

безпеки. – 2020. – № 1. – С. 52-58.

25. Михалевич В. М., Шевчук О. І., Буга Н. Л. Математичні системи комп'ютерної алгебри як засіб підвищення ефективності і якості освітнього процесу з вищої математики / В. М. Михалевич, О. І. Шевчук, Н. Л. Буга // Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. – Київ-Вінниця : ДОВ «Вінниця», 2007. – С. 357-360.

26. Березюк О. В. Комп'ютерна програма "Регресійний аналіз" ("RegAnaliz") // О.В. Березюк. – К. : Державна служба інтелектуальної власності України. Дата реєстрації: 03.06.2013.

27. Березюк О. В. Встановлення регресій параметрів захоронення відходів та потреби в ущільнювальних машинах на основі комп'ютерної програми «RegAnaliz» / О. В. Березюк // Вісник ВПІ. – 2014. – № 1. – С.40-45.

28. Березюк О. В. Определение регрессии коэффициента уплотнения твердых бытовых отходов от высоты полигона на основе компьютерной программы «RegAnaliz» / О. В. Березюк // Автоматизированные технологии и производства. – 2015. – № 2 (8). – С. 43-45.

Сергій ШАТОВ

*доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри будівельних і дорожніх машин,
Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури,
<https://orcid.org/0000-0002-1697-2547>*

Данило ГОНЧАРОВ

*аспірант кафедри технології будівельного виробництва,
Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури,
<https://orcid.org/0000-0003-3772-6799>*

ПРОФЕСІЙНА ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ У СФЕРІ ТЕХНІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

Анотація. Сучасні наукові дослідження дозволяють використовувати інноваційні технології в різних сферах будівельного

процесу, зокрема для визначення технічного стану об'єктів. Ці інновації необхідно враховувати при вивченні дисциплін будівельного напрямку. Обстеження технічного стану будівельних об'єктів, зокрема зруйнованих або пошкоджених, пов'язане із значним обсягом трудомістких та небезпечних для виконання робіт. Зараз ці роботи виконують рятувальники Державної служби з надзвичайних ситуацій та спеціально підготовлені у сфері промислового альпінізму робітники. Обґрунтовано доцільність використання безпілотних літальних апаратів для визначення технічного стану будівельних об'єктів. Розроблено конструкції безпілотних літальних апаратів, які дозволяють проводити ефективні дослідження з метою визначення стану зовнішніх та внутрішніх поверхонь пошкоджених будівельних об'єктів.

Ключові слова: будівельні об'єкти, руйнування та пошкодження, обстеження, технічний стан, безпілотні літальні апарати.

Під час навчання майбутніх фахівців будівельних спеціальностей дисципліни бакалаврата «Технологія будівельного виробництва», «Діагностика технічного стану та підсилення будівельних конструкцій» та магістратури «Модернізація, реконструкція та ремонтно-відновлювальні роботи в будівництві», «Технічна діагностика та підсилення залізобетонних конструкцій будівель і споруд» надають відомості з обстеження технічного стану будівель і споруд [8, 9]. Це питання є важливим із точки зору безпечного використання цих об'єктів та зменшення витрат на їх утримання.

Особливо важливе значення обстеження технічного стану будівель і споруд має при їх реконструкції та в особливих умовах – при техногенних аваріях, внаслідок стихійних лих та воєнних дій [1, 2, 3, 5]. Ці події призводять до руйнування та пошкодження будівельних об'єктів. При відновленні або повному розбиранні будівель і споруд використовуються різноманітні засоби механізації, які залучаються до проведення цих робіт без урахування параметрів уламків конструкцій, що призводить до виконання цих робіт за недосконалою технологічними схемами. Це збільшує терміни та трудомісткість здійснення відновлюваних робіт. Тому вивчення інноваційних методів обстеження технічного стану будівельних об'єктів, зокрема зруйнованих споруд, є актуальним освітнім завданням.

Розділ 3
**ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ**

У будівництві поширені два методи обстеження технічного стану будівель і споруд – візуальний та візуально-інструментальний [4, 6]. Організація робіт із розбирання уламків конструкцій базується на відомостях про структуру руйнувань: параметри уламків та їх кількість. Зараз ці відомості отримують шляхом безпосереднього обстеження руйнувань рятувальниками Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС) та фахівцями-експертами: візуального огляду (рис. 1), інструментального виміру уламків, фото- і відеозйомки.



а



б

*Рис. 1. Визначення характеру руйнувань споруд візуальним оглядом:
а – м. Дніпро (2007 р.); б – м. Нью-Йорк (2001 р.)*

Такі підходи до визначення параметрів уламків є небезпечними для рятувальників (можливі обвалення елементів руйнувань або нестійких конструкцій частково зруйнованих об'єктів) і не мають логічного продовження в питаннях організаційно-технологічних рекомендацій щодо розбирання руйнувань. Такий аналіз структури руйнувань не дає повної інформації, що збільшує похибку у визначенні видів засобів механізації та їх кількості, у плануванні та виконанні робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

При реконструкційних роботах на будівлях та спорудах також необхідні відомості про параметри будівельних елементів, що входять у ці об'єкти. Це дозволяє обґрунтовано обирати машини та механізми для часткового або повного розбирання будівель і споруд на окремі елементи. Параметри елементів таких об'єктів можливо отримати із їхньої будівельної документації. Недоліком цього є те, що в більшості

Розділ 3
**ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ**

випадків реконструкції потребують старі будівлі та споруди, технічна документація яких відсутня або неповна.

Аналіз техногенних подій від вибухів побутового газу у Дніпрі, Євпаторії, Миколаєві, Українську (рис. 2) показав, що залежно від джерела аварії або стихійного лиха, їх потужності, часу дії та інших чинників руйнування споруд та будівель має імовірний характер [2, 3]. У той же час є певні окремі закономірності їхнього руйнування.



*Рис. 2. Пошкоджені вибухами газу житлові будівлі:
а – м. Дніпро (2007 р.);
б – м. Миколаїв (2014 г.);
в – м. Євпаторія (2008 р.);
г – м. Українськ (Донецької обл., 2016 р.)*

Для розробки обґрунтованих рішень щодо організації і проведення робіт з розбирання руйнувань будівель і споруд, а також при реконструкційних роботах, при технічному обстеженні пропонується проводити визначення таких параметрів уламків та будівельних елементів:

Розділ 3
ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ

1. Геометричні показники:

- габаритні розміри уламків або будівельних елементів у трьох площинах: $a \times b \times h$ (довжина, ширина, товщина), м;

- об'єм уламків, або V (перемножування $a \times b \times h$), м³;

2. Маса $m_{ул.}$ уламків або будівельних елементів визначається:

$$m_{ул.} = \gamma_{ул.} \times V_{ср} , \quad (1)$$

де $\gamma_{ул.}$ – щільність матеріалу уламка або будівельного елемента (для бетону 2,0 – 2,2 т/м³; для цегли 1,9 – 2,0 т/м³).

Пропонується визначати параметри уламків та будівельних елементів фото- і відеозйомкою об'єктів безпілотними літальними апаратами (БЛА) з подальшою комп'ютерною обробкою результатів [11, 12]. Передбачається наступна послідовність робіт. Фотографується зруйнований об'єкт (рис. 3). На отриманому зображенні виділяється елемент A будівлі, який не отримав пошкодження і розміри якого відомі із проектної або нормативної документації (еталонний об'єкт).

Потім послідовно виділяються уламки завалу, розміри яких необхідно визначити (наприклад, уламок B). Проводиться растрування еталонного елемента A , яке полягає у визначенні чисельного значення пікселів P_1 (крапок на фотознімку), якому відповідає розмір h (рис. 3, а). Обчислюється масштабний коефіцієнт K_1

$$k_1 = \frac{h}{P_1} , \quad (2)$$

де h – лінійний розмір еталонного елемента;

P_1 – кількість пікселів.

Потім визначається необхідний розмір уламка B (рис. 3, б)

$$L_i = k_1 \times P_{2_i} , \quad (3)$$

де L_i – лінійний розмір уламка; P_{2_i} – кількість пікселів.

По об'єкту можуть бути визначені три основні розміри, що дозволяє розрахувати його об'єм $V_{ул.}$ та масу $m_{ул.}$ (через щільність його матеріалу), а потім – кількість техніки для розбирання уламків [8].

Важливе значення для точності отриманих результатів відіграє точка, з якою проводиться фотофіксація завалу і зруйнованої будівлі. Найменшу похибку на знімках матимуть уламки, які розташовуються

Розділ 3
ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ

суворо перпендикулярно до осі зйомки і знаходяться на незначній відстані від еталонного елемента будівлі [10]. Тому в більшості випадків фотографування завалу доцільно виконувати зверху. Технічно це виконується з безпілотного літального апарата. Таким чином, проаналізувати структуру завалу, розміри уламків і прийняти рішення про раціональну технологію ведення робіт можливо з будь-якої точки планети і в найкоротші терміни.

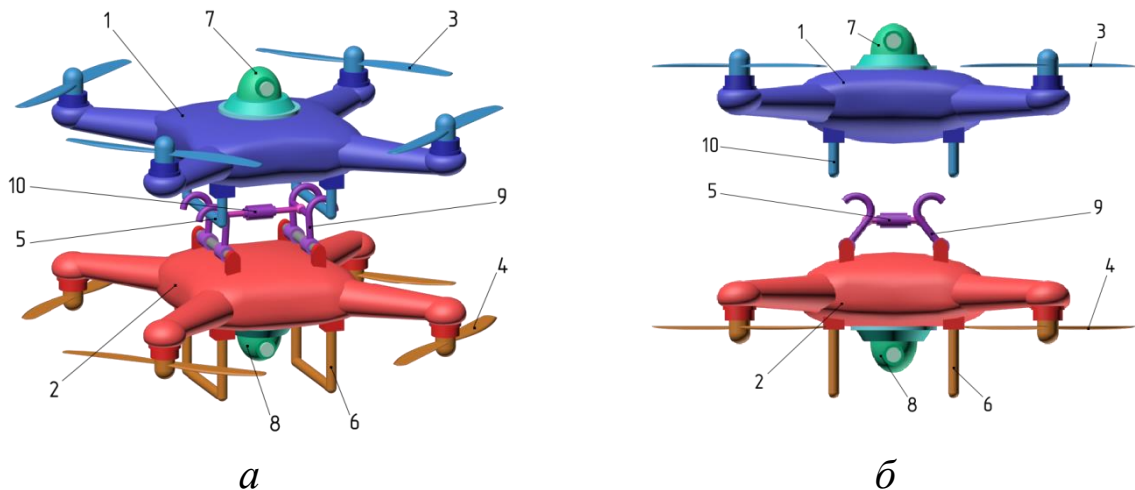


*Рис. 3. Обробка отриманих зображень:
а – зруйнована будівля і завал, розміри уламків яких визначаються;
б – еталонний елемент А будівлі;
в – уламок Б, лінійні розміри якого визначаються.*

Розділ 3
**ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ**

У тому разі коли потрібно обстеження багатьох об'єктів, які були пошкоджені внаслідок стихійного лиха (наприклад, землетрусу), доцільно використовувати декілька БЛА. Причому вони можуть мати пристрій доставки одним БЛА іншого (рис. 4). Після прибуття до місця зйомки тандем БЛА роз'єднується та кожний апарат виконує обстеження свого району. Це прискорить отримання інформації про характер руйнувань та скоротить час на проведення відновлювальних робіт.

Ця та інші пропозиції були розроблені за участю студентів та захищені патентами України на корисну модель.



*Рис. 4. Тандем безпілотних літальних апаратів:
а – сумісний політ; б – процес роз'єднання*

Розроблений метод визначення розмірів уламків дозволяє фіксувати уламки, розташовані на поверхнях завалів. Тому обробка даних повинна виконуватися безперервно і паралельно виконанню робіт із розбирання завалу з метою визначення параметрів уламків, які знаходились усередині завалу (рис. 5). Для цього після розбирання зруйнованих конструкцій на поверхні завалу виконується фотозйомка наступного шару руйнувань та проводиться розрахунок їх параметрів для призначення видів та кількості засобів механізації для цих умов. Такий підхід використовують до повного розбирання уламків.

Розділ 3
ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДІ



а



б



в



г

*Рис. 5 Розбирання завалу по вул. Мандриківська, 127 у Дніпрі:
а, б – початкові етапи; в, г – проміжні стадії.*

В експлуатації висотних споруд і будівель особливе місце займають димові труби. Основним призначенням димових труб є відведення газів (продуктів згоряння палива в топці або в інших технологічних процесах). Разом із ними через трубу видаляються дим, сажа й попіл, які можуть осідати на його стінках, ускладнюючи проходження газів. Димові труби руйнуються зсередини і зовні під дією агресивних димових газів і вітрового навантаження. Ці споруди потребують постійного догляду та своєчасного обстеження. Визначення технічного стану димових труб виконується візуально-інструментальним і візуальним методами із залученням спеціально навчених робітників, які проходять підготовку з промислового альпінізму. Обстеження цих споруд є трудомістким, небезпечним та значної вартості.

Димові труби (рис. 6) зводяться цегельними та металевими. Останні можуть мати металеву башту для забезпечення стійкості.

Розділ 3
**ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-
БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДІ**

Димові труби повинні забезпечити нормальну тягу в печі, яка перебуває у прямому співвідношенні з товщиною і висотою димохідного отвору. Температура продуктів згоряння на виході з труби може перевищувати 100°C , що дозволяє створювати в опалювальній конструкції природну тягу – шляхом заміщення гарячих шарів повітря холодними. У зв'язку з цим товщина стінок димової труби повинна бути не менш ніж у півтори цеглини (ідеальне співвідношення для труб корінного типу). Залежно від призначення, димові труби мають різноманітні геометричні параметри.



а



б

*Рис. 6. Димові труби:
а – цегельна; б – металева*

До дефектів цегельних труб належать тріщини, руйнування окремих цеглин (рис. 7, а), вигін внутрішніх поверхонь (рис. 7, б). Пошкодження металевих труб пов'язані з корозією (рис. 7, в) та деформацією їхніх елементів.

Розділ 3
ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ

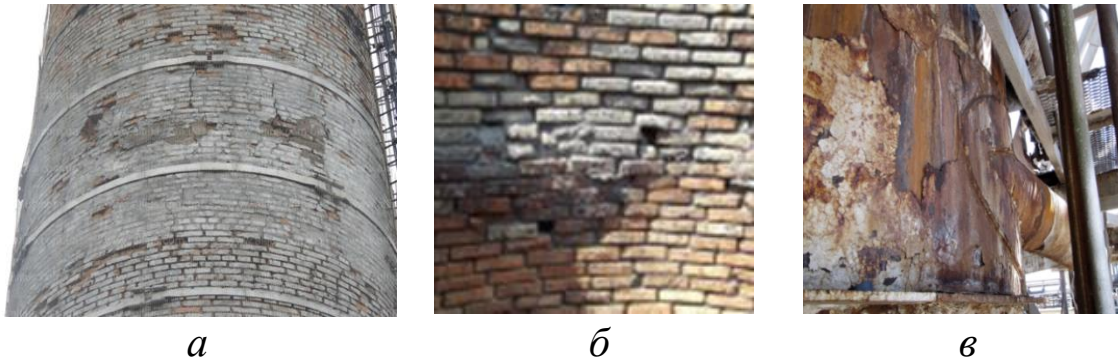


Рис. 7. Пошкодження димових труб:

- а – тріщини та руйнування окремих цеглин;*
- б – вигін внутрішніх поверхонь;*
- в – корозія конструкцій*

Своєчасне обстеження труби дозволяє виявити виниклі дефекти й забезпечити нормальну циркуляцію повітря в опалювальному каналі споруди. При виявленні тріщин у трубі їх необхідно усувати, оскільки потрапляння до них вологи може призвести до повного руйнування труб у холодний період, коли вода в них, замерзнувши, розширить шви. Розчин із швів замінюють кожні п'ять-десять років, що входить до капітального ремонту димових труб.

Першочерговим завданням, яке покладається на діагностику технічного стану будівель і споруд, є з'ясування дійсного стану цілісності конструкції. Як правило, проведена експертиза стану споруд дозволяє зробити своєчасні висновки щодо можливості подальшої експлуатації і потреби проведення ремонтних робіт. Такі роботи виконуються на значній висоті (до 330 м), до яких залучаються робітники, підготовлені до промислового альпінізму та оснащені спеціальним спорядженням.

При обстеженні димових труб визначається їхній стан, як на зовнішній, так і на внутрішній поверхнях, виконуються ультразвукові дослідження та перевірка міцності окремих елементів. При необхідності беруть зразки матеріалів для їх дослідження в лабораторних умовах. При цьому спеціалісти переміщуються по майданчиках, скобах та дробинах на трубі, а також із використанням альпіністського спорядження (рис. 8). Особливо трудомісткі роботи пов'язані з обстеженням внутрішніх поверхонь димових труб. Такі роботи також є небезпечними і вимагають багато часу на їх підготовку та проведення.

Розділ 3
ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ

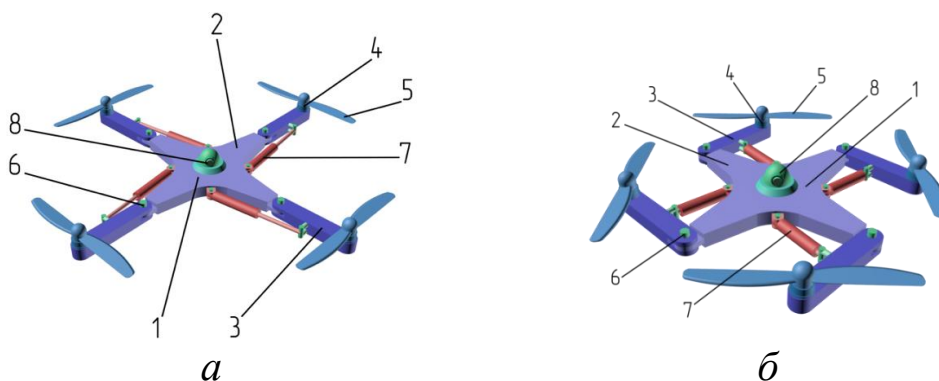


Рис. 8. Обстеження труби альпіністами

Обладнання, яке використовують спеціалісти, повинне бути випробуване та відповідати вимогам правил роботи на висоті. Крім того, на проведення робіт впливають кліматичні умови (волога, вітер, температура), які обмежують їхнє тривання.

Тому для обстеження технічного стану висотних споруд, зокрема, доцільно використовувати безпілотні літальні апарати (БЛА). Найбільш поширеними БЛА є квадрокоптери. Водночас, для використання при визначенні технічного стану димових труб вони мають ряд обмежень: малий запас польоту, значні габарити для переміщення у трубах.

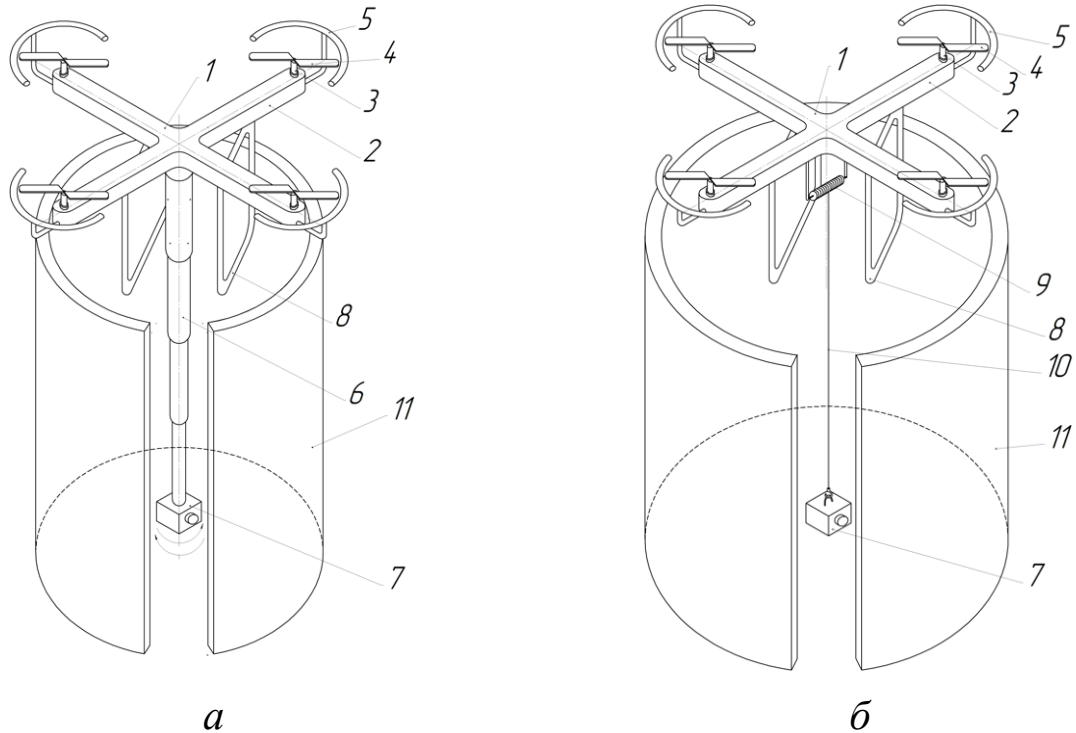
З метою усунення цих недоліків розроблені конструкції квадрокоптерів для обстеження внутрішніх поверхонь димових труб: квадрокоптер із зміною габаритних розмірів при повороті консолей 3 із гвинтами 5 (рис. 9); із приводом переміщення фотокамери 7 (рис. 10). Якщо внутрішні поверхні димових труб мають малий розмір, то квадрокоптер може зменшити свої габаритні розміри шляхом повороту консолей 3 із гвинтами 5.



*Рис. 9. Квадрокоптер із зміною габаритів:
а – початкове положення; б – для польоту у трубі*

Розділ 3
ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ

Для того щоб БЛА не залітав у внутрішню порожнину димових труб та мав надійний зв'язок із супутниковою системою керування, розроблено конструкцію переміщення фотокамери до димової труби. Привод переміщення фотокамери 7 може виконуватися за двома варіантами: телескопічним 6 (рис. 10, а) та у вигляді лебідки 9 із гнучким поліспастром (рис. 10, б).



*Рис. 10. БЛА з приводом переміщення фотокамери:
а – телескопічний; б – з лебідкою*

Обстеження зовнішніх поверхонь виконується їх фото- та відеозйомкою при польоті квадрокоптера 1 по спіралі 4 (рис. 11, а) або спеціальним БЛА з декількома фотокамерами 7 (рис. 11, б). При цьому конструкція коптера охоплює зовнішню поверхню труби та може змінювати свої розміри.

Розділ 3
ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДІ

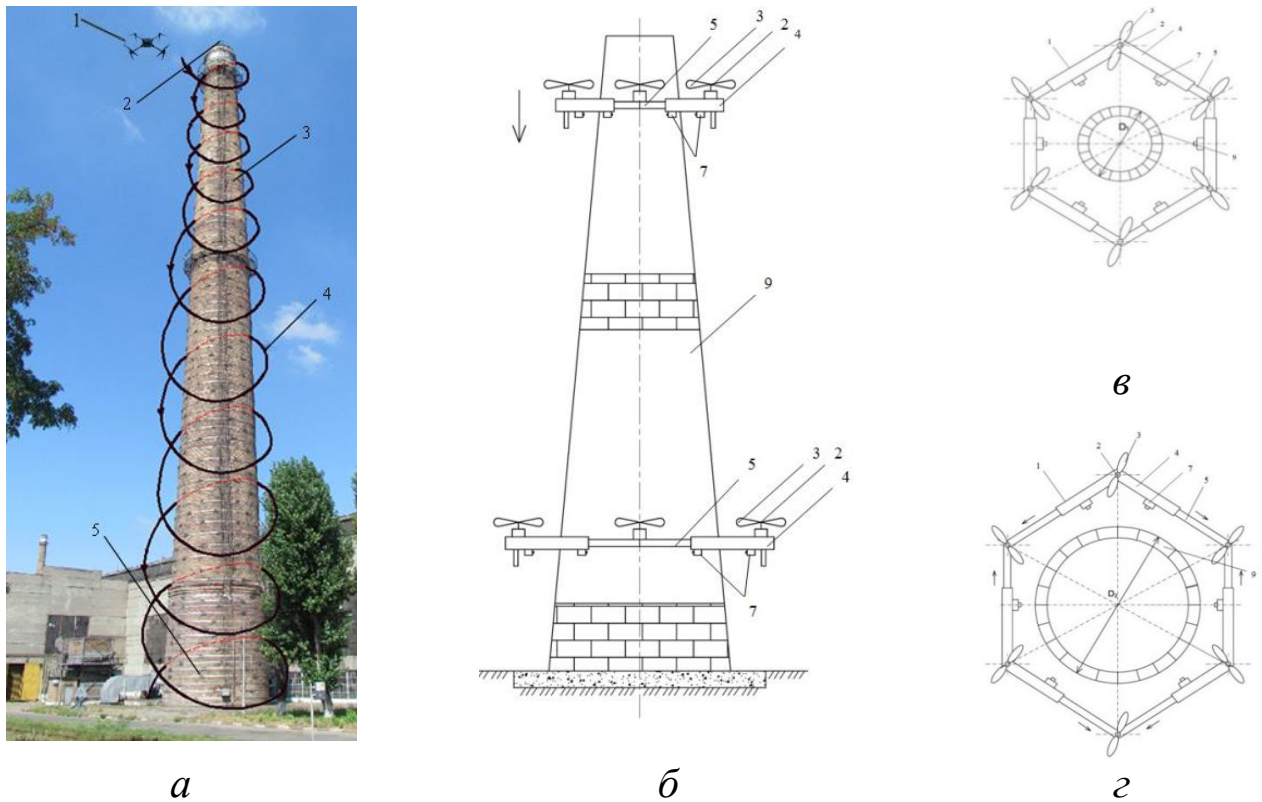


Рис. 11. Обстеження зовнішніх поверхонь труб:

а – політ БЛА по спіралі; б, в, г – БЛА з декількома фотокамерами

Для збільшення запасу польоту та ретельного обстеження окремих частин димових труб доцільно оснащати БЛА пристроями їх тимчасової фіксації на поверхні труб, наприклад присосками 4 (рис. 12, а).

У місці дефектів труби, БЛА 1 за допомогою присосок 4 та механізму їхнього керування 6 тимчасово закріплюється на трубі 10 та вимикає приводи гвинтів, що зменшує витрати енергії. Після фотозйомки гвинти включаються у дію, присоски 4 механізмом 6 звільняються, і БЛА продовжує політ. За матеріалами фотозйомки робиться висновок про технічний стан об'єкта.

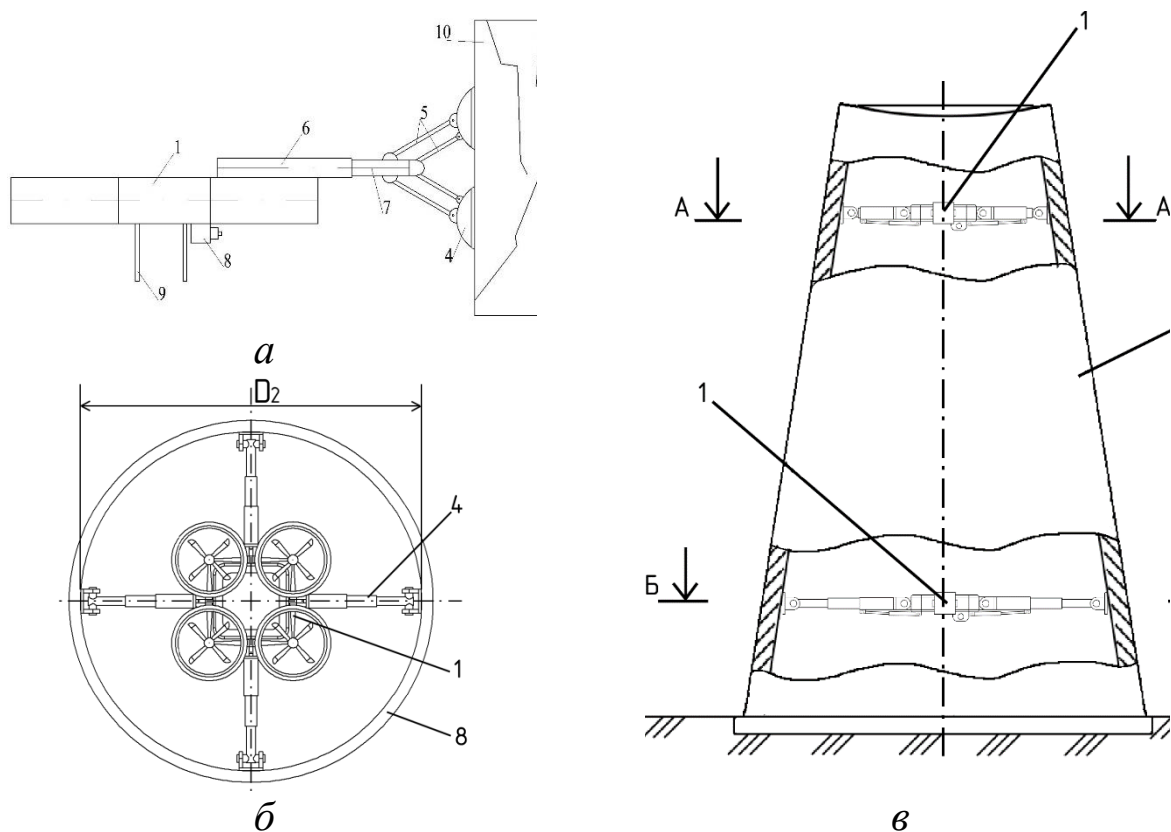


Рис. 12. Обстеження димових труб:
 а – БЛА з присосками; б, в – БЛА з опорами-фіксаторами

Тимчасово закріплюючись БЛА на внутрішній поверхні труби 8 дозволяє наявність у його конструкції телескопічних опор-фіксаторів 4 (рис. 12, б, в), які з вертикального положення під час зльоту переводяться у горизонтальне розташування при фотозйомці.

Використання безпілотних літальних апаратів значно зменшує трудомісткість робіт із діагностування технічного стану будівельних об'єктів, підвищує безпеку цих робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гончаренко Д. Ф. Технология демонтажных и строительно-монтажных работ при восстановлении частично разрушенного здания / Д. Ф. Гончаренко, Н. А. Меленцов, А. С. Константинов // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2013. – № 1. – С. 42–44.
2. Казаков Б. Організація та проведення аварійно-рятувальних робіт на житлових будівлях і спорудах / Б. Казаков, Е. Чадов // Надзвичайна ситуація. – 2007. – № 6. – С. 44–49.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ТА ІНЖЕНЕРНО-БУДІВЕЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У КОНТЕКСТІ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОДИ

3. Марков А. И. Аварии зданий и сооружений / А. И. Марков, М. А. Маркова. – Запорожье : Настрой, 2008. – 84 с.
4. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану: ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. – Мінрегіон України., – 43 с.
5. Неукротимая планета. Когда природа сходит с ума / Д. Берни, Д. Гилпин, С. Койн, П. Симонс; пер. с англ. – [Германия] : Дом Ридерз Дайджест, 2008. – 319 с.
6. Нормативные документы по вопросам обследования, паспортизации, безопасной и надежной эксплуатации производственных зданий и сооружений. – К. : Государственный Комитет Украины по строительству и архитектуре, 2003. – 144 с.
7. Савйовский В. В. Техническая диагностика строительных конструкций зданий / В. В. Савйовский. – Х. : Форт, 2008. – 560 с.
8. Савйовський В. В. Будівельно-монтажні роботи в умовах реконструкції: навч. посібник для студ. спец. "Промислове і цивільне будівництво" / В. В. Савйовський ; Інститут системних досліджень освіти, Харківський держ. технічний ун-т будівництва і архітектури. – К. :, 1994. – 156 с.
9. Технологія будівельного виробництва: підручник / В. К. Черненко, М. Г. Ярмоленко, Г. М. Батура та ін.; За ред. В. К. Черненка, М. Г. Єрмоленка. – К. : Вища шк., 2002. – 430 с.
10. Форсайт Д. Компьютерное зрение. Современный поход / Д. Форсайт, Ж. Понс. ; пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 926 с.
11. Шатов С. В. Визначення параметрів уламків зруйнованих споруд та елементів будівель, які реконструюються / С. В. Шатов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2011. – № 3. – С. 8–14.
12. Шатов С. В. Використання безпілотних літальних апаратів для обстеження технічного стану висотних споруд / С. В. Шатов, В. В. Богомолів, В. В. Лисиця // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машин и оборудование. Вып. 107. – Д. : ГВУЗ «ПГАСА», 2019. – С. 129-135.