

УДК 528.88+347.426

**МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ЗБОРУ ЗВЕДЕНИХ ДОКАЗІВ
ДЛЯ РЕЄСТРУ РУЙНУВАНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ АЕРОФОТОЗЙОМКИ**

С.І. Горелик,

кандидат технічних наук, доцент,

e-mail: s.horelik@khai.edu

*Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський
авіаційний інститут»*

А.С. Нечаусов,

кандидат технічних наук, доцент,

e-mail: a.nechausov@khai.edu

*Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський
авіаційний інститут»*

М.А. Левченко,

студент 4 курсу,

e-mail: m.a.kudinov@student.khai.edu

*Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський
авіаційний інститут»*

Анотація. *Збройна агресія російської федерації проти України призвела до значних руйнувань житлової та муніципальної інфраструктури міст та селищ не тільки на окупованих територіях, а й на територіях по всій країні через масовані ракетні обстріли. Така проблема як оцінка збитків для людей які втратили житло, або мають часткові пошкодження житла, має пріоритетний статус, адже кількість людей що залишаються просто неба постійно зростає, а соціальне тимчасове житло закінчується, бо стає для них постійним. Тому будь які державні ініціативи щодо відшкодування, або відбудови житла людям та відновлення муніципальних установ та споруд, що є значущими для відновлення нормального життя на деокупованих територіях та територіях країни що зазнають найбільшої шкоди від агресії мають знаходити*

активну підтримку як практичну, так і аналітичну серед наукової спільноти та юридичних осіб, які здатні у короткий час втілювати ініціативи держави в практичну площину. Таким чином в статті запропонована методологічна основа для практичного втілення державної ініціативи на ефективний та обґрунтований фактологічними доказами (аерофотознімками, ортофотопланами, відвекторизованими та віддешифрованими типовими ознаками руйнувань), розподіл коштів на відновлення та відбудову пошкодженого майна людям які зазнали матеріальних втрат та не мають де жити.

Метою дослідження є розроблення методики збору та каталогізації зведених доказів для реєстру руйнувань за допомогою аерофотозйомки із урахуванням всіх етапів та видів робіт в умовах та з урахуванням ведення бойових дій.

Головні завдання дослідження: аналіз існуючих методів визначення геометричних характеристик наслідків влучання військових снарядів в будівлі; визначення залежності між силою вибуху та геометричними характеристиками пошкодження; розробка методики визначення ступеню пошкодження будівлі та оцінки збитків; створення та впровадження технологій обробки та каталогізації типових даних щодо пошкоджень; розробка форм звітної документації на базі наборів отриманих даних з урахуванням подальших потреб держави; практична апробація розробленої методики на прикладі реальної тестової ділянки деокупованої території.

Розроблена методика дозволить оптимізувати процес отримання та обробки необхідних даних починаючи з етапу планування місії, закінчуючи етапом оцінки збитків, спираючись на оброблені дані та технічні звіти команди аналітиків за рахунок створення єдиної та універсальної методики, що мінімізує багаточисельні відмінності у стандартизації вхідних даних, дозволить створити єдину ефективну систему збору даних по всій території країни та прискорити процес фіксації та підтвердження на державному рівні випадків, що потребуватимуть втручання держави. Ефективність та точність

запропонованої методики обумовлена закладеними до її основи сучасними програмно-аналітичними продуктами геоінформаційних технологій та ефективними технологічними засобами польової роботи для отримання даних ДЗЗ.

Ключові слова: збитки, аерофотозйомка, БпЛА, ДЗЗ, військова агресія рф.

Актуальність. Військова агресія проти України станом на січень 2024 р. спричинила колосальні збитки, які приблизно оцінюються у 155 млрд. \$ [1]. Ці оцінки є приблизні й не остаточні. Післявоєнна відбудова потребує точного визначення збитків, яких зазнала Україна у зв'язку з руйнуваннями інфраструктури внаслідок бойових дій. Отримані кількісні показники матеріальних збитків необхідні для визначення розмірів репарацій.

З огляду на ступінь руйнації найбільш постраждалими є населені пункти в яких безпосередньо відбувалися військові дії, тобто по цих територіях проходила лінія фронту. Чим більш статична лінія фронту, тим більший ступінь руйнацій. Відповідно на тих територіях, де впродовж довго часу велись бойові дії ступінь зруйнованості може сягати 95-100% [2]. Отже, обсяг збитків завданий інфраструктурі на цих територіях є найбільшим.

Зазначимо, що в місцях які віддалені від зони бойових дій фіксація пошкоджень або руйнацій будівель відбувається напряду відповідними органами з мінімальними ризиками. На деокупованих територіях, де велися активні бойові дії, виникає проблема фіксації цих злочинів та подальшого розрахунку збитків у зв'язку з мінною небезпекою й значною кількістю зруйнованих об'єктів. З метою вирішення цієї проблеми ефективно використовувати аерофотозйомку з безпілотних літальних апаратів (БпЛА).

Отже, завдання розробки методики збору та каталогізації зведених доказів для реєстру руйнувань за допомогою аерофотозйомки із урахуванням всіх етапів та видів робіт є актуальним та важливим для країни в даний момент.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням планування аерофотознімальних робіт для різних прикладних завдань займалось багато

дослідників, серед них слід відзначити Пілічева М.О., Маслій Л.О. [3], Jamieson A., Bassett I., Hill L., [4] та ін. У своїх дослідженнях вони показали ефективність використання даних аерофотозйомки для раціонального рішення науково-практичних завдань.

Оцінкою збитків від військової агресії дій для населених пунктів займалися Комнатний С. О. [5], Анісімова А. [6], Дідух Я.П. [7] та ін. Слід зазначити, що здебільшого розроблені методики оцінки збитків ґрунтуються на обстеженні будівель і споруд безпосередньо на місцевості. Великий об'єм руйнувань й мінна небезпека ускладнює контактний метод дослідження, тому використання даних аерофотозйомки з БПЛА дозволяє оперативно й безпечно визначати матеріальні збитки від військових дій.

Мета дослідження. Метою дослідження є збільшення ефективності процесу збору даних для визначення збитків завданих забудові на деокупованих територіях в умовах військового стану за рахунок впровадження аерофотознімальних робіт з використанням БПЛА, процесів та технологій обробки отриманих даних для підтримки та прийняття управлінських рішень.

Для вирішення поставленої мети сформульовані та виконані такі технічні завдання:

- розроблення процедур для вирішення актуальних проблем зі збором, перевіркою, аналізом та оцінкою втратити цивільної інфраструктури України на деокупованих територіях: збір актуальної інформації щодо бойових дій в регіоні, вивчення та оцінка вихідної знімальної і картографічної документації, документації польових топографо-геодезичних робіт, фотознімання території, попередня обробка матеріалів зібраної картографічної інформації, виготовлення ортофотоплану, векторизація ортофотоплану, інтерпретація даних на основі векторизації.

- розроблення функціонального блоку геоінформаційної системи для подальшої роботи із ортофотопланами високої якості й базою геоданих руйнувань, що в майбутньому дозволить приймати управлінські рішення щодо післявоєнної відбудови країни, а також стане правовою інформаційно-доказовою

базою для подальшого юридичного захисту прав України та її громадян на міжнародних судах проти країни-агресора.

Матеріали і методи дослідження. У процесі дослідження отримані дані сортуватимуться на прямі та непрямі збитки від повномасштабної війни в Україні на прикладі деокупованих територій.

Для опису розробленої методики увесь процес було розподілено на шість основних етапів наведених на рис. 1.

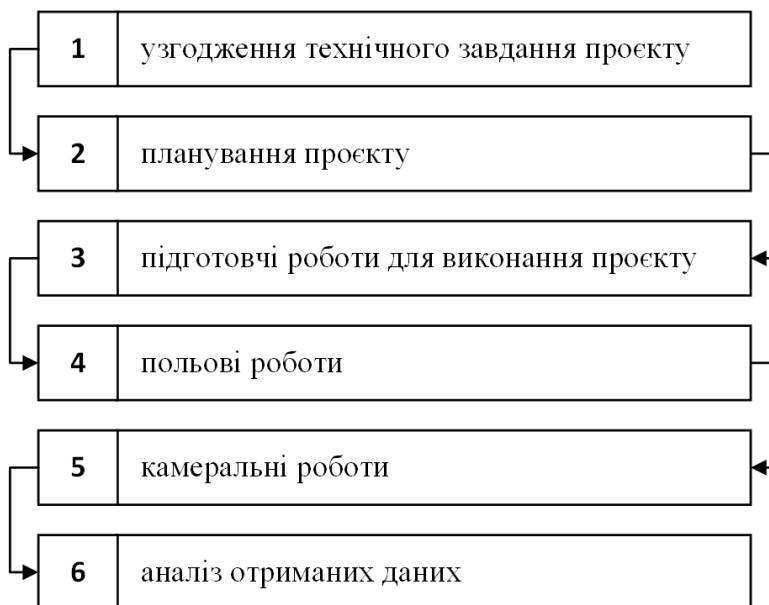


Рис. 1. Етапи розробленої методики

Перший етап включає в себе узгодження технічного завдання (ТЗ) проєкту. Для оцінки збитків ТЗ формується за вимогами проєкту «росія заплатить» [8]. Визначення збитків в Україні займається багато організацій, таких як KSE Institute, Dragon Capital та ін., за пвдтримки USAID [8]. Складання технічного завдання для проведення аерофотознімальних робіт ґрунтується на вимогах чинного законодавства України.

Вихідні дані від замовника: межі досліджуваної території у форматі DMF, SHP, KML у міжнародній системі координат WGS 84 без висотної основи.

Вимоги до аерофотознімальної апаратури, параметри оснащення БпЛА й технології зйомки. Для отримання цифрових знімків має бути застосована цифрова кадрова фотокамера з розміром зображення не менше 60 мегапікселів.

Актуальність матеріалів фотознімання має бути не раніше дати деокупації НП. Геометрична роздільна здатність фотознімків 5-7 см/піксель. Мінімальне повздовжнє та поперечне перекриття фотознімків на території надання послуг не менше 70%. Цифрові фотознімки повинні покривати всю територію досліджуваної області та мати буферну зону 100 метрів уздовж меж НП. Застосування GNSS системи для точного позиціювання траєкторій повітряного судна, далі БпЛА. Результатом аерофотозйомки мають бути кольорові зображення у форматі RGB з 8-бітним представленням кожного каналу. Ці зображення повинні мати правильну передачу кольорів, максимально наближену до реального вигляду знятої території.

Аерофотозйомка повинна проводитися в умовах, які виключають вплив факторів зовнішнього середовища, що можуть завадити чітко бачити деталі місцевості, окрім листяного покриву на деревах, не допускається наявність снігового покриву, тіней від хмар, туману та диму, крім диму, яке є наслідком безперервного виробництва.

Вимоги до створення планово-висотної мережі опознаків.

Координування та визначення висот опознаків виконується за допомогою GNSS-спостережень, в режимі RTK або VRS з використанням двочастотних GNSS-приймачів. Для проведення GNSS-спостережень та контролю використовуються два типи опорних пунктів: перманентна мережа та Державна геодезична мережа (ДГМ). Точність визначення опознаків повинна бути не більше 10 сантиметрів планового положення. Усі пункти ДГМ підлягають обстеженню. Для координування опознаків необхідно обирати об'єкти на місцевості, які легко дешифруються. У випадку їх відсутності слід використовувати маркування на місцевості до виконання робіт зі зйомки території.

Фотофіксація опорних і контрольних точок проводиться таким чином, щоб було чітко видно місце положення центра GNSS-приймача по відношенню до інших об'єктів на місцевості. Контрольні точки визначаються як і опорні, але вони не беруть участі в врівноваженні аерофотознімків. Згідно з нормативними документами, кількість контрольних точок має бути не менше 10% від загальної

кількості опорних опознаків. Також повинна бути виконана прив'язка міської геодезичної мережі до Державної геодезичної референтної системи координат у робочій області – WGS 84.

Вимоги до готових ортофотопланів. Геометрична роздільна здатність – межах 5-7 см/піксель. Середня квадратична похибка ортофотопланів не повинна перевищувати 2 пікселі на рівнинній місцевості. Граничні допустимі значення не суміщення контурів при зведеннях з сусідніми листами ортофотопланів не повинна перевищувати 4 пікселі. Для створення ортофотопланів, які використовуються у редагуванні, необхідно використовувати центральну частину аерофотознімків, щоб мінімізувати перспективні спотворення та помилки, пов'язані з рельєфом. Усі наземні об'єкти мають бути відображені з точними координатами, що відповідають їх реальному розташуванню. Під час процесу створення ортофотопланів слід застосовувати спеціалізовані алгоритми для автоматизації обробки «мертвих зон», які виникають через висотні об'єкти. Допускається невелике зміщення висотних об'єктів, таких як баштові споруди, від їх істинного положення. Території, які не видно на ортофотозображенні через нахил висотних об'єктів, мають бути відновлені за допомогою інших зображень, де ці ділянки видимі.

Оскільки в Україні повномасштабна війна, тому присутні особливі умови для аерофотозйомки. Відповідно до вимог «Повітряного кодексу України» та «Положення про використання повітряного простору України органами ОЦВС та Державіаслужбою України», повітряний простір України закритий для цивільних користувачів. У випадку, коли Державна авіаційна служба України продовжує термін призупинення доступу до повітряного простору для цивільної авіації, що унеможлиблює проведення аерофотографічних робіт, допускається застосування безпілотних БпЛА для виконання необхідних робіт.

Всі види знімків в рамках методики, мають отримуватись з дотриманням вимог законодавчих та нормативно-правових актів України з питань охорони державної таємниці та Авіаційних правил України «Правила використання повітряного простору України» [9].

Для технічної можливості виконання робіт і застосування БПЛА на виконавця покладається зобов'язання отримання дозвільних документів від генерального штабу України або інших уповноважених органів. Матеріальні носії, які зберігають дані аерофотозйомки, підлягають контрольному огляду в порядку, передбаченому чинним законодавством, уповноваженими державними органами. Це необхідно для ідентифікації інформації, що підлягає захисту на об'єктах, що належать до сфери відповідальності Міноборони України та ЗСУ та інших суб'єктів сил безпеки та оборони про що повинен бути складений відповідний акт.

Процес прийняття та затвердження результатів проведених робіт виконується Замовником у відповідності до нормативних вимог, встановлених Законом України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність», на основі оцінки якості та відповідності виконаних робіт встановленим критеріям.

Відповідно до вимог статті 19 Закону України «Про топографо-геодезичну діяльність» Виконавець зобов'язаний передати у Державний картографо-геодезичний фонд України по одному примірнику копій усіх створених ним геодезичних, топографічних, картографічних та аерозйомочних матеріалів. Це має відбуватися у відповідності з положенням про порядок надходження, зберігання, використання та обліку матеріалів Державного картографо-геодезичного фонду України затвердженого постановою КМУ №1344 від 22.06.1999 року [10]. Результатом першого етапу буде готове технічне завдання.

Другий етап – це планування проєкту. Для проєкту зі збору, обробки, оцінки та аналізу інформації про матеріальні збитки України від повномасштабної війни з російською федерацією, у блоці планування проєкту встановлюється вартість виконання робіт, куди буде входити собівартість виконання робіт, тобто робочі часи всіх відділів та обсяг виконання робіт, адміністративні затрати на житло, проїзд, паливо, їжа та інше, амортизація технічного обладнання, програмного забезпечення та маржа, готується тендерна документація, обираються населені пункти (НП), які підлягають під умови проєкту та будуть економічно обґрунтовані для таких видів робіт. Після цього

формуються робочі команди пілотів та геодезистів, формуються листи відрядження, пошук оптимальних маршрутів до місця робіт та пошук житла. Результатом для другого етапу стане розроблений план проєкту.

Третій етап – підготовчі роботи, розпочинається після узгодженого плану проєкту на основі ТЗ. Схему цього етапу наведено на рис. 2.

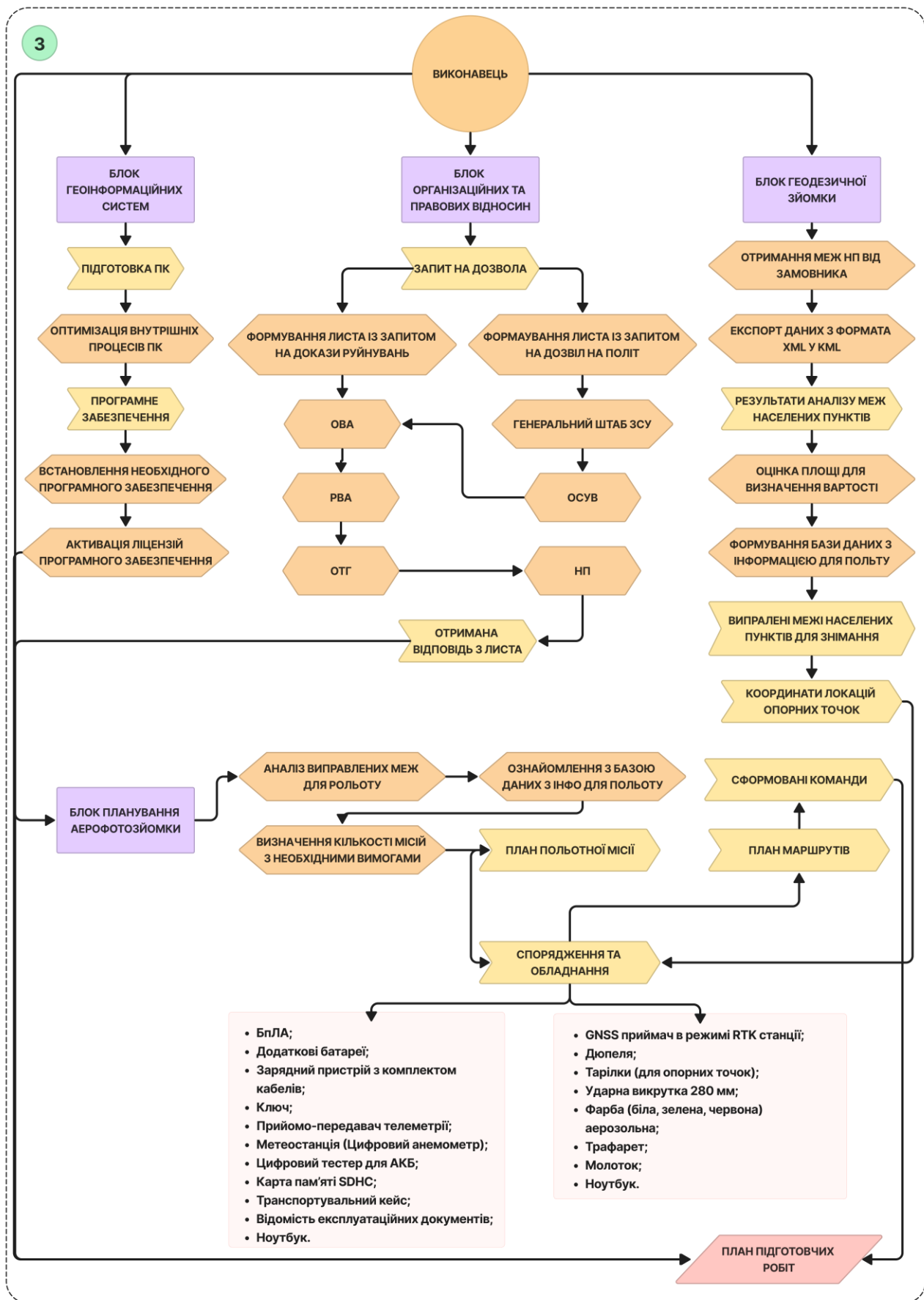


Рис.2. Структурна схема етапу підготовчих робіт

У функціональному блоці «Організаційні та правові відносини» (рис. 2) наведений алгоритм отримання дозволу на політ БпЛА. Ця процедура проходить через надання запиту про виконання певних типів робіт на деокупованих територіях на основі меморандуму між Київською школою економіки та Офісом Президента України, Міністерством економіки та ін. [8]. Сформований лист надсилається до Генерального Штабу ЗСУ, відповідного штабу Оперативно-стратегічного угруповання військ (ОСУВ), обласній військовій адміністрації (ОВА), районній військовій адміністрації (РВА), об'єднаній територіальній громаді (ОТГ), у міську або селищну раду, в якій плануються проводитися аерофотознімальні роботи. Паралельно до цієї процедури лист із запитом про надання доказів руйнувань у громаді надсилається до ОВА, РВА, ОТГ та НП, саме у зазначеному вище порядку. У результаті отримується два листа відповіді, перший, про дозвіл на виконання робіт за допомогою аерофотозйомки та використання БпЛА, а другий, про підтвердження руйнацій у НП.

В блоці «Геодезична зйомка» закладений процес визначення межі населених пунктів (згідно вихідних даних замовника) – для подальшого визначення обсягів робіт, формування бази даних (БД) з інформацією щодо параметрів польотної місії. Далі корегуються межі НП та визначається приблизна координата опорних та контрольних точок.

Блок «Планування аерофотозйомки» включає в себе аналіз виправлених меж НП, аналіз БД з інформацією про польотні місії, визначення кількості польотних місій в залежності від площі та конфігурації НП або типу БпЛА. Далі будується план польотних місій. Після цього відбувається підбір необхідного обладнання для виконання всіх типів робіт по даному проєкту.

Блок «Геоінформаційних систем» включає підготовку персональних комп'ютерів та інсталяцію необхідного програмного забезпечення для подальшого виконання проєкту.

У результаті виконання усіх блоків другого етапу формується план підготовчих робіт.

Четвертий етап – польові роботи (рис. 3). Ключовий етап від якого залежить можливість виконання усієї подальшої роботи. На основі минулих етапів формується бригада для проведення аерофотознімальних робіт на місцевості.

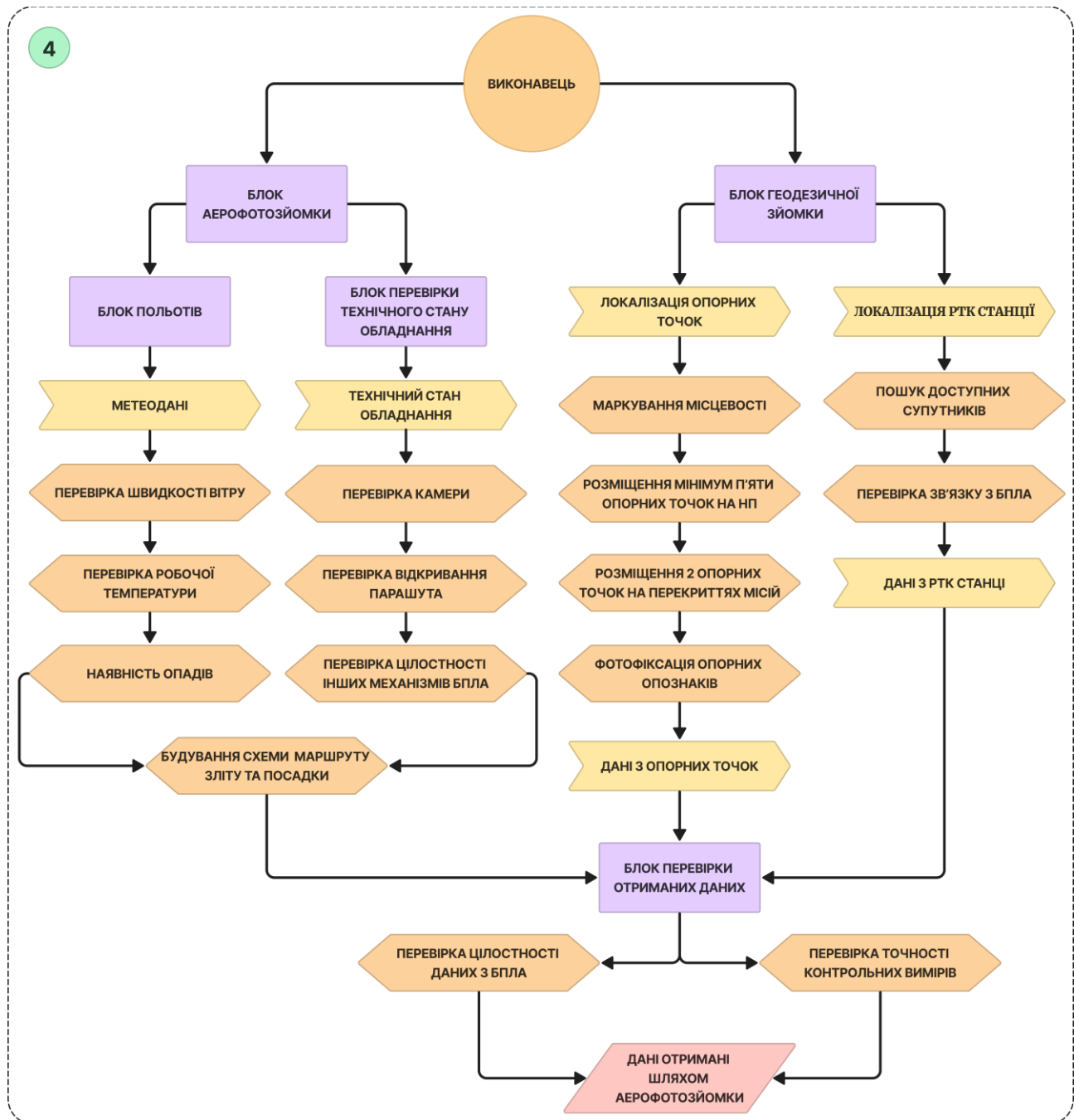


Рис. 3. Структурна схема етапу польових робіт

У блок «Геодезичної зйомки» входить локалізація РТК станції для пошуку доступних супутників для більш точної прив'язки знімків під час польоту БПЛА, а також локалізація опорних точок на характерних місцях, або проводиться

маркування місцевості з фотофіксацію опорних опознаків. Всі отримані дані з РКТ станції та GNSS-приймача перевіряються на місці на наявність грубих помилок.

Блок «Аерофотозйомки» включає в себе перевірку технічного стану обладнання, а саме: камери, механізму відкривання парашута та цілісності інших механізмів БпЛА. Також відбувається перевірка погодних умов перед початком польотної місії, а саме: швидкості вітру, робочої температури, наявності опадів. Останнім кроком перед запуском БпЛА відбувається побудова схеми маршруту зльоту та посадки.

По закінченню польотної місії проходить перевірка цілісності даних отриманих з БпЛА і як результат четвертого етапу маємо дані отримані шляхом аерофотозйомки та геодезичні виміри для покращення точності прив'язки майбутнього ортофотоплану.

П'ятий етап – камеральні роботи (рис. 4). У цьому етапі проводиться обробка усіх даних з етапу польових робіт. На основі отриманих результатів, відбувається збір даних та їх надання для подальшої оцінки завданих збитків.

Весь обсяг робіт у камеральній обробці даних виконується блоком «Геоінформаційних систем». На початку відбувається процес додавання географічних метаданих до знімків (geoteg). Після задовільного результату геотегінгу проводиться перевірка якості аерофотознімків згідно вимог ТЗ.

Далі будується ортофотоплан за елементами внутрішнього й зовнішнього орієнтування (geoteg) та уточнюється прив'язка знімків по наземній мережі планово-висотного обґрунтування. Під час геообробки знімків створюється хмара точок, яка є основою для створення ортофотоплану та цифрової моделі місцевості (DSM). Далі проводиться геообробка ортофотоплану згідно ТЗ.

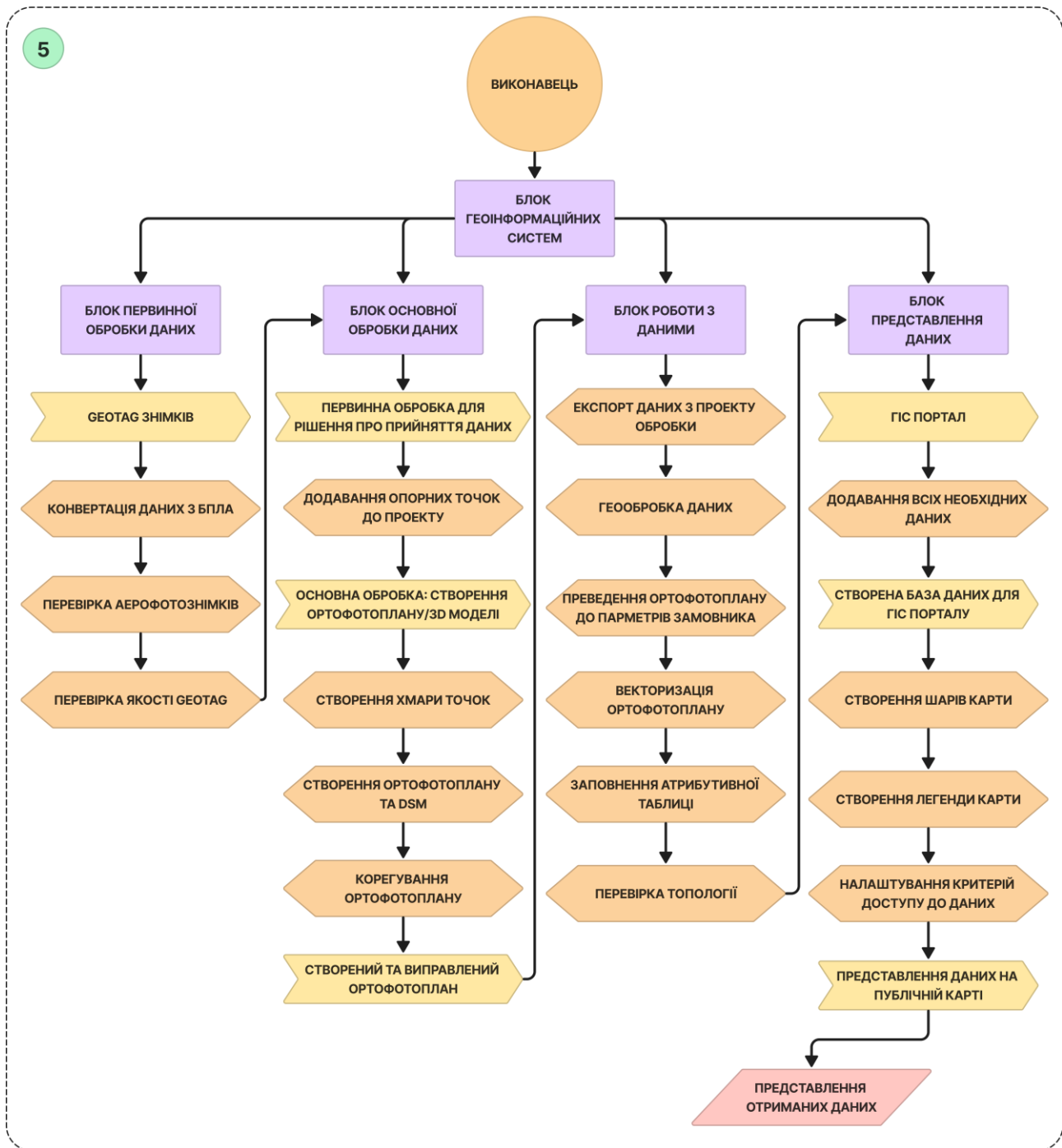


Рис. 4. Структурна схема етапу камеральних робіт

За отриманим ортофотопланом відбувається векторизація пошкоджених будівель із подальшим заповненням атрибутивної таблиці у БД. Після закінчення процесу векторизації проводиться перевірка топології.

Отримані дані завантажуються у геопортал, який налаштовується для коректного відображення всіх шарів карти, створюється легенда та

налаштовується рівень й параметри доступу до нього. Дані з геопорталу будуть використовуватися для подальшої оцінки збитків.

Шостий етап – аналіз та оцінка отриманих даних (рис. 5). Цей етап починається з блоку збору даних шляхом звернень до проекту через публічні повідомлення громадян, даних від місцевих органів влади, уряду або публічних джерел.

У блоці «Оцінка збитків» визначається методологія їх розрахунків спираючись на досвід Київську школу економіки та ін. [8].

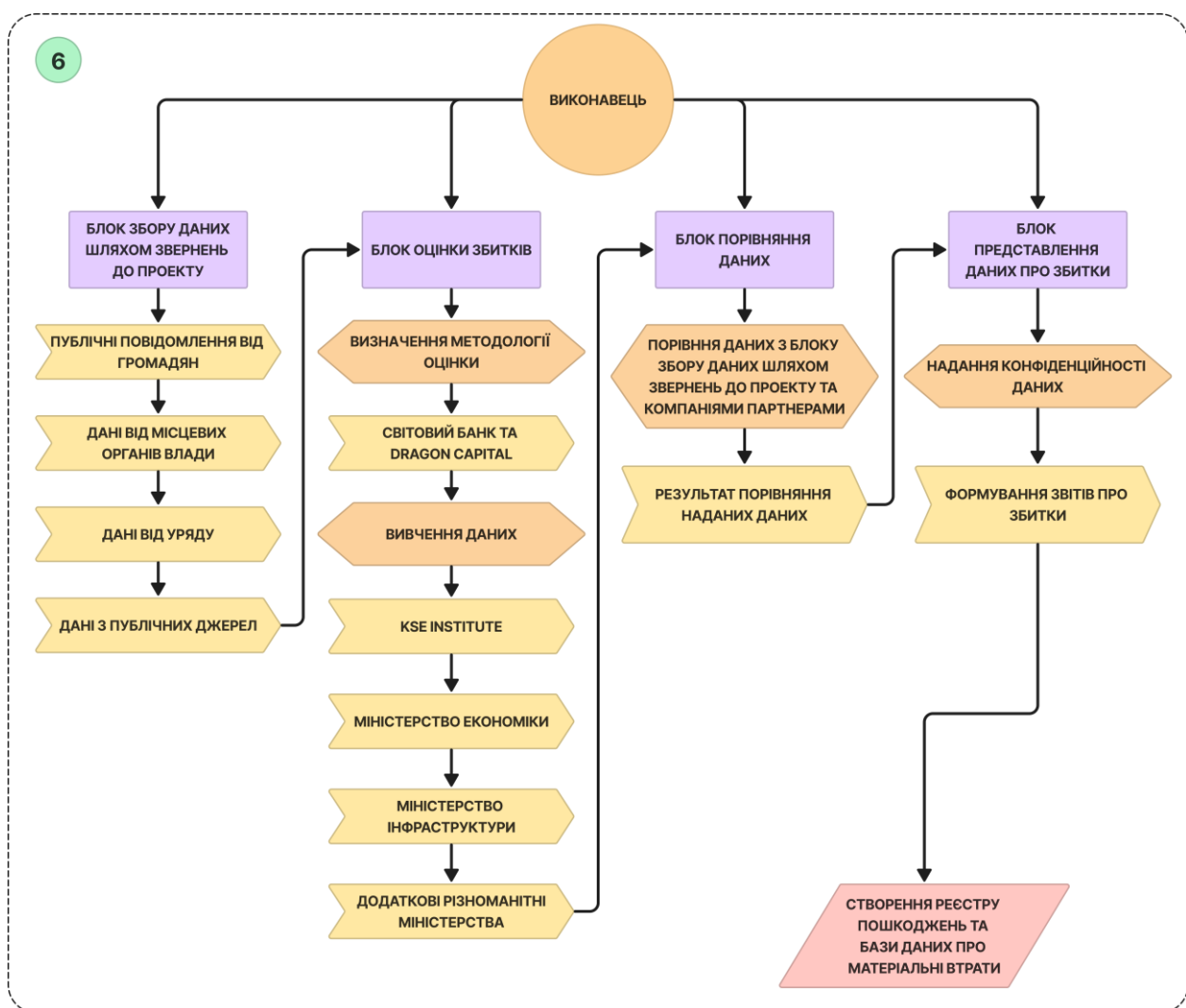


Рис. 5. Структурна схема етапу аналізу та оцінки отриманих даних

Наступний блок – це порівняння даних отриманих від громадян, органів місцевої влади, уряду та з публічних джерел і даними, що надали компанії учасники проєкту, які виконували роботи з аерофотозйомки.

На основі отриманих даних формується блок представлення даних про збитки, де враховується конфіденційність всіх наданих даних та формується реєстр пошкоджень та бази даних про матеріальні втрати України від війни з агресором.

Отже, підсумковий варіант отриманої методики збору, обробки, оцінки та аналізу інформації щодо прямих та непрямих збитків від повномасштабної війни в Україні на прикладі деокупованих територій наведений на рис. 6.

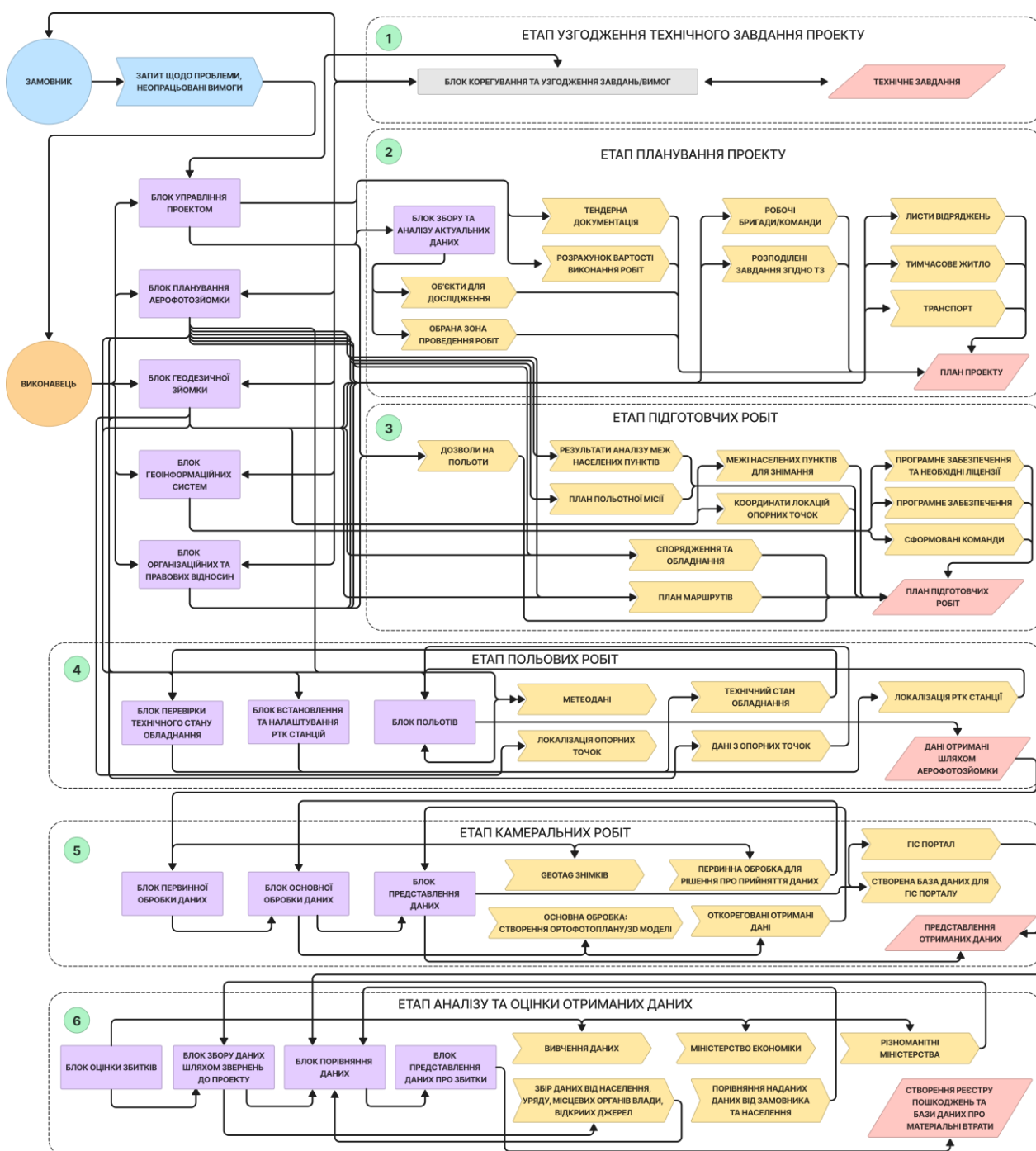


Рис. 6. Загальна структурна схема методики

Результати дослідження. Наведена методика отримала практичну реалізацію на прикладі деокупованого населеного пункту Посад-Покровське Херсонської області, що входить у перелік шести НП, які будуть відбудовуватися за новими принципами «Краще ніж було раніше», тобто відновленням усієї інфраструктури з системним підходом. Даний НП майже повністю зруйнований (рис. 7).



Рис. 7. Фрагмент ортофотоплану селища Посад-Покровське

Згідно до розробленої методики, проведена векторизація ортофотоплану з заповненням і каталогізацією атрибутивної інформації дотичною до об'єкту. Приклад векторизації ортофотоплану наведений на рис. 8. Для кожної споруди зазначається тип, поверховість, адреса, рівень руйнації й інше. Усі визначені дані векторизованих об'єктів зберігаються у вигляді електронних таблиць, що входять в структуру шейп-файлів геопросторових шарів. У подальшому ці матеріали слугуватимуть інформаційною основою для створення геопросторових баз даних, які дозволять приймати управлінські рішення щодо післявоєнної відбудови країни. У такому вигляді отримані геодані матимуть

правову інформаційно-доказову юридичну силу для подальшого захисту прав України та її громадян на міжнародних судах проти країни-агресора.

Наступним кроком дані надаються відповідним установам, які відповідають за аналіз та оцінку збитків. У селі Посад-Покровське визначено, що з 4140 об'єктів цивільної інфраструктури зруйновано повністю 826 (19,7%) об'єктів, сильно пошкоджено - 1016 (24,5%) будівель, помірні руйнації - 394 (9,6%) й можливих руйнацій зазнало 556 (13,5%) будівель.

Отримані дані передаються аналітичному центру при Київській школі економіки, відбувається вивчення всіх наданих даних і формування звіту про збитки.



Рис. 8. Векторизований ортофотоплан селища Посад-Покровське

Висновки та перспективи. Розроблена методика дозволяє збільшити ефективність наповнення єдиного державного реєстру завданої матеріально-технічної шкоди об'єктам муніципальної та приватної власності в деокупованих містах та передмістях України, оперативно та безпечно отримати дешифрувальні

ознаки та характеристики пошкоджень. Закладений до методики алгоритм проведення всіх необхідних видів робіт для досягнення поставленої мети може бути автоматизований за рахунок імплементації аналітичних частин системи до складних геоінформаційних систем, що також дозволить підвищити оперативність обробки значної кількості вхідних даних у майбутньому. Така перспектива дозволить організувати більш оперативну фіксацію постраждалих від військових дій, що в свою чергу стане правовою основою для надання допомоги людям, що втратили домівки в результаті бойових дій та буде відправною точкою для програм відбудови та відновлення країни.

В перспективі запропоновані технології можуть бути використані як для збору доказів у військових злочинах країни-агресора, визначення матеріальних збитків від війни, так і для контролю якості виконання майбутніх післявоєнних проектів забудови, а також для контролю поточного стану важливих муніципальних об'єктів майбутніх будівельних проектів відновлених міст.

Список використаних джерел

1. Загальна сума збитків, завдана інфраструктурі України, зросла до майже \$155 млрд – оцінка KSE Institute станом на січень 2024 року. Kyiv School of Economics. URL: <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zagalna-suma-zbitkiv-zavdana-infrastrukturi-ukrayini-zroslo-do-mayzhe-155-mlrd-otsinka-kse-institute-stanom-na-sichen-2024-roku/> (дата звернення: 01.04.2024).
2. Маслакова А.О., Андрєєв С.М. Використання геоінформаційних технологій для побудови картографічних моделей зруйнованих територій. Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми надзвичайних ситуацій». Харків.: 2023. С. 260-261.
3. Пілічева М.О., Маслій Л.О., Анопрієнко Т.В. Технологія виконання геодезичних робіт при інвентаризації зелених насаджень території з використанням безпілотних. Комунальне господарство міст. 2022. Т. 3, № 170. С. 263-270. URL: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-3-170-263-270>.

4. Jamieson, A., Bassett, I., Hill, L., Hill, S., Davis, A., Waipara, N., Hough, E. and Horner, I. Aerial surveillance to detect kauri dieback in New Zealand. New Zealand Plant Protection. 2014. № 67. P. 60-65. DOI: <https://doi.org/10.30843/nzpp.2014.67.5723>.

5. Комантний С.О. Правові та методологічні проблеми обстеження ошкоджених і знищених унаслідок збройної агресії житлових об'єктів та оцінки збитків. Філософські та методологічні проблеми права. 2022. Т. 24, № 2. С. 64-69. URL: <https://doi.org/10.33270/02222402.64>.

6. Анісімова А. Відшкодування збитків, завданих пошкодженням або знищенням житла внаслідок збройного конфлікту. Підприємництво, господарство і право. 2020. № 7. С. 13–17. DOI: <https://doi.org/10.32849/2663-5313/2020.7.02>.

7. Дідух Я. П. Екосистемний підхід до оцінки збитків, завданих воєнними діями. Вісник НАН України. 2022. № 6. С. 16–25. URL: <https://doi.org/10.15407/visn2022.06.016> (дата звернення: 24.04.2024).

8. "Росія заплатить". Kyiv School of Economics. URL: <https://kse.ua/ua/russia-will-pay/> (дата звернення: 03.04.2024).

9. Про затвердження Авіаційних правил України «Правила використання повітряного простору України» : Наказ Держ. авіац. служби України від 11.05.2018 р. № 430/210. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1056-18#Text> (дата звернення: 21.05.2024).

10. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність : Закон України від 23.12.1998 р. № 353-XIV : станом на 8 черв. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text> (дата звернення: 21.05.2024).

References

1. \$155 billion — the total amount of damages caused to Ukraine's infrastructure due to the war, as of January 2024. Available at: <https://kse.ua/about-the-school/news/155-billion-the-total-amount-of-damages-caused-to-ukraine-s-infrastructure-due-to-the-war-as-of-january-2024/>

2. Maslakova, A., Andreev, S. (2023). Viktoristannya geoinformacijnih tekhnologij dlya pobudovi kartografichnih modelej zrujnovanih teritorij. [The use of geoinformation technologies for the construction of cartographic models of destroyed territories]. International Scientific and Practical Conference "Problems of Emergency Situations", 260-261.

3. Pilicheva, M., Maslij, L., Anoprienko, T. (2022). Tekhnologiya vikonannya geodezichnih robot pri inventarizacii zelenih nasadzhen' teritorii z vikoristannyam bezpilotnih. [The technology of carrying out geodetic works during the inventory of green areas of the territory using drones.]. Communal management of cities., 3 (170), 263-270. doi: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-3-170-263-270>.

4. Jamieson, A., Bassett, I., Hill, L., Hill, S., Davis, A., Waipara, N., Hough, E. Horner, I. (2014). Aerial surveillance to detect kauri dieback in New Zealand. New Zealand Plant Protection, 67, 60-65. doi:<https://doi.org/10.30843/nzpp.2014.67.5723>.

5. Komantnij, S. (2022). Pravovi ta metodologichni problemi obstezhennya oshkodzhenih i znishchenih unaslidok zbrojnoi agresii zhitlovih ob'ektiv ta ocinki zbitkiv. [Legal and methodological problems of surveying damaged and destroyed residential objects as a result of armed aggression and damage assessment]. Philosophical and methodological problems of law, 2 (24), 64-69. doi: <https://doi.org/10.33270/02222402.64>.

6. Anisimova, A. (2020). Vidshkoduвання zbitkiv, zavdanih poshkodzhenniam abo znishchenniam zhitla vnaslidok zbrojnogo konfliktu. [Compensation for damage caused by damage or destruction of housing as a result of armed conflict]. Entrepreneurship, economy and law, 7, 13-17. doi: <https://doi.org/10.32849/2663-5313/2020.7.02>.

7. Diduh, Y. (2022). Ecosystem approach to the assessment of damage caused by military actions. Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine, 6, 16-25. doi: <https://doi.org/10.15407/visn2022.06.016>.

8. "Russia will pay." Kyiv School of Economics. Available at : <https://kse.ua/ua/russia-will-pay/>

9. About the approval of the Aviation Rules of Ukraine “Rules for the Airborne Expanse of Ukraine”: Order of the Government. aviation services of Ukraine dated 05/11/2018 № 430/210. Available at : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1056-18#Text>

10. About topographic-geodetic and cartographic activities: Law of Ukraine dated December 23, 1998. № 353-XIV: pitch for 8 jun 2023. Available at : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text>

S. Horelyk, A. Nechausov, M. Levchenko

METHODOLOGY FOR ORGANISING THE PROCESS OF COLLECTING CONSOLIDATED EVIDENCE FOR THE REGISTER OF DESTRUCTION USING AERIAL PHOTOGRAPHY

Abstract. *The armed aggression of the Russian Federation against Ukraine has led to significant destruction of the residential and municipal infrastructure of cities and towns not only in the occupied territories, but also in territories throughout the country due to massive rocket attacks. The problem of damage estimation for people who have lost their homes or have partial damage to their homes has a priority status, as the number of people staying in the streets is constantly growing, and social temporary housing is running out of space, as it is becoming permanent for them. Therefore, any state initiatives to compensate or rebuild people's housing and restore municipal institutions and facilities that are important for the restoration of normal life in the de-occupied territories and territories of the country that suffer the greatest damage from aggression should find active support, both practical and analytical, among the scientific community and legal entities that are able to implement the state's initiatives in a short time. Thus, the article proposes a methodological framework for the practical implementation of the state initiative to effectively and substantiated by factual evidence (aerial photographs, orthophotographs, vectorised and decoded typical signs of destruction) allocate funds for the restoration and reconstruction of damaged property to people who have experienced material losses and have no place to live.*

The purpose of the study is to develop a methodology for collecting and cataloguing consolidated evidence for the register of destruction using aerial photography, taking into account all stages and types of work in the conditions and with regard to the conduct of hostilities.

The main objectives of the study are: to analyse existing methods for determining the geometric characteristics of the consequences of military shells hitting buildings; to determine the relationship between the force of the explosion and the geometric characteristics of damage; to develop a methodology for determining the degree of

damage to a building and assessing damage; to create and implement technologies for processing and cataloguing typical damage data; to develop forms of reporting documentation based on the data sets obtained, taking into account the further needs of the state; to test the developed methodology in practice.

The developed methodology will optimise the process of obtaining and processing the necessary data from the mission planning stage to the damage assessment stage, based on the processed data and technical reports of the analyst team by creating a single and universal methodology that minimises numerous differences in the standardisation of input data, will create a single effective data collection system throughout the country and will accelerate the process of recording and confirming cases requiring state intervention at the state level. The effectiveness and accuracy of the proposed methodology is due to the modern software and analytical products of geoinformation technologies and effective technological means of field work for obtaining remote sensing data.

Keywords: *damage, aerial photography, unmanned aerial vehicles, remote sensing of the Earth, military aggression by russia.*