

ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ДЗВІНИЦІ СПАСО-ПРЕОБРАЖЕНСЬКОГО ХРАМУ

Захарчук В.В., ст. викладач, Болгар Є.Д., магістрант

Одеська Державна академія будівництва та архітектури, м.Одеса, Україна

Реконструкцію храму почали в 90-х роках. У 1996-1999 роках було проведено розкопки і виявлено старий фундамент Собору. 5 вересня 1999 проведено урочисте освячення початку будівництва і здійснено закладку в основу Собору капсули з посланням майбутнім поколінням Одеси та мощами Георгія Змієборця. 1 лютого 2000 почалося будівництва нульового циклу, а вже 29 квітня 2000 року відбулося освячення та закладення першого каменю у фундамент дзвіниці.

Будівництво першої черги Собору – дзвіниці – було здійснено менше, ніж за рік. На Різдво Христове 6 січня 2001 при великому скупченні народу, під малиновий дзвін 14-ти дзвонів, відбулося урочисте відкриття дзвіниці та освячення каплиці на її першому ярусі. 19 січня 2002 відбулася закладка першого каменю в стіну верхнього Храму Спасо-Преображенського собору.

Геодезичні спостереження за осіданням фундаменту дзвіниці виконувалось чотирнадцятьма циклами після закінчення будівництва. На фасаді в нижній частині будівлі по всьому периметру встановлено вісім деформаційних марок, що спостерігались більше року. Місця конкретного розташування марок зафіксовано на схемі дзвіниці (рис. 1). Деформаційні марки – контрольні геодезичні знаки, що розташовують на будинках і спорудах, для яких визначаються вертикальні переміщення. Інтервал спостережень – в один місяць.

Спостереження за деформаційними марками проводились геометричним нівелюванням III класу (рис. 2), що застосовується при вертикальному переміщенні основи фундаменту, відповідно до нормативних документів:

– ДСТУ Б В.2.1-30:2014 «Ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд»;

– ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи у будівництві»;

- Зміни №1 від 2018 року до ДБН В.1.3-2:2010 «Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи в будівництві»;
- Інструкція із спостережень за деформаціями основ і фундаментів будівель і споруд;
- Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500;
- Інструкція з геометричного нівелювання I-IV класів.

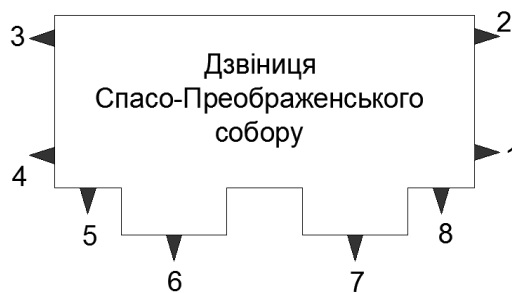


Рис.1 – Схема закріплення деформаційних марок на дзвіниці Спасо-Преображенського собору

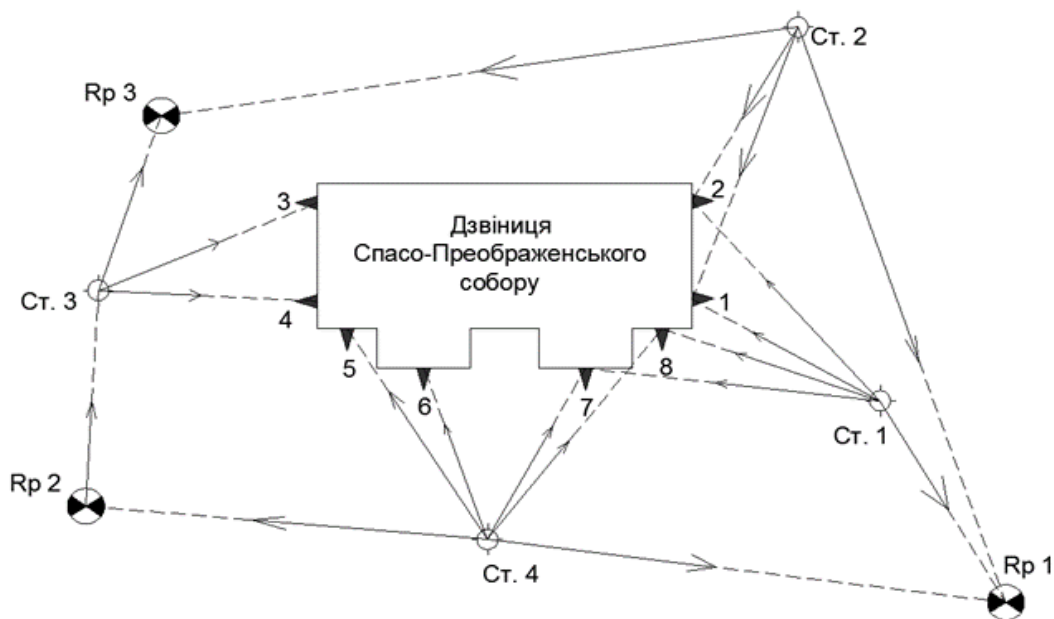


Рис. 2 – Схема розташування реперів і станцій відносно дзвіниці Спасо-Преображенського собору

Геометричне нівелювання III класу проводилось за допомогою нівеліра НЗ та шашкових рейок. Перед роботою нівелір і нівелірні шашкові рейки проходили дослідження з метою встановлення їх придатності для

геометричного нівелювання III класу, приведення в робочий стан та визначення постійних величин.

Геометричне нівелювання виконувалось в прямому і зворотному напрямках. На кожній станції проводився контроль спостережень, розходження між значеннями перевищень, які отримані по чорній і червоній сторонах рейок не перевищувала 3 мм із врахуванням різниці висот пари рейок.

Після виконання нівелювання порівнювались між собою значення перевищень, які отримали із прямого і зворотного ходів. Розходження між цими значеннями не перевищувало $\pm 10 \text{ мм} \sqrt{L}$. По мірі завершення геометричного нівелювання III класу регулярно складалась відомість перевищень встановленого зразка.

Перед початком вимірювань на місцевості закріплено три ґрунтових репера – Rp.I, Rp.II, Rp.III, що прив'язувались до вихідного репера із відомою відміткою міської нівелірної мережі. Репери розміщувались осторонь від проїздів, підземних комунікацій, складських територій, поза зоною поширення тиску від будинків і споруд, поза межами впливу явищ осідання, зсувів схилу, нестабілізованих насипів на відстані від будинків (споруд) не менше ніж потрібна товщина шару ґрунту, що просідає та на відстані, яка включає вплив вібрації від транспортних засобів, машин, механізмів у місцях, де протягом всього періоду спостережень є можливим безперешкодний і зручний підхід до реперів для встановлення геодезичних інструментів. Вимірювання проводилися не раніше 10 днів після закладання знаків.

Нівелювання деформаційних марок проводилось із чотирьох (Ст.1, Ст.2, Ст.3, Ст.4) постійно закріплених станцій. При проведенні вимірювань не було можливості контролювати нерівність плечей (відстань до рейки), тому застосовано метод «короткого променю» – відстань до рейки не перевищувала 25 м, висота променю від земної поверхні не перевищувала 3 м із віддаленням променів від навколишніх предметів більш 0,5 м. Середня квадратична похибка геометричного нівелювання на станції склала із внутрішньою збіжністю 0,3-0,5мм.

Вже в третьому циклі спостережень, що проводився через два місяці після їх початку спостерігалось стрімке осідання всіх деформаційних марок, в середньому приблизно на 5,2 мм, саме в цей період було розпочате будівництво-реконструкція основної будівлі храму.

Далі спостерігається рівномірне осідання з третього по чотирнадцятий цикл 2 та 3 марки на 6,9 мм, 4,4 мм відповідно. Це відбувається за рахунок поступового навантаження при будівництві-реконструкції основної будівлі храму саме із сторони дзвіниці де розташовані ці марки.

З протилежного боку дзвіниці спостерігається інший хід осідання, це марки 1, 4-8. Із третього циклу по шостий вони поступово осідають в середньому на 0,55 мм, а з шостого циклу спостережень по чотирнадцятий відмічається поступове підняття цих деформаційних марок основи фундаменту в середньому на 1,27 мм.

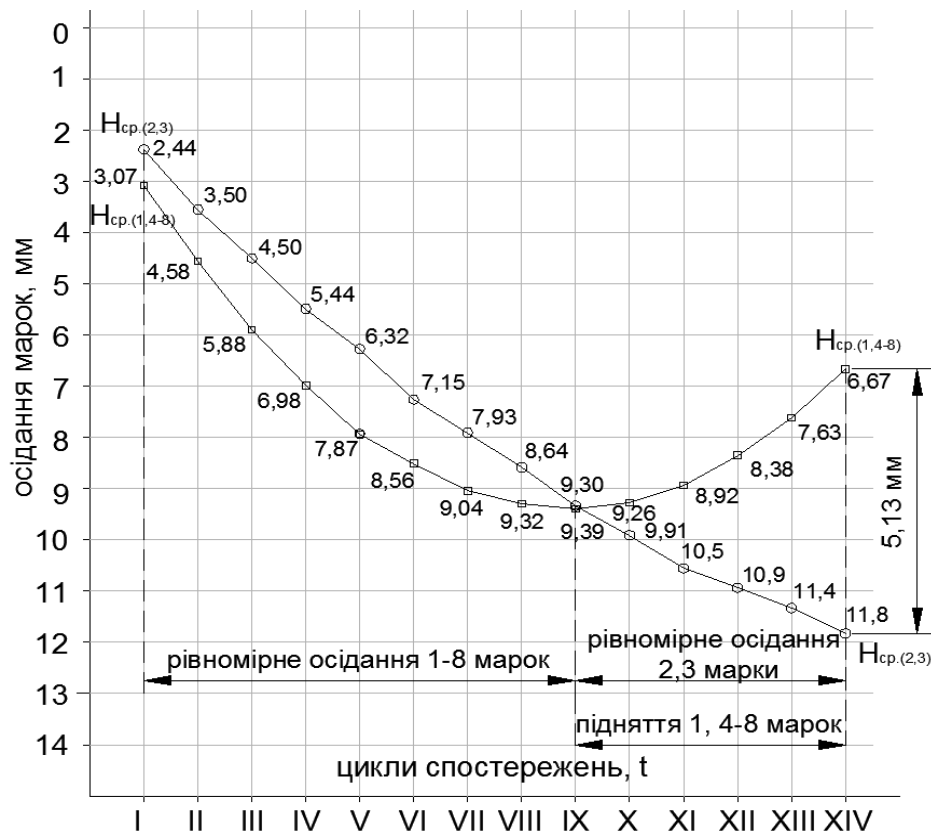


Рис. 3 – Аналіз експериментальних і функційних залежностей $H_{ср.}(2, 3)$ та $H_{ср.}(1, 4-8)$

Оскільки суцільна бетонна плита фундаменту дзвіниці отримує незначний крен через додаткове навантаження з боку марок 2, 3 при будівництві основної будівлі Храму (рис. 3).

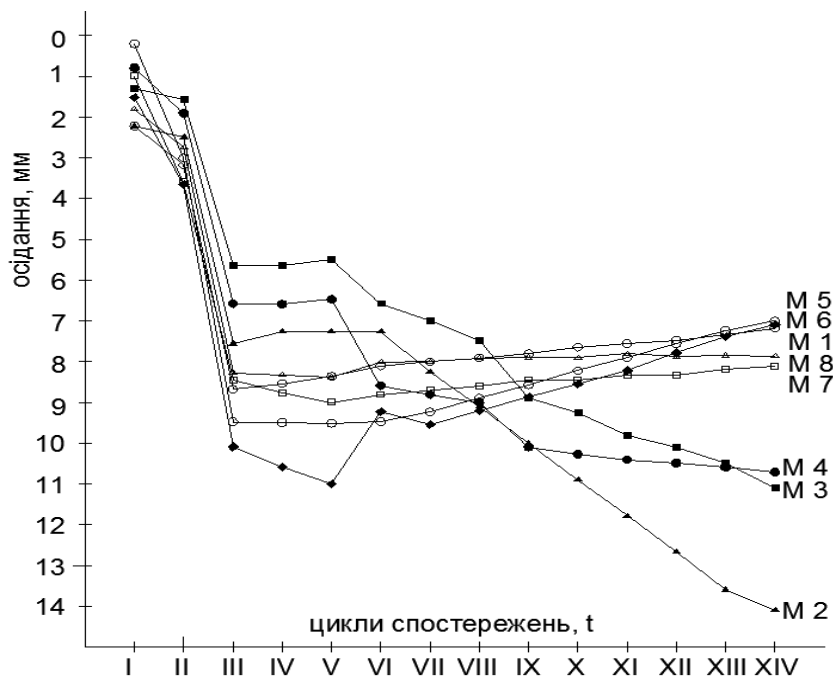


Рис. 4 – Хід осідання восьми деформаційних марок за період з 9.01.2001 по 10.02.2002

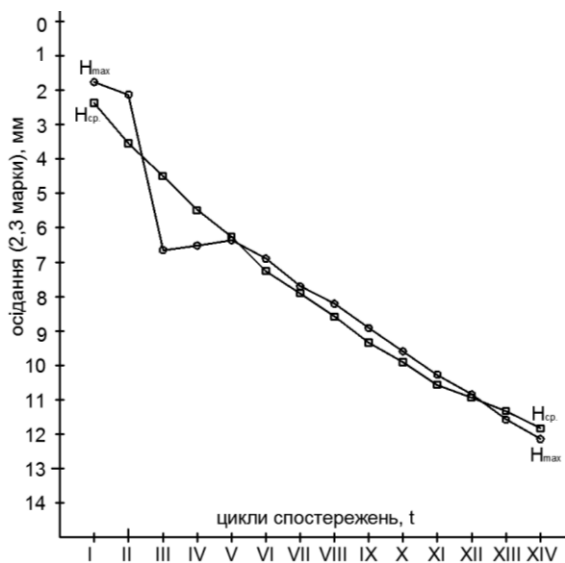


Рис. 5 – Графік експериментальних і функційних залежностей 2, 3 деформаційних марок

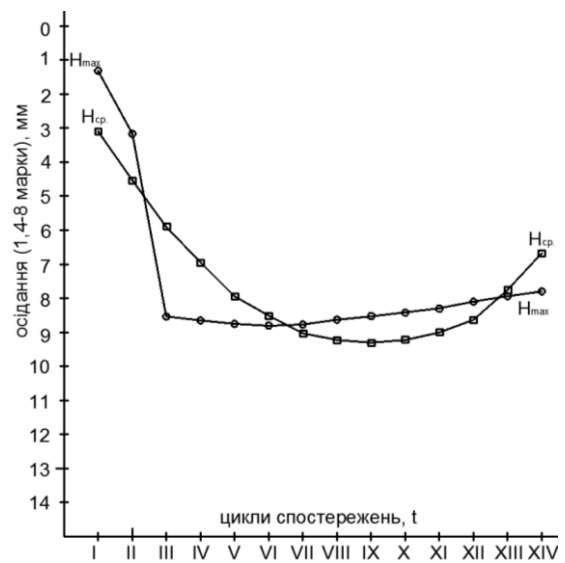


Рис. 6 – Графік експериментальних і функційних залежностей 1, 4-8 деформаційних марок

Хід осідання усіх деформаційних марок представлено на рис. 15, що вказує на нерівномірність осідання. Виявлено закономірність стрімкого осідання марок 2, 3 в середньому за весь період на 7,66 мм з поступовим зниженням, а осідання марок 1, 4-8 навпаки – поступово переходить до підйому.

Але у впевненому висновку про прогресуючий або затухаючий характер осідання деформаційних марок були встановлені деякі статистичні закономірності та відповідно складено графіки експериментальних та функційних залежностей (рис. 4-6).

На схемі показані епюри осідання деформаційних марок відносно першого циклу спостережень (рис.7). Звідси видно, що максимальне осідання фундаменту дзвіниці становить до 14,1 мм, а мінімальне – 7,0 мм.

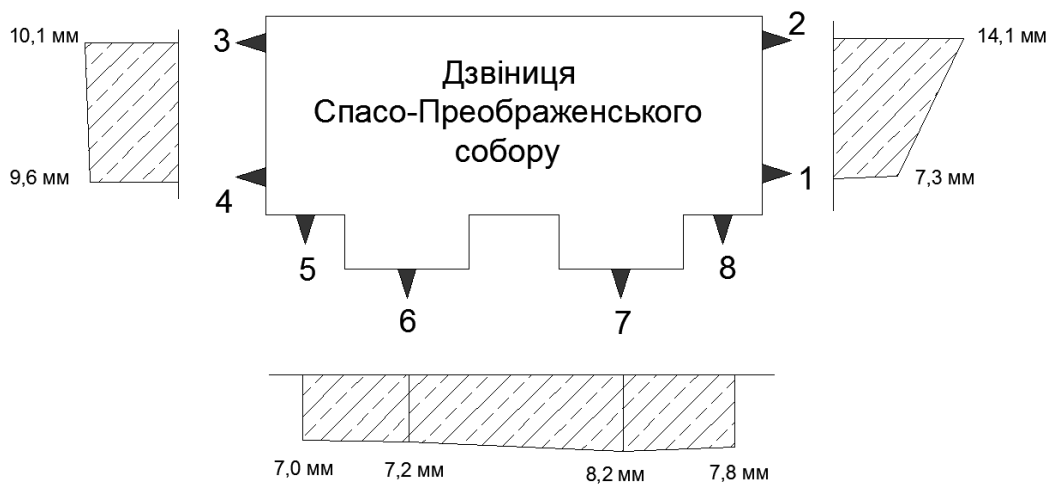


Рис. 7 – Схема епюрів осідання деформаційних марок за весь період спостережень, мм

В період спостережень за осіданням марок проводилось будівництво основного будівлі собору, тому великий вплив на осідання відіграло поступове навантаження будівлі з боку 2-ї та 3-ї марок.

Спрогнозувавши осідання основи фундаменту деформаційних марок 2, 3 отримано, що через 20,2 місяці їх середнє осідання припиниться досягнувши 12,8 мм.

Середній підйом марок 1, 4-8 стабілізувався і досяг 0,1-0,2 мм.

Тобто, при збереженні умов будівництва і відсутності додаткових впливів очікується затухання та повна стабілізація осідання основ фундаменту дзвіниці.

Геодезичний моніторинг в період експлуатації Храму підтвердив розрахункову прогнозну оцінку затухання та повної стабілізації осідання основ фундаменту дзвіниці.

19 січня 2002 року відбулася закладка першого каменю в стіну верхнього храму Спасо-Преображенського Собору. У 2002 та 2003 роках проведені перші

богослужіння в нижньому та верхньому храмах відповідно. Завершення будівництва нижнього Храму, Андріївської зали та прийняття в експлуатацію Одеського кафедрального Спасо-Преображенського собору відбулося в 2005 році.

На початку будівництва-реконструкції дзвіниця піддавалась стрімкому осіданню основи фундаменту на всіх встановлених марках за період із першого по третій цикл спостережень (3 місяці). В середньому позначка осідання становила до 5,2 мм, саме в цей період розпочате будівництво-реконструкція основної будівлі.

При поступовому навантаженні при будівництві-реконструкції з третього по чотирнадцятий цикл спостерігалось рівномірне осідання 2 та 3 марки на 6,9 мм та 4,4 мм відповідно.

З іншого боку дзвіниці спостерігається інший хід осідання, марки 1, 4-8, зовсім протилежний маркам 2-3. Починаючи із третього по шостий цикл будівля поступово осідає в середньому на 0,55 мм по всьому периметру, а з шостого по чотирнадцятий цикли відмічається поступове підняття деформаційних марок основи фундаменту в середньому на 1,27 мм марок 1,4-8, тому що із боку цих марок навантаження не відбувається і тому протилежний бік суцільної бетонної плити фундаменту дзвіниці переважає приблизно на 5,13 мм із незначним креном.

Використавши закономірність експериментальних і функційних залежностей було спрогнозовано середнє осідання основи фундаменту деформаційних марок 2, 3 та отримано результат 12,8 мм через 20,2 місяці.

Подальші дослідження осідання фундаменту дзвіниці під час будівництва (реконструкції) основної будівлі Спасо-Преображенського собору, що складається із двох ярусів, підтвердило розрахункову прогнозу оцінку затухання із поступовим навантаженням без відсутності додаткових зовнішніх і внутрішніх впливів та успішно випробувана теорія прогнозу подальшого осідання деформаційних марок із повною їх стабілізацією, що встановлені по периметру основ фундаменту дзвіниці.