

DOI: 10.32347/2076-815X.2023.83.386-395

УДК 528.7

Чумак О.В.,

chumak.ov@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0001-9510-0140,

канд. техн. наук, доцент **Горковчук Ю.В.,**

kravchenko.iuv@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-1459-1337,

Київський національний університет будівництва і архітектури

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ МОНІТОРИНГУ ОБ'ЄКТІВ КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ ЗАСОБАМИ БПЛА У СТИСНЕНИХ УМОВАХ

Аналізуючи сьогодення, важко уявити, який масштаб руйнувань об'єктів культурної спадщини, будівель та споруд різного призначення зазнала наша країна. Важливим етапом для аналізу та подальшої відбудови об'єктів різного призначення, в тому числі і об'єктів культурної спадщини є дослідження їх стану. До не менш важливих відноситься і питання моніторингу об'єктів культурної спадщини, адже згідно чинного законодавства має виконуватися їх моніторинг та інвентаризація. Варто зауважити, що важливим при виборі методів та технологій виконання моніторингу є місце розташування об'єктів культурної спадщини, зокрема в даній статті розглядається питання про моніторинг у зонах забудови. Існує багато традиційних методів для виконання моніторингу та спостережень за деформаціями, проте, у даній статті авторами зроблено теоретичний аналіз застосування БПЛА у фотограмметрії, розглянуто основні аспекти застосування БПЛА-знімання для моніторингу об'єктів культурної спадщини, проаналізовано застосування даного виду робіт в стиснених умовах. Авторами зроблено висновки щодо актуальності виконання робіт саме методами БПЛА-знімання, виділено переваги та недоліки даного методу з поділом їх за такими ознаками: соціальні, економічні та організаційні.

Ключові слова: моніторинг; об'єкти культурної спадщини; БПЛА-знімання безпілотні літальні апарати; стиснені умови; щільність забудови

Проблема і її зв'язок з науковими і практичними завданнями. В умовах військової агресії на наших землях, досить важливим є питання моніторингу та інвентаризації об'єктів культурної спадщини з метою збереження культурного надбання нації та передачі наступним поколінням.

Відповідно до Наказу Міністерства культури України «Про затвердження порядку обліку об'єктів культурної спадщини», усі об'єкти культурної спадщини мають проходити інвентаризацію. В наслідок військових дій, об'єкти

культурної спадщини піддаються швидкому руйнуванню, тому, на нашу думку, необхідно проводити швидку інвентаризацію таких об'єктів, з метою виявлення їх руйнації, а також для збереження та поширення інформації про об'єкти культурної спадщини, зокрема для наповнення і ведення Державного реєстру нерухомих пам'яток України, що є частиною національної інфраструктури геопросторових даних. Також важливим фактором для руйнації ОКС є темпи урбанізації та забудов великих міст. Зважаючи на те, що багато об'єктів будівництва будується у, так званих, стиснених умовах необхідно розробити і якісний підхід до вирішення питання моніторингу ОКС.

Важливо, на нашу думку, не втратити культурні надбання, тому необхідно з посиленою увагою слідкувати за станом ОКС. Метод моніторингу з застосуванням БПЛА дає нові можливості для його реалізації, адже в першу чергу ми отримуємо досить якісні та точні дані за короткий проміжок часу, що дає швидко аналізувати вплив та оперативно реагувати на чинники втручання. Застосування БПЛА створить новий підхід до вирішення проблеми, а головне - без загрози для життя операторів та інженерів.

Мета. Метою статті є розгляд особливостей застосування БПЛА для моніторингу ОКС в стиснених умовах.

Виклад основного матеріалу. Будівництво житла в крупних містах та мега полісах останні декілька десятиліть у тій чи іншій мірі супроводжується цілим комплексом проблем, пов'язаних з обмеженістю вільних земельних ділянок, а отже необхідністю розміщення будівель на територіях, значно менших ніж нормативна, що призводить до виконання будівельно - монтажних робіт:

- поблизу або впритул до будівель, які експлуатуються;
- поблизу підземних комунікацій;
- поблизу зелених насаджень, ліній електропередачі та зв'язку
- на ділянках зі складним рельєфом тощо.

Такі умови виконання будівельно-монтажних робіт зазвичай називаються стисненими. Концентрація стиснених умов при будівництві, як правило, тим вища, чим ближче до історичного центра міста знаходиться ділянка будівництва. Це зумовлено тим, що саме в таких районах міста щільність забудови найбільша. [10]

Щільність забудови — це характеристика ступеня забудованості території функціональної зони, яка визначається як відношення площі забудованої території до її загальної площі. Щільність за будови виражається у відсотках або у кількості квадратних метрів під будівлями на 1 гектар загальної площі зони [7].

Наявність стиснених умов у відносно нових та нових районах міста пов'язана з «ущільненням» забудови. Визначення цього поняття найкраще, на нашу думку,

сформульовано так: «збільшення кількості житлової площі на одиницю території в умовах реконструкції існуючої забудови. Засобами ущільнення забудови є забудова розривів між будівлями, збільшення поверховості, знесення існуючої забудови та заміна на нову, більш щільну тощо».[10] Досить важливо розуміти про точність проектних робіт при виконанні таких завдань, які мають досягати сантиметрової точності. В залежності від цілей, які поставлені при виконанні завдань, застосовують види обмірів, такі як: архітектурний, археологічний та інвентаризаційний обмір. Результати таких обмірів використовуються архітекторами для складання інвентаризаційних креслень, кадастрових планів. Креслення зазвичай включають плани, розрізи та інші дані, які необхідні для: правильної експлуатації будівлі, підрахунку житлової і робочої площі; планування і здійснення реконструкції і реставрації; оцінки містобудівної ситуації при будівництві нового об'єкту в районі пам'ятника архітектури. Вивчення території пам'ятника архітектури і об'єктів містобудування, як поодиноких так і цілих ансамблів і історико-архітектурних зон забудови, виконується на основі проектно-реставраційної документації.

До складу проектно-реставраційної документації входять:

- Історико-архітектурний опорний план в М 1:500 – 1:1000, в основі якого лежить топографічний план;
- Поетажні плани окремих споруд в М 1:100 – 1:200;
- Плани фасадів, розрізи М 1:100-1:50;
- Плани деталей фасадів і інтер'єрів в М 1:10 – 1:20 і крупніше;
- Фотографії і зарисовки пам'ятника архітектури.

Якщо ми говоримо про моніторинг ОКС в стиснених умовах, то в першу чергу мова йде про будинки, споруди, їх комплекси (ансамблі), пам'ятники. Проте моделювання культурного надбання має свої особливості, адже необхідно передати унікальність і складність форм. Скульптурні пам'ятки є втіленням думки і творчості митця, історичні споруди зберігають плин часу у вигляді архітектурних елементів і деформацій, фіксація та відтворення яких є обов'язковою умовою моделювання об'єктів культурної спадщини.

Потреби до точності обмірів різні і встановлюються в залежності від цілей обмірів і виконуються такими методами: геодезичним, фотограмметричним, лазерне сканування, а також традиційними методами.

Основою для розрахунку точності обмірних робіт слугують будівельні допуски і похибки установки об'ємно-планувальних і конструктивних елементів споруд (Табл.1). При обмірах, які виконуються для цілей реконструкції і реставрації, необхідно забезпечити середню квадратичну похибку вимірювань порядку 1-2 см.

Таблиця 1.

Характеристики точності обмірних робіт

Типи вимірювання	Граничні похибки, см		Масштаб	Види робіт
	основні	допоміжні		
Високоточні	0,3-0,5	1-1,5	1:20	креслення
Точні, II	1-2	3-5	1:50	креслення
Точні, III	3-5	10-15	1:100	креслення
Технічні, IV	10-15	20-30	1:200	креслення
Технічні, V	20-30	30-50	1:500	креслення

Традиційні методи досліджень, такі як геодезичні та фотограмметричні знімання, мають ряд недоліків, що обмежують їх використання для досягнення якісних результатів моніторингу ОКС, зокрема: методи аерофотознімання вимагають високих затрат на виконання крупномасштабних знімачь; геодезичні методи потребують значного часу для польових і камеральних спостережень при необхідності фіксації додаткових, наприклад, архітектурних, особливостей об'єкта. Варто додати, що є об'єкти, які перебувають у напівзруйнованому або критичному стані, про те їм також потрібний належний моніторинг та спостереження за деформаціями. В цьому випадку доречно говорити про безпекову складову вимірювань. Найкращим варіантом в такому випадку є безпілотні літальні апарати, адже політ БПЛА може здійснюватися під дистанційним керуванням людини-оператора, як віддалено пілотований літальний апарат або з різним ступенем автономності, як-от допомога автопілоту, аж до повністю самостійного, який не передбачає втручання людини. Використання технологій БПЛА-знімання дасть змогу вирішити наступні завдання: створення геоінформаційної системи культурної спадщини, знімання об'єктів ОКС, визначення деформації таких об'єктів.

БПЛА являють собою пристрої, управління якими здійснюється без екіпажу. Нині в Україні немає прийнятої класифікації БПЛА. Для систематизації наявних систем пропонується класифікація за такими взаємопов'язаними параметрами, як маса, час, дальність і висота польоту. (Табл.2)

Для визначення координат і земної швидкості у сучасних БПЛА зазвичай використовують супутникові навігаційні приймачі (GPS або ГЛОНАСС). Кути орієнтації і перевантаження визначають з використанням гіроскопів й акселерометрів. Програмне забезпечення пишеться зазвичай мовами високого рівня, такі як Сі, Сі ++, Модула-2, Оберон SA або Ада95 [3].

Таблиця 2.

Класифікація БПЛА

Клас	Категорія	Злітна маса	Дальність, км	Висота, м	Час польоту, год
Клас I	Мікро- БПЛА близького радіуса дії	До 5 кг	25...40	250	< 1
	Міні-БПЛА близького радіуса дії	До 5 кг	25...40	150-300	1
Клас II	Легкі БПЛА малого радіуса дії	50-100 кг	10...70	3000	>2
	Легкі БПЛА середнього радіуса дії	50-100 кг	70...150	5000	>2
	Середні БПЛА	100-300 кг	150...1000	8000	>10-12
	Середньоважкі БПЛА	300-500 кг	70...300	До 13500	>10-12
Клас III	Важкі БПЛА середнього радіуса дії	Понад 500 кг	70...300	До 20000	>24
	Важкі БПЛА великої тривалості польоту	Понад 1500 кг	1500	До 20000	>24
	Безпілотні бойові літаки	Понад 500 кг	1500	До 20000	>24

Сфера застосування різних за класом та можливостями БПЛА розширюється пропорційно зростанню їх функціоналу та зменшенню вартості. Окрім того, засоби БПЛА забезпечують оперативність отримання даних, високу актуальність, точність та достовірність, що підтверджується чисельними публікаціями вітчизняних та зарубіжних вчених.

За функціональним призначенням моніторинг будівель і споруд в умовах ущільненої забудови поділяється на такі напрями:

- об'єктний, що включає спостереження за станом основ, фундаментів і несучих конструкцій об'єкта нового будівництва або реконструкції, прилеглих будівель і підземних споруд, а також об'єктів інфраструктури;

- інженерно-геологічний, гідрогеологічний, геофізичний, що включає спостереження за динамікою ґрунтів, рівнів і складу ґрунтових вод та розвитком деструктивних процесів: ерозії, зсувів, карстово-суфозійних явищ, осідання земної поверхні тощо, а також за станом температурного, електричного та інших фізичних полів;

- еколого-біологічний, що включає системи спостережень за зміною навколишнього природного середовища, радіаційної обстановки тощо.[7]

За результатами моніторингу можемо оцінити технологічний стан об'єктів культурної спадщини. Отримані і оброблені в програмному забезпеченні дані також складуть основу для проектування реконструкції ОКС, що є досить важливим в умовах сучасної урбанізації.

У роботі [12] автором розглянуто питання технологічних станів інженерного об'єкта. Наведено основні стани: нормальний, задовільний, непридатний, аварійний.

Методика проектування БПЛА знімання розглядається у роботах [4] та [9]. Авторами розроблені технологічні схеми. Проте, на нашу думку це тільки загальний підхід до вирішення питання, тому у роботі [11] розроблено детальні технологічні схеми для застосування БПЛА у питаннях моніторингу ОКС. В результаті можемо сказати, що основними етапами моніторингу ОКС засобами БПЛА є:

- 1) Отримання технічного завдання від балансоутримувача ОКС. Аналіз вихідних даних.
- 2) Вибір параметрів проекту, розрахунок апріорної оцінки точності.
- 3) Планування польотів (планування маршрутів БПЛА).
- 4) Виконання польоту, контроль якості даних.
- 5) Камеральні роботи, оброблення знімання в програмному забезпеченні.
- 6) Створення моделі ОКС.
- 7) Формування звітної документації. Передача даних балансоутримувачу.

Двома найбільш складними процесами, здійснення яких може бути реалізовано засобами БПЛА, є обстеження висотних споруд і дослідження руйнування будівель. Відмінною особливістю роботи БПЛА є вільне маневрування у районі поверхневого об'єкту, що обстежується. Це дозволяє проводити фотографування, сканування, візуальну оцінку його стану, що не завжди доступно при обстеженні об'єкту спеціально підготовленими людьми. [6]

Важливим результатом використання фотограмметричних методів збору даних про об'єкти культурної спадщини є отримання хмари точок для об'єкта культурної спадщини. На сьогоднішній день існує багато програмних засобів для опрацювання знімків, отриманих шляхом аерофотознімання. Серед них SfM Agisoft Metashape, RealityCapture, Pix4D, 3DF Zephyr та інші.

Застосування 3D-моделей відкриває нові можливості для вирішення задач архітектурної фотограмметрії, такі як:

- відновлення будівель, особливо пам'ятників архітектури;

- будівництво нових будівель з використанням їх вписування в існуючі архітектурні ансамблі та навколишню природу;

- зйомка фасадів будівель з використанням архівного зберігання.[8]

У роботі [5] автор розглядає практичну частину використання БПЛА, зокрема розглядає геометричні параметри знімання, наголошує що не менш важливих для питання визначення геометричних параметрів БПЛА - знімання є врахування швидкості вітру вибір висоти польоту та врахування перекриття знімків, налаштування камери та час експозиції, врахування кута крену та використання стабілізаційної головки.

У Результаті аналізу, авторами виділено переваги та недоліки застосування БПЛА для моніторингу ОКС в стиснених умовах.(табл.3)

Таблиця 3.

Переваги та недоліки застосування БПЛА для моніторингу ОКС
в стиснених умовах

Технологія	Переваги	Недоліки
Безпілотні літальні апарати	<p>Економічні</p> <ul style="list-style-type: none"> - вартість знімання - можливість знімання з невеликої висоти та отримання знімків з високою роздільною здатністю - відсутність дублювання робіт - надлишкові дані <p>Організаційні</p> <ul style="list-style-type: none"> - оперативність отримання знімків - висока періодичність знімання - наповнення Державного реєстру цифровими даними про ОКС <p>Соціальні</p> <ul style="list-style-type: none"> - можливість отримання інформації про об'єкт культурної спадщини у важкодоступних місцях без загрози для життя пілота. 	<p>Економічні</p> <ul style="list-style-type: none"> - відсутність регламентуючої законодавчої бази щодо фотограмметричних знімань засобами БПЛА (від етапу знімання до кошторису). <p>Організаційні</p> <ul style="list-style-type: none"> - відсутність уніфікованого підходу та єдиної методики для ОКС одного типу - відсутність єдиного підходу до етапу збереження та поширення інформації, зокрема для наповнення і ведення Державного реєстру нерухомих пам'яток України, що є частиною національної інфраструктури геопросторових даних <p>Соціальні</p> <ul style="list-style-type: none"> - законодавство, яке захищає приватні інтереси людини, безпеку повітряного простору та боротьбу зі злочинністю. - необхідність навчання фахівців для проведення моніторингу за допомогою БПЛА

Висновок. Дослідження можливостей моніторингу ОКС в умовах щільної забудови міст свідчить про актуальність впровадження сучасних інструментів збору даних, які окрім безпеки, швидкості та якості, забезпечать надлишковість

даних для високоточного моделювання об'єктів під час моніторингу. Це в свою чергу, буде запорукою збереження унікальних історичних та культурних об'єктів в умовах повномасштабної війни. Очевидно, що спостереження за ОКС в сучасних умовах розбудови міст має дуже важливе значення, адже необхідно вчасно виявляти можливу загрозу для історичних споруд, незважаючи на те, що кожен ОКС має свою буферну зону, швидкі темпи будівництва та впливу людини можуть завдати непоправної руйнації. А отже застосування БПЛА при реконструкції та будівництві інженерних споруд в стиснених умовах є необхідною та обов'язковою умовою для досягнення необхідних параметрів точності та швидкості проектних робіт. Варто зазначити, що подальші напрямки впровадження безпілотних технологій мають ґрунтуватись за відповідному нормативному забезпечені, що врегулює порядок виконання такого виду робіт всіма суб'єктами містобудівної діяльності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про охорону культурної спадщини. Закон України від 08.06.2000 №1805-III. Редакція 24.07.2021.
2. Про затвердження порядку обліку об'єктів культурної спадщини. Наказ Міністерства культури України від 11.03.2013 № 158. Редакція від 20.08.2019.
3. Староверов В.С. Оцінка точності дистанційної діагностики трубопроводу із застосуванням БПЛА серії Supercam./Староверов В.С., Нікітенко К.О.// Електронний ресурс:<http://repository.knuba.edu.ua:8080/xmlui/handle/987654321/2066>.
4. Глотов В. Аналіз сучасних методів знімання під час опрацювання великомасштабних планів. / В.М. Глотов, А.М. Гуніна // Геодезія, картографія і аерофотознімання – 2016. - Вип. 83. – С. 53-63.
5. Krzysztof Bosak. Secrets of UAV photomapping. /Krzysztof Bosak// Електронний ресурс: <http://www.aerialrobotics.eu/pteryx/pteryx-mapping-secrets.pdf>
6. Булат А.Ф. Використання безпілотних літальних апаратів для обстеження аварійних та загрозованих ділянок при виникненні аварійних ситуацій у вугільних шахтах і на будівельних об'єктах / Булат А.Ф., Бунько Т.В., Шатов С.В., Кокчулін І.Є., Яценко І.О., Папірник Р.Б.// Електронний ресурс: <https://doi.org/10.15407/geotm2018.141.027>
7. ДБН В.1.2122008 «Система надійності та безпеки в будівництві. Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки». — Мінрегіонбуд України, Київ, 2008.
8. Кондращенко О.В. Застосування сучасних методик фотограмметричного та геоінформаційного аналізу для забезпечення земельно-майнових відносин / О.В. Кондращенко, М.Л. Мироненко, Д.В. Шаульський // Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура. - 2018. - Вип. 144. - С. 94-99. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2018_144_16.
9. Шульц Р.В. До питання визначення основних параметрів фотографування при безпілотному аерофотозніманні / Р.В. Шульц, П.Д. Крельштейн, І.А. Маліна // Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. зб. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. ; відп. ред. М.М. Осетрін. - Київ : КНУБА, 2015. - Вип. 57. - С. 483 - 490.
10. Григоровський П.Є. Вплив умов ущільненої забудови на вартість та трудомісткість спорудження житлових будинків./ Григоровський П.Є., Надточій М.І.//Нові технології в будівництві №1(19) 2010- С.82-84.
11. Чумак О.В. Методичні засади моніторингу об'єктів культурної спадщини засобами безпілотних літальних апаратів/Чумак О.В., Горковчук Ю.В.// Матеріали Міжнародної

науково-технічної конференції «Геофорум-2022», 6–8 квітня 2022 р., Львів–Яворів–Брюховичі. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2022. Режим доступу: http://zgt.com.ua/wpcontent/uploads/2022/06/ГЕЗИ_ГЕОФОРУМ_2022.pdf

12. Аненков А.О. Вдосконалення системи геодезичного моніторингу інженерних споруд / А.О. Аненков // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2019. – Вип. № 77.-С.21-27

Assistant **Chumak Olga**,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor **Gorkovchuk Julia**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

THEORETICAL ASPECTS OF MONITORING OF CULTURAL HERITAGE OBJECTS USING UNMANNED APPARATUS IN DENSE BUILDING CONDITIONS

Analyzing the present, it is difficult to imagine the scale of destruction of cultural heritage objects, buildings and structures of various purposes that our country has undergone. An important stage for the analysis and further reconstruction of objects of various purposes, including objects of cultural heritage, is the study of their condition. Equally important is the issue of monitoring cultural heritage objects, because according to the current legislation, their monitoring and inventory must be carried out. It is worth noting that the location of cultural heritage objects is important when choosing methods and technologies for monitoring, in particular, this article deals with the issue of monitoring in built-up areas. There are many traditional methods for monitoring and observing deformations, however, in this article, the authors made a theoretical analysis of the use of UAVs in photogrammetry, considered the main aspects of using UAVs for monitoring cultural heritage objects, and analyzed the application of this type of work in compressed conditions. The authors made conclusions regarding the relevance of the work performed by UAV-filming methods, highlighted the advantages and disadvantages of this method and divided them according to the following characteristics: social, economic, and organizational.

Keywords: monitoring; objects of cultural heritage; UAV-shooting unmanned aerial vehicles; compressed conditions; building density

REFERENCES

1. On the protection of cultural heritage. Law of Ukraine of June 8, 08. 06. 2000 №1805-III. Edited on 07/24/2021. {in Ukrainian}.
2. On approval of the procedure for registration of cultural heritage sites. Order of the Ministry of Culture of Ukraine dated 11.03.2013 № 158. Edition dated 20.08.2019. {in Ukrainian}.

3. Staroverov V.S. Estimation of accuracy of remote diagnostics of the pipeline with use of the UAV of the Supercam series /Staroverov V.S., Nikitenko K.O. //Electronic resource: <http://repository.knuba.edu.ua:8080/xmlui/handle/987654321/2066>. {in Ukrainian}.
4. Glotov V. Analysis of modern methods of removal during the processing of large-scale plans / V.M. Glotov, A.V. Gunina // Geodesy, cartography and aerial photography. - 2016. - Vip. 83. -S.53-63. {in Ukrainian}.
5. Krzysztof Bosak. Secrets of UAV photomapping. / Krzysztof Bosak // Electronic resource: <http://www.aerialrobotics.eu/pteryx/pteryx-mapping-secrets.pdf> {in Poland}.
6. Bulat A.F. Use of unmanned aerial vehicles for inspection of emergency and threatening areas in case of emergencies in coal mines and on construction sites / Bulat A.F., Bunko T.V., Shatov S.V., Kokoulin I.E., Yashchenko I.O., Papirnyk R.B.//Electronic resource: <https://doi.org/10.15407/geotm2018.141.027>. {in Ukrainian}.
7. DBN B.1.2122008 "System of reliability and safety in construction. Construction in the conditions of the condensed building. Security requirements. - Ministry of Regional Development of Ukraine, Kyiv, 2008. {in Ukrainian}.
8. Kondrashchenko O.V. Application of modern methods of photogrammetric and geoinformation analysis to ensure land and property relations / O.V. Kondrashchenko, M.L. Myronenko, D.V. Shaulsky // Municipal Economy. Series: Technical Sciences and Architecture. - 2018. - Vip. 144. - P. 94-99. - Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2018_144_16. {in Ukrainian}.
9. R.V. Schultz, P.D. Krelstein, I.A. Malina // Urban Planning and Spatial Planning: Nauk.-tehn. zb. / Kyiv. nat. University of Construction and Architect.; resp. ed. M.M. Osetrin. - Kyiv: KNUBA, 2015. - Issue. 57. - P. 483 - 490. {in Ukrainian}.
10. Grigorovsky P.E. Influence of compacted building conditions on the cost and complexity of construction of residential buildings /Grigorovsky P.E., Nadtochiy M.I. // New technologies in construction №1 (19) 2010- P.82-84. {in Ukrainian}.
11. Chumak O.V. Methodical bases of monitoring of objects of cultural heritage by means of unmanned aerial vehicles / Chumak OV, Gorkovchuk YV // Proceedings of the International scientific and technical conference "Geoforum-2022", April 6-8, 2022, Lviv-Yavoriv– Bryukhovychi. - Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2022. http://zgt.com.ua/wpcontent/uploads/2022/06/THESIS_GEOFORUM_2022.pdf. {in Ukrainian}.
12. Anenkov A.O. Improvement of the system of geodetic monitoring of engineering structures/ A.O. Anenkov // Bulletin of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 2019. - Issue. № 77.-S.21-27. {in Ukrainian}.