.2024). – Назва з екрана.

3. Неєжмаков П. І. Куди йде світова метрологія? [Електрон. ресурс] / П. І. Неєжмаков, Ю. Ф. Павленко, Ю. Ю. Буняєва // Український метрологічний журнал. – Електрон. текст. дані. – 2017. – № 1 – С. 23–29. – Режим доступу: <http://umj.metrology.kharkov.ua/article/view/101918>, вільний (дата звернення: 12.07.2024). – Назва з екрана.

4. Столярчук П. Г. Актуальні проблеми метрологічного забезпечення [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / П. Г. Столярчук, В. М. Лисогор, І. Й. Хаїмзон, С. І. Кондрашов. – Електрон. текст. дані. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2010. – 214 с. – Режим доступу : <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/15131/34225.pdf?sequence=2>, вільний (дата звернення: 12.07.2024). – Назва з екрана.

5. ДСТУ ISO 17123-8:2018 Оптика та оптичні прилади. Процедури польових випробувань геодезичних та топографічних приладів [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу : https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=81841, вільний (дата звернення: 12.07.2024). – Назва з екрана.

6. Офіційний сайт ДП «Тернопільстандартметрологія» [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу : <http://tercsm.te.ua/%D0%BF%D1%80%D0%BE-%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B5-%D0%B7%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%BF%D1%96%D0%B4%D0%BF%D1%80/>, вільний (дата звернення: 19.10.2022). – Назва з екрана.

7. В'яткін Р. С. Інформаційно-аналітичне забезпечення моніторингу земель об'єктів природно-заповідного фонду регіонів : дис. ... д-ра філософії : – геодезія та землеустрій / В'яткін Р. С. ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків, 2020. – 243 с.

8. Штерндок Е. С. Моделювання впливу просторових факторів на оцінку та використання земель мегаполісу : дис. канд. техн. наук : 05.24.04 – кадастр і моніторинг земель / Е. С. Штерндок; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків, 2017. – 246 с.

9. Шипулін В. Д. ГІС-технології в оцінці землі та нерухомого майна : навч. посіб. / В. Д. Шипулін, Ю. М. Палеха, Е. С. Штерндок ; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ, 2014. – 180 с.

10. Про технічні регламенти та оцінку відповідності [Електрон. ресурс] : Закон України від 01.01.2024 № 1314-VII (Редакція станом на 23.07.2024). – Електрон. текст. дані. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19#Text>, вільний (дата звернення: 22.07.2024). – Назва з екрана.

11. ДСТУ ISO 9000:2015. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (ISO 9000:2015, IDT) [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу : http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=64030, вільний (дата звернення: 20.10.2022). – Назва з екрана.

12. Інструкція про порядок контролю і приймання топографо-геодезичних та картографічних робіт [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу : <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3601>, вільний (дата звернення: 23.07.2024). – Назва з екрана.

13. Порядок охорони геодезичних пунктів [Електрон. ресурс]. – Електронні текстові дані. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/836-2017-%D0%BF#n10>, вільний (дата звернення: 23.07.2024). – Назва з екрана.

14. Генрі Р. Нів. Простір доктора Демінга [Електрон. ресурс] / Генрі Р. Нів // Spc Pr. – Електрон. текст. дані. – 1990. – Режим доступу : <https://mind.ua/books/81-prostir-doktora-deminga>, вільний (дата звернення: 01.05.2024). – Назва з екрана.

15. ДБН В.1.3-2:2010. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу : <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/12/49.1.-DBN-V.1.3-22010.-STGP.-Geodezichni-roboti-u-budivn.pdf>, вільний (дата звернення: 21.10.2022). – Назва з екрана.

16. Шестопал Г. С. Впровадження систем управління якістю вітчизняними підприємствами [Електрон. ресурс] / Г. С. Шестопал, М. Л. Павлишин. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу : http://www.nbu.gov.ua/portal/Soc_Gum/Vliet/2009_4/1/5.pdf, вільний (дата звернення: 15.07.2024). – Назва з екрана.

17. Руденко Л. Міжнародний досвід управління якістю і його використання на підприємствах України [Електрон. ресурс] / Л. Руденко, В. Афанасенко // Схід. – Електрон. текст. дані. – 2010. – № 4 (104). – С. 64–68. – Режим доступу : D:\JOURNAL SHID\Num за 2010\Num (nbuv.gov.ua), вільний (дата звернення: 15.07.2024). – Назва з екрана.

18. Reshetyuk Y. Self-calibration and direct georeferencing in terrestrial laser scanning: Doctoral thesis in Infrastructure, Geodesy [Electronic resource] / Royal Institute of Technology (KTH), Department of Transport and Economics, Division of Geodesy. – Electronic text data. – Stockholm, 2009. 174 p. – Regime of access: Microsoft Word - Doctoral_thesis_print_final-2.doc (diva-portal.org), free (date of the application: 12.08.2024). – Header from the screen.

19. Reshetyuk Y. Investigation and calibration of pulsed time-of-flight terrestrial laser scanners: Licentiate thesis in Infrastructure, Geodesy [Electronic resource] / Royal Institute of Technology (KTH), Department of Transport and Economics, Division of Geodesy. – Electronic text data. – Stockholm, 2006. – 152 p. – Regime of access: https://www.researchgate.net/publication/239563997_Investigation_and_calibration_of_pulsed_time-of-flight_terrestrial_laser_scanners, free (date of the application: 12.04.2024). – Header from the screen.

20. Alba M, Scaioni M (2007) Comparison of techniques for terrestrial laser scanning data georeferencing applied to 3-D modelling of cultural heritage. In: Proceedings of the 2nd ISPRS International Workshop 3D-ARCH 2007: “3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures” [Electronic resource]. – Electronic text data. – Zurich, Switzerland, 12–13 July. – Regime of access: https://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/5-W47/pdf/alba_scaioni.pdf, free (date of the application: 12.04.2024). – Header from the screen.

Електронне навчальне видання

АФАНАСЬЄВ Олександр Валерійович

**МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ
ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій)*

Відповідальний за випуск *К. А. Мамонов*

Редактор *О. В. Михаленко*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2024, поз. 169Л

Підп. до друку 12.08.2024. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 3,4.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.