

УДК 528. 74:72

д.т.н., професор Катушков В.О.,  
Київський національний університет будівництва і архітектури,  
народний архітектор України Граужис О.О.,  
УкрНДІ Проектреставрація, м. Київ

## **ЗАСТОСУВАННЯ ПРИКЛАДНОЇ ФОТОГРАММЕТРІЇ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ УСПЕНСЬКОГО СОБОРУ КИЄВО-ПЕЧЕРСЬКОЇ ЛАВРИ.**

*Про можливості прикладної фотограмметрії при обробленні архівних знімків з невідомими елементами орієнтування, для визначення розмірів і висот Успенського собору Києво-Печерської лаври, знищеному в 1941 році. За роботами архітекторів - реставраторів та фотограмметристів в 2000 році собор відновлений.*

В закордонному періодичному видавництві зустрічаються матеріали о використанні фотограмметрії при збереженні пам'яток історії і культури [1,2]. На Українських Інтернет – сайтах так саме існує матеріал про реставрацію пам'яток архітектури, відновленню Успенського собору Києво – Печерської лаври і інших. Але в них іде мова про історичний моніторинг будівельної конструкції, без посилання на використання фотограмметрії. А без фотограмметричних методів казати про точність робіт в відновленні і реставрації не можливо. Тому показ вдалого використання методів прикладної фотограмметрії в збереженні архітектурно – історичних пам'яток є потрібною і необхідною метою.

У 1987 р. до кафедри геодезії та картографії Національного університету імені Т.Г. Шевченка надійшло замовлення від “ Українського науково–дослідного інституту проект реставрації ” вирішити розміри для відновлення та реставрації Успенського собору Києво–Печерської лаври. Під час Другої Світової війни собор був знищений майже повністю.

На фото 1–3 зображено архівні фотоматеріали собору отримані з різних ракурсів та в різні часи. Так перший знімок отримано з розташованої поряд дзвіниці до війни. Другий знімок відзнятий з землі після знищення собору в 1941 році. Частина собору, яка залишилася після знищення (фото 3), як і фото 1, перший автор статті зафіксував з дзвіниці в 1987. Таким образ частково-відреставрованого Успенського собору зберігався після війни протягом більш як 40 років.

Оброблення архівних знімків завжди є непростим і актуальним завданням. Але саме такі знімки дозволяють наблизитись до вирішення питання

щодо відтворення об'єктів, тому що ніякий інший матеріал не дає можливості побачити знищену інформацію.

Видно, що з семи башт залишилася тільки одна – південно-східна башта абсидної частини собору (див. фото 3).



Фото 1.



Фото 2.



Фото 3.

Існує дві версії знищення собору:

- підірваний 3.11.1941 р. під час Великої Вітчизняної війни. За матеріалами Нюрнберзького процесу підривання зробили німецькі окупаційні війська;
- підірваний радянськими підпільниками під керівництвом І. Д. Кудрі (для знищення командного складу німців, що захопили Київ або їх союзників).

Оскільки, офіційної версії знищення собору немає тому дослідникам-історикам потрібно ще з'ясувати цей факт.

Як би там не було, для рішення задачі відновлення треба було знайти координати характерних точок конструкції знищеної будови. За характерні точки приймалися кутові точки цоколя, відповідні їм точки на рівні карнизу і точки надкупольних яблук. Кожна з цих точок мала свій цифровий ідентифікатор. Положення точок визначалося в єдиній просторовій геодезичній системі координат.

Спочатку було проведено попередній пошук фотодокументів та креслень в архівах України. В архівах лаври знайшлися тільки схеми – малюнки в системі вимірювань, яка застосовувалася в дореволюційний період. Лінійні величини на них задавалися сажнями, аршинами, вершками. Причому оригіналів самих креслень знайти не вдалося, а існували тільки їх зменшені друкарські копії. Відомо, що за час існування (споруда відома з 1072 р.) вигляд собору змінювався кілька разів, а відновлення було заплановано за стилем, який існував на час знищення і зберігався більше двох століть (з 1729 до 1941 р.).

За основний матеріал було прийнято контактні копії старих різномасштабних, не метричних фотографій, які збереглися в архівах та у

реставраторів, які так само займалися пошуком потрібної інформації. Ракурси фотографій були з різних сторін собору, з вільним орієнтуванням головних променів різноформатних камер. Отримати стереозображення з таких знімків неможливо, тому вимірювання проводили монокулярно.

Для розв'язання завдання під керівництвом професора В. М. Сердюкова було складено універсальну фотограмметричну програму FOTOGM, яка дозволяла визначати невідомі елементи орієнтування, а за ними і просторові координати характерних та інших точок на конурах стін і башт собору [1]. Невідомі елементи орієнтування на кожному знімку поділяються на внутрішні та зовнішні. Внутрішніх елементів три ( $f, x_0, z_0$ ), зовнішніх – шість ( $X_s, Y_s, Z_s, \alpha, \omega, \kappa$ ). Отже разом було визначено дев'ять елементів орієнтування на кожний знімок.

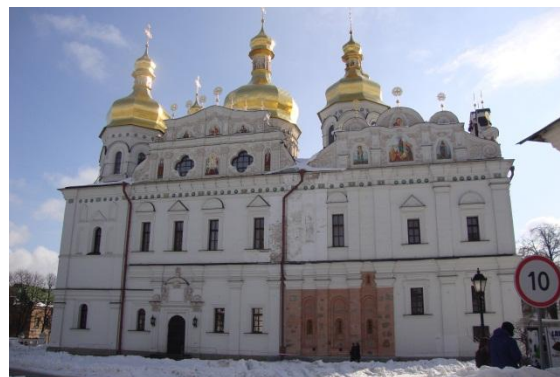
Для пошуку елементів орієнтування на архівних знімках та на довколишній місцевості було вибрано опорні точки (опознаки). Просторове положення кожного з них визначили з точок закріпленого геодезичного полігона методом багаторазової прямої кутової засічки з точністю 1-3 см. Точки полігона закоординували з точністю 1-3 мм та закріпили їх металевими дюбелями в асфальті. Зараз поверхня навколо собору вкрита цеглиною, яку поклали після його відновлення, отож старий геодезичний полігон не зберігся.

На кожен архівний знімок на місцевості потрібно було координувати не менше п'яти опознаків. Тобто на пару архівних знімків для більшої точності визначалося  $n \geq 5 - 15$  опознаків (5 опознаків при їх однаковості на обох знімках). Контроль при вирішенні лінійної матриці виконували за просторовими координатами в процесі вирішення зворотної фотограмметричної засічки для опознаків. Дані про опознаки з великими похибками визначення просторових координат (перевищували втричі точність визначення опознаків) виключалися з обробки. Точність визначення просторових координат характерних точок собору з різних базисів не перевищувала 3 -4 см.

Довжина хреста центральної башти, визначеною фотограмметрично за архівними знімками при аналізі який робили реставратори, відрізнялася від металевого хреста, який зберігся, на 2 см. На фото 2 хрест з куполу підірваної башти лежить на землі біля башти, яка устояла після підриву. Така точність відповідала умовам реставраторів і обчислені розміри прийняли за основу в процесі проектування.

Згідно з указом другого Президента України в 1998 – 2000 роках Успенський собор Києво – Печерської лаври було відновлено. Проект реставрації розробила архітектурна майстерня інституту “УкрНДІ Проект Реставрація” під керівництвом народного архітектора України О. О. Граужиса.

Фундамент відновленого собору спирається на складну палову систему, розроблену під керівництвом к.т.н. А. Є. Антонюка. Тепер собор має вигляд як на правих знімках (зображеннях фото 4, 5).



Абсидний бік собору спрямований на схід і зараз виглядає як на фото 6.

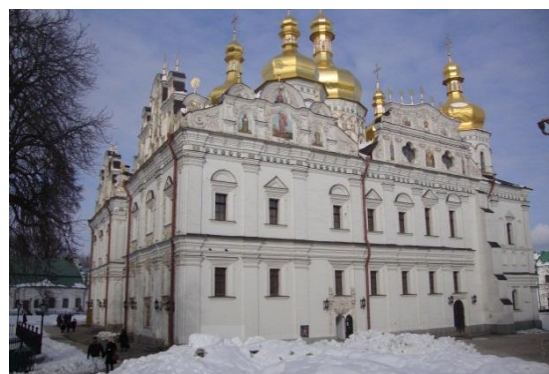


Фото 5. Південний простір собору до 1917 р., і відновлений у 2000 р.

Сучасні кольорові знімки отримані весною 2013 р. цифровою малоформатною камерою SONY класу "мільниця" з об'єктивом фірми "Carl Zeiss".

Зараз науково – дослідним колективом кафедри геоінформатики та фотограмметрії Київського національного університету будівництва і архітектури планується виконати роботи з визначення параметрів відновленого собору різними методами.

Матеріал статті дозволяє зробити висновок про достатню точність

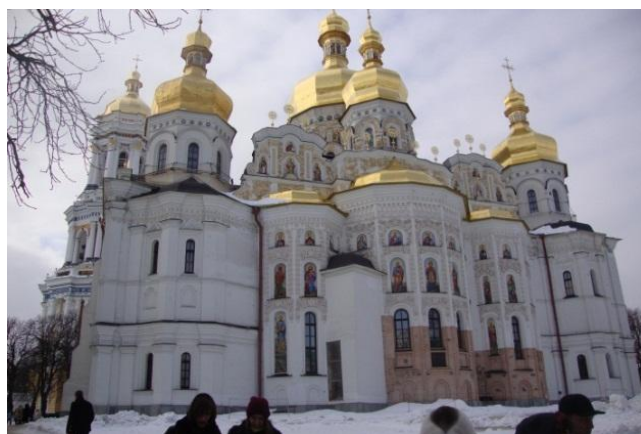


Фото 6. Східний простір собору.

визначення просторових координат за допомогою архівних знімків та про можливість застосування методів прикладної фотограмметрії для відтворення пам'яток культурної спадщини, які обов'язково треба зберегти для наступних поколінь. Цей приклад доводить необхідність виконання аналогічних робіт на інших архітектурно – історичних пам'ятках.

### Література

1. Monitoring and assessing structural damage in historic buildings. Armesto Julia, Arias Pedro, Roca Javier, Lorenzo Henrigue. Photogramm. Rec. 2008. 23. №121. - С. 36–50.
2. Building fasade interpretation from uncalibrated wide – baseline image sequences. Mayer Helmut, Reznik Sergiy. Photogramm. and Remote Sens. 2007.61. №6. - С. 371– 80.
3. Сердюков В.М. Опыт составления архитектурных чертежей по архивным снимкам/ В.М. Сердюков, Г.А. Патыченко, В.А. Катушков // Геодез. и картогр., вип. №9. – К.: 1985. – С. 38 - 41.

### Анотація:

Описано використання методів прикладної фотограмметрії при обробленні архівних знімків Успенського собору Києво-Печерської лаври. Вимірювання архівних знімків проведені монокулярним методом. Ітераційним методом обчислені елементи орієнтування архівних знімків. Побудовані малюнки зовнішніх стін та башт собору підірваного в 1941 році. Отримані матеріали дозволили скласти проект відновлення та реставрації собору. В 2000 році відновлення закінчене.

### Annotation:

Application of methods of the applied photogrammetry is described at treatment of the archived pictures of the Assumption cathedral of the Kiev Pechersk lavra. Measuring of the archived pictures is conducted by a monocular method. An iterative method is calculate the elements of orientation of pictures. The drafts of external walls and towers of cathedral gun-puffed are made in 1941. The got materials allowed to draw up a draft for renewal and restoration of cathedral. In 2000, the construction work was finished.