

**КОНТРОЛЬ КРЕНУ СПОРУД БАШТОВОГО ТИПУ
ЗА ДОПОМОГОЮ КВАДРОКОПТЕРА**

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.

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. 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.

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.

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.

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.

Список літератури

- 1 ДБН В.2.1-10:2009. Основи і фундаменти будівель і споруд. Основні положення проектування. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.
- 2 Хлипівка Є. Г., Шабанова В. В. Метод визначення крену споруд баштового типу // Сталій розвиток промисловості та суспільства : матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. – Кривий Ріг, 2018. – С. 61.
- 3 Хлипівка Є. Г. Метод аерофотозйомки з квадрокоптера в кадастровому виробництві. – Київ : КНУБА, 2017.
- 4 Хлипівка 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.