

ГЕОДЕЗИЧНИЙ КОНТРОЛЬ КРЕНУ СПОРУД БАШТОВОГО ТИПУ ЗА ДОПОМОГОЮ КВАДРОКОПТЕРА

СЕВЕРІНОВА Анна Сергіївна

*студентка 2-го курсу ОС «Бакалавр»
спеціальності «Геодезія та землеустрій»*

Науковий керівник

ХЛИПОВКА Євгеній Геннадійович,

*старший викладач кафедри геодезії
Криворізький національний університет
м. Кривий Ріг, Україна,
hevgeng@knu.edu.ua*

Визначення крену є одним із ключових показників просторової деформації споруд баштового типу. У процесі експлуатації димових та вентиляційних труб перевищення допустимих значень крену може спричинити зниження несучої здатності конструкції, втрату її стійкості та, у критичних випадках, руйнування [1]. Тому своєчасний і точний геодезичний контроль таких об'єктів є важливою складовою забезпечення їх безпечної експлуатації. На сьогодні існує значна кількість методів визначення крену, вибір яких залежить від вимог до точності вимірювань, конструктивних особливостей споруди та умов виконання робіт. Зокрема, застосовуються метод вертикального схилу, координатний спосіб і спосіб вимірювання горизонтальних кутів, визначення вертикальної проєкції з використанням зенітних приладів, високоточне нівелювання фундаментів, а також стереофотограмметричні методи та інші сучасні технології.

Більшість традиційних геодезичних підходів базуються на припущенні, що вісь споруди визначається як візуальна дотична до її зовнішньої поверхні, тобто конструкція розглядається як ідеальний геометричний конус або циліндр. Проте на практиці реальна форма димових труб може відхилятися від теоретичної через технологічні особливості зведення, складність виконання висотних робіт, нерівномірність кладки, температурні впливи та експлуатаційні навантаження. Такі фактори можуть зумовлювати локальні викривлення поверхні, що впливають на точність визначення крену традиційними методами.

З метою більш повного врахування фактичної геометрії споруди доцільним є застосування малих безпілотних літальних апаратів (квадрокоптерів), оснащених цифровими камерами високої роздільної здатності [2–4]. Використання БПЛА дозволяє оперативно отримувати детальні фотознімки верхньої частини споруди, виконувати дистанційні вимірювання без залучення складних підйомних механізмів та мінімізувати ризики для персоналу. Крім того, цифрова обробка отриманих матеріалів створює можливість уточнення просторового положення осі труби з

урахуванням її реальної геометрії, що підвищує достовірність визначення величини крену. Послідовність виконання спостережень ілюструється на рис. 1.

Зйомка виконується камерою квадрокоптера шляхом отримання двох фотознімків верхньої частини споруди (оголовка димової труби) з вертикального положення. Центр камери послідовно фіксується спочатку над однією зовнішньою гранню оголовка, а потім - по осі над протилежною гранню.

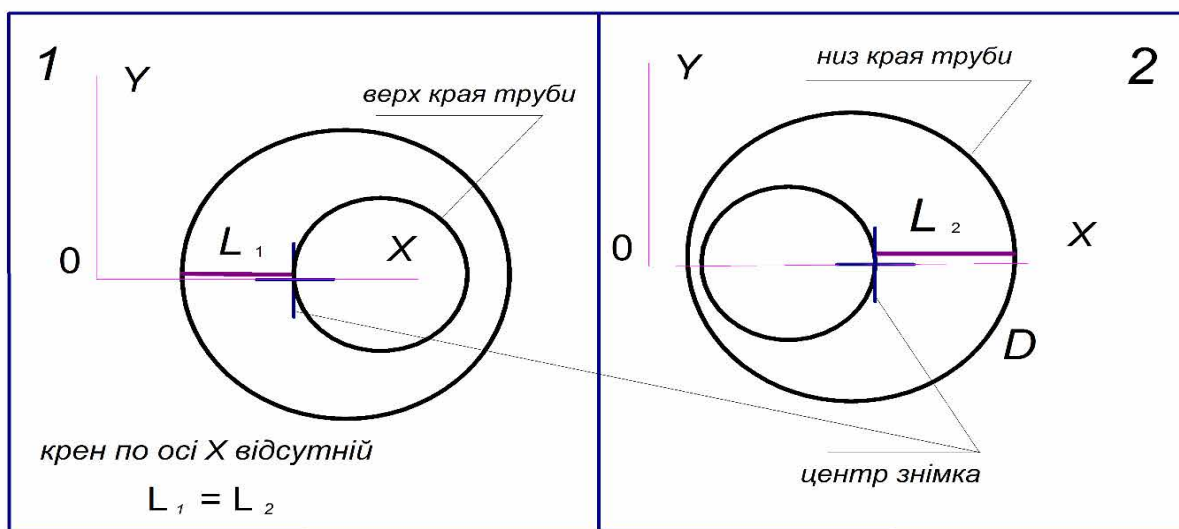


Рисунок 1 – Використання квадрокоптера за дослідженнями крена димової труби.

У камеральних умовах за отриманими знімками визначаються лінійні відстані L_1 та L_2 . У разі їх рівності робиться висновок про відсутність крену за відповідною віссю. Якщо ж значення відрізняються, різниця між ними характеризує величину відхилення осі споруди від вертикалі. Для переходу від вимірних значень на зображенні до реальних лінійних величин доцільно використовувати діаметр основи димової труби D як масштабний параметр знімка. Виконання аналогічних зйомок за іншими осями та напрямками дозволяє встановити просторову форму крену та оцінити його можливу еліптичність. Додатково, фіксуючи центр камери відносно характерних точок або технічних марок на поверхні конуса, можна визначати проміжні значення відхилень по висоті споруди, що підвищує інформативність аналізу.

Запропонований підхід є ефективним для дослідження конусних конструкцій. Для прямолінійних (циліндричних або призматичних) споруд також можливе застосування квадрокоптера, однак у цьому випадку доцільно використовувати допоміжні далекомірні або масштабні мітки на зображенні. Схему визначення крену прямовисної будівлі наведено на рис. 2.

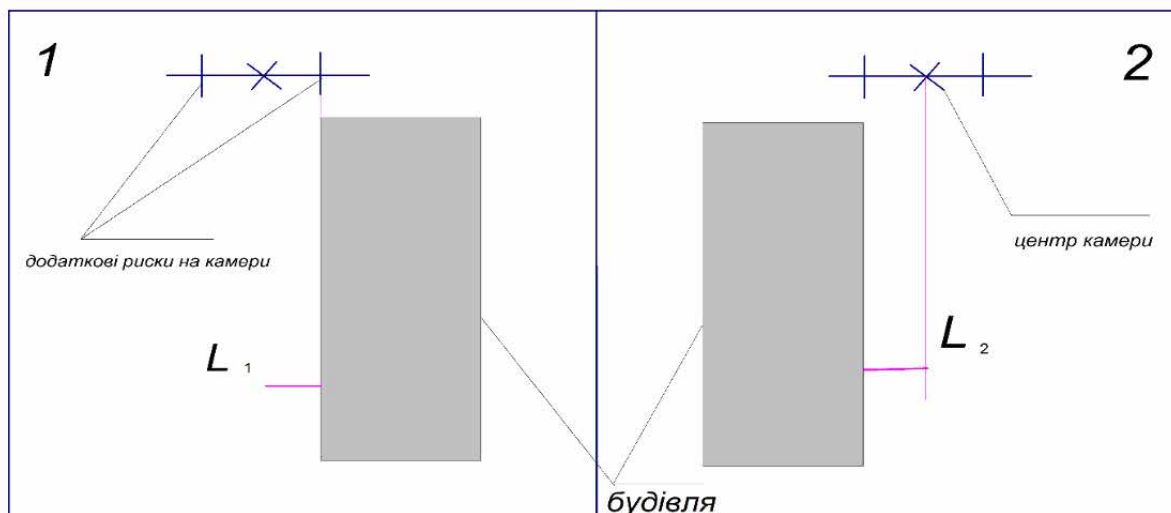


Рисунок 2 – Визначення крена прямовисної будівлі.

Отже, порівняння відстаней L_1 та L_2 , визначених на фотознімках, дозволяє оперативно встановити наявність або відсутність крену споруди. У випадку рівності цих величин вісь об'єкта збігається з вертикаллю, що свідчить про відсутність відхилення. Нерівність значень L_1 та L_2 характеризує величину крену, яка визначається їх різницею та після масштабування може бути переведена у реальні лінійні показники. Таким чином, запропонований підхід забезпечує простий і наочний спосіб оцінювання просторового положення споруди.

Висновок та напрямки подальшого дослідження. Отже, порівняння відстаней L_1 та L_2 , визначених на фотознімках, дає змогу оперативно встановити наявність або відсутність крену споруди. За умови рівності цих величин вісь об'єкта збігається з вертикаллю, що свідчить про відсутність відхилення. Якщо ж значення L_1 та L_2 не є рівними, їх різниця характеризує величину крену, яка після урахування масштабу знімка може бути переведена у реальні лінійні параметри. Таким чином, запропонований метод забезпечує наочний, відносно простий та безпечний спосіб контролю просторового положення висотних споруд.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на підвищення точності методу шляхом автоматизації обробки знімків, розроблення алгоритмів цифрового визначення осі споруди, інтеграції фотограмметричних даних із геоінформаційними системами, а також експериментальної перевірки методики на об'єктах різної конструктивної форми та висоти. Перспективним є також поєднання БПЛА-зйомки з лазерним скануванням для отримання більш повної просторової моделі досліджуваної споруди.

Список використаних джерел:

- 1 ДБН В.2.1-10:2009. Основи і фундаменти будівель і споруд. Основні положення проектування. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.
- 2 Хлиповка Є. Г., Шабашова В. В. Метод визначення крену споруд баштового типу // Сталій розвиток промисловості та суспільства : матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. – Кривий Ріг, 2018. – С. 61.
- 3 Хлиповка Є. Г. Метод аерофотозйомки з квадрокоптера в кадастровому виробництві. – Київ : КНУБА, 2017.
- 4 Хлиповка Є. Г. Спосіб кадастрової та геодезичної зйомки : пат. 101827 Україна : МПК (за наявності). № 101827 ; заявл. (за наявності); опубл. 25.09.2015. – Зареєстровано в Держ. реєстрі патентів України на корисні моделі.



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ**

**ЗБІРНИК ТЕЗ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

«GEOPOINT»

5-6 березня 2026 року

**PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL
CONFERENCE**

«GEOPOINT»

March 5-6, 2026

УДК 332.2/.7:528.4/.9"364"(082)

ISBN 978-617-8798-98-7

«GEOPPOINT»: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 5-6 березня 2026 року: матеріали конференції. Київ: НУБіП України. 2026. 332 с.

Рекомендовано Вченою радою факультету землевпорядкування Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол № 5 від 19 березня 2026 року)

У збірнику матеріалів конференції подано результати сучасних наукових досліджень за секціями: землеустрій та кадастр в умовах воєнного стану та повоєнного відновлення, оцінка земель, врахування збитків та управління ризиками, геопросторові технології та ДЗЗ. Розраховано для науково-педагогічних працівників, представників науково-дослідних установ, науковців, спеціалістів установ та фахівців землевпорядного напрямку, аспірантів, студентів.

У разі повного або часткового використання матеріалів збірника посилання обов'язкове. Автори матеріалів несуть повну відповідальність за точність наведених фактів, цитат, власних імен та інших відомостей, відповідаючи принципам академічної доброчесності.

Відповідальні за випуск: І. А. Опенько, О. Д. Грищак

©НУБіП України, 2026