

УДК 69:001.89;624.15;725

*О.М. Галінський, к.т.н.; О.М. Чернухін, к.т.н.;
С.А. Марчук, НДІБВ, Київ*

ВЛАШТУВАННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ КОНТРОЛЬНИХ ПАЛЬ НА БУДІВНИЦТВІ КАФЕДРАЛЬНОГО СОБОРУ У КИЄВІ

АНОТАЦІЯ

Розглянуто особливості влаштування системи моніторингу напруженого стану контрольних паль, в яких встановлено вібраційні тензодатчики у різних геологічних шарах ґрунту.

Ключові слова: система моніторингу, вібраційні тензодатчики.

У 2010 році в місті Києві розпочато будівництво найбільшого в Україні Кафедрального собору висотою 114 м, який може вмістити одночасно до 5000 прихожан.

Особливістю будівництва собору є складність інженерно-геологічних умов ділянки забудови, яка знаходиться у поймі р. Либідь, та масштабність самої споруди, плитно-палевий фундамент якої виконано з 577 залізобетонних буронабивних паль діаметром 820 мм та глибиною 28,5 м, поверх яких влаштовано монолітний залізобетонний ростверк товщиною 2 м. Палі виконувались під захистом інвентарних металевих обсадних труб, які при бетонуванні вилучались. Ростверк має максимальні розміри у плані 89,5x89,5 м і виконаний цільно-монолітною конструкцією, а його бетонування об'ємом близько 10000 м³ тривало безперервно 2 доби.

При влаштуванні паль собору було задіяно чотири бурові установки, а бетонування ростверку виконувалось сімома бетононасосами (3 автобетононасоси та 4 стаціонарних).

Будівництво такого масштабу та складності не може лишатися поза увагою науково-дослідних інститутів будівельної галузі (1), тому для вирішення питань влаштування фундаменту собору було залучено фахівців Науково-дослідного інституту будівельного виробництва.

Відомо, що влаштування глибоких фундаментів ускладнюється неможливістю їх візуального контролю на всю глибину. Крім того, існує багато інших факторів, які впливають на якість влаштування

підземних конструкцій, а саме: види ґрунтів, наявність підземних вод, якість інженерно-геологічних вишукувань, правильність проектних рішень, дотримання технології виконання робіт, якість будівельних матеріалів, тип задіяних машин та механізмів, склад та досвід будівельних бригад, погодно-кліматичні умови виконання робіт тощо.

Тому серед заходів, необхідних для забезпечення якості влаштування фундаменту споруди, надійності та довговічності її експлуатації генпроектувальник (ТОВ "ВІСАК") поставив вимогу влаштувати систему моніторингу напруженого стану паль, здійснювати контроль технології їх влаштування, здійснювати неруйнівний контроль влаштованих паль акустичним та ультразвуковим методами. Виконання цих робіт було надано НДІБВ.

Система моніторингу являє собою дев'ять оснащених вібраційними тензодатчиками паль, за напруженим станом яких будуть здійснюватись спостереження під час будівництва та експлуатації Кафедрального собору (2).

Для влаштування системи моніторингу було обрано дев'ять найбільш навантажених за даними проектувальників паль (№ 2, 148, 150, 229, 283, 416, 434, 481, 544), які розташовані в різних точках пального поля таким чином, щоб моніторинг цих паль надавав можливість об'єктивної оцінки напруженого стану стосовно усього фундаменту споруди.

План пального поля з розташуванням контрольних паль наведено на рисунку 1.

Для влаштування системи моніторингу кожна контрольна паля була оснащена вібраційними тензодатчиками, які дозволяють фіксувати існуючі напруження у палях. Для надійності роботи системи моніторингу кожна контрольна паля оснащена тензодатчиками двох виробників: GV-2411 (виробництва фірми GeoVan, Південна Корея) та Geokon 4200 (виробництва фірми Geokon, США).

Загальний вигляд та конструкція датчика Geokon 4200 зображені на рисунках 2 та 3.

Датчик являє собою конструкцію, що складається з порожнистого захисного футляру у вигляді металевої трубки, всередині якої знаходиться сталевий дріт. Сталевий дріт, в свою чергу, натягнений між двома кінцевими блоками, які закріплені на протилежних кінцях захисного футляру. Датчик оснащено електромагнітною зчитувальною котушкою, яка заміряє частоту вібрації натягнутого сталевого дроту. Заміряна електромагнітною котушкою

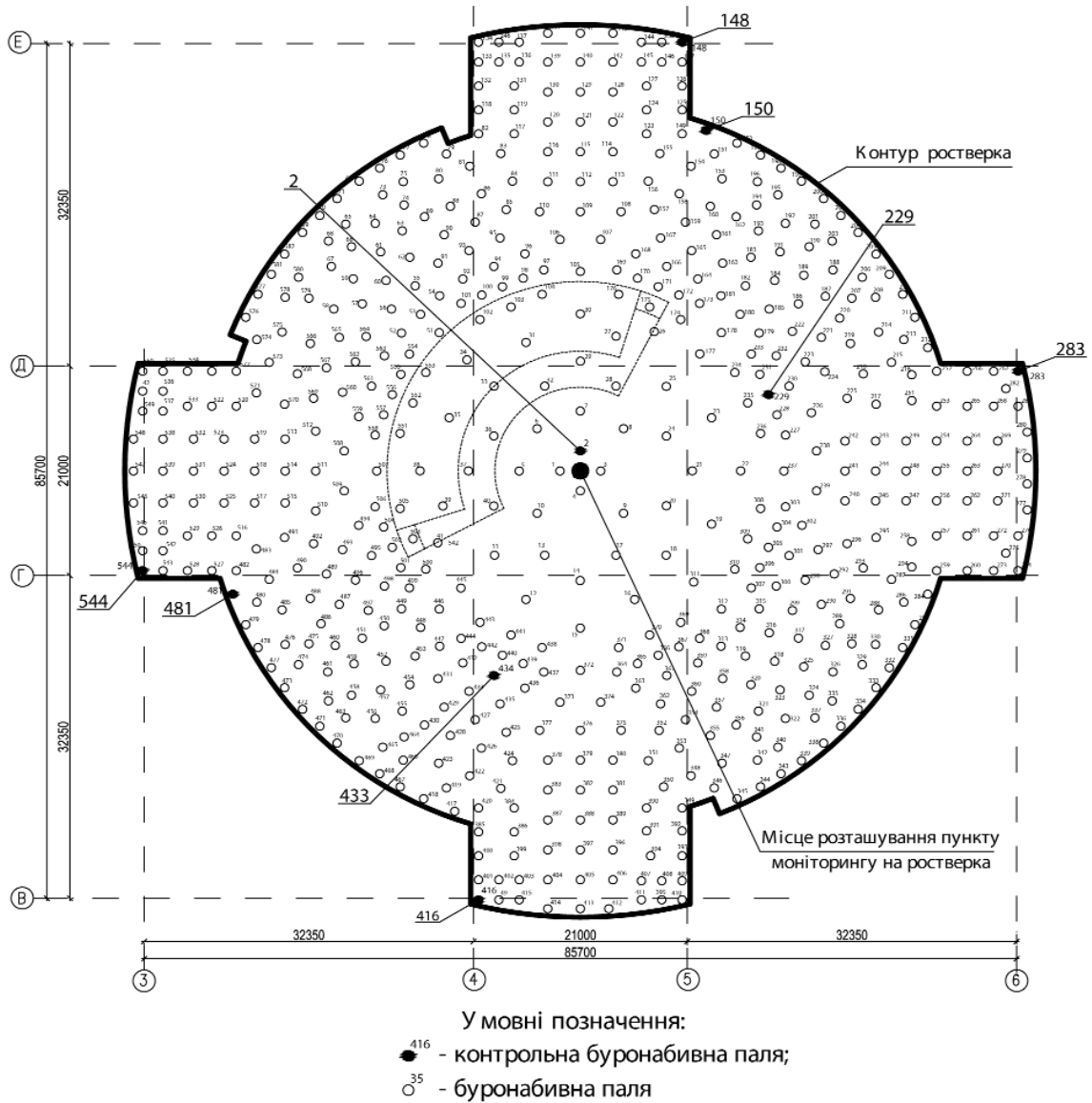


Рис. 1. План пального поля з розташуванням контрольних палей

кою частота електрокабелем передається на спеціальний пристрій, на дисплеї якого виводиться показник частоти коливань сталевго дроту.

Робота датчика базується на принципі зміни частоти вібрації сталевго дроту при збільшенні або зменшенні навантаження, яке прикладається до кінцевих блоків датчика.

За допомогою інженерних розрахунків різниця частоти коливань трансформується у показник зміни напруження, яке діє між кінцевими блоками датчика.

Датчик GV-2411 має аналогічний з датчиком Geokon 4200 принцип дії, але відрізняється способом монтажу на досліджуваній палі. Датчик GV-2411 кріпиться точковим низьковольтним зварюванням до спеціально підготовленої площадки на арматурному стрижні. Таку площадку неможливо

підготувати в умовах будівельного майданчика, тому вона виготовлялась в лабораторіях НДІБВ на відрізках арматурних стрижнів довжиною 1,2 м та діаметром 28 мм, що відповідає діаметру робочої арматури контрольних палей. Відрізки арматурних стрижнів з датчиками GV-2411 кріпляться до армокаркасів контрольних палей нейлоновими хомутами або в'язальним дротом.

Схеми кріплення датчиків до робочої арматури контрольних палей зображено на рисунку 4.

Електрокабелі датчиків, закріплених на армокаркасі контрольної палі, заводяться всередину пластмасової гофрованої труби (для запобігання механічним пошкодженням електрокабелів при бетонуванні палі), яка протягується в бік оголовка палі. Гофрована труба закріплюється до стрижнів



Рис. 2. Загальний вигляд датчика Geokon 4200

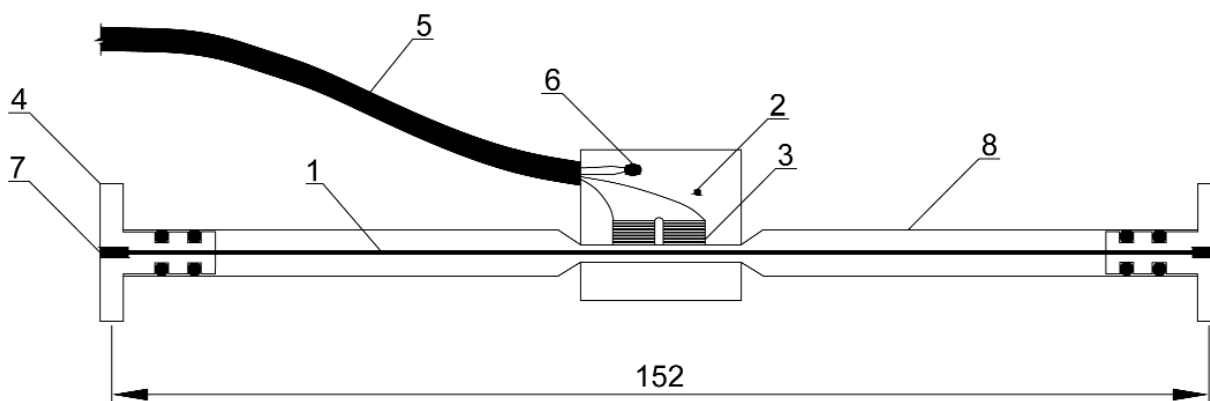


Рис. 3. Конструкція датчика Geokon 4200

1 – сталевий дріт; 2 – блок розміщення котушок і термістора; 3 – електромагнітна зчитувальна котушка; 4 – кільцеподібний кінцевий блок; 5 – електрокабель; 6 – термістор; 7 – затискач для дроту; 8 – захисний футляр

робочої арматури нейлоновими хомутами з кроком близько 0,5 м.

Закріплений на армокаркасі контрольної палі датчик Geokon 4200 зображено на рисунку 5.

Для улаштування системи моніторингу на армокаркасі кожної контрольної палі (до монтажу армокаркаса у свердловину) були закріплені усі датчики. Після монтажу армокаркаса у свердловину контрольна паля бетонувалась. Після тужавіння бетону кінцеві блоки датчиків Geokon 4200 та арматурні відрізки з датчиками GV-2411 знаходяться у щільному контакті з бетоном палі, і будь-яке напруження, що виникає в палі, змінює частоту коливань сталевого дроту датчиків.

Після аналізу даних інженерно-геологічних вишукувань, згідно з якими палі прорізають шари різних типів ґрунту, – насипний ґрунт, супісок, суглинок, глину та пісок, – враховуючи, що палі в різних шарах ґрунту мають різну несучу здатність,

було прийнято рішення встановити на кожній з контрольних палей по 10 тензодатчиків: 2 датчики у супіску на відм. – 6,0 м, 2 датчики у суглинку на відм. – 14,0 м, 3 датчики у глині на відм. – 21,0 м та 3 датчики у піску (в несучому шарі ґрунту) на відм. – 27,0 м. Фактичні відмітки глибини залягання різних шарів ґрунту для кожної контрольної палі було уточнено працівниками НДІБВ при бурінні свердловин під контрольні палі.

Всього на дев'яти контрольних палях було встановлено 90 вібраційних тензодатчиків.

Схема розташування тензодатчиків на контрольних палях та геологічний розріз зображено на рисунку 6.

Однією із складностей влаштування системи моніторингу було те, що усі зварювальні роботи на арматурному каркасі контрольної палі необхідно було виконати до встановлення на ньому датчиків, оскільки всередині датчиків знаходиться тонкий

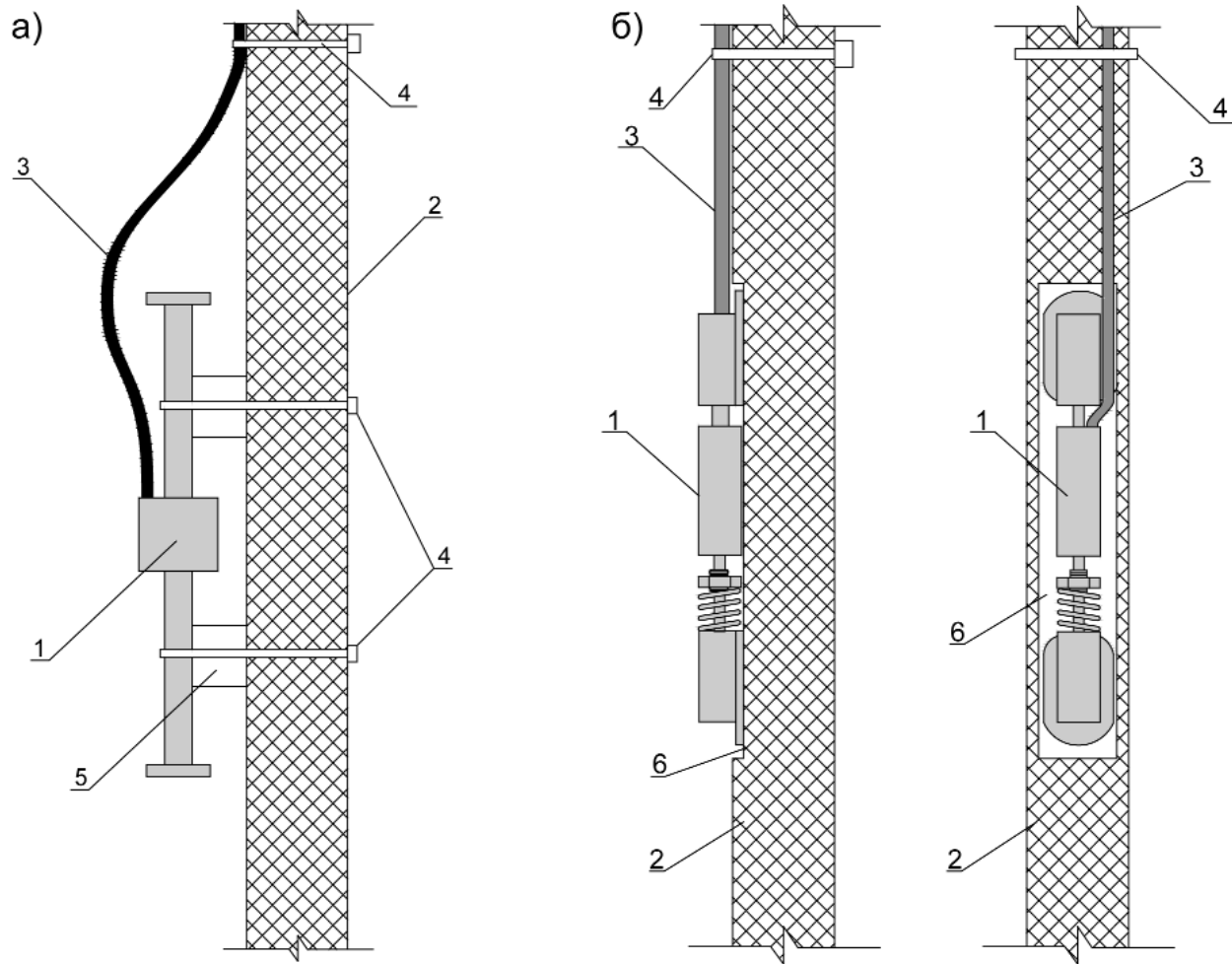


Рис. 4. Схема кріплення датчиків Geokon 4200 та GV-2411 до робочої арматури контрольної палі:
 а – схема кріплення датчика Geokon 4200; б – схема кріплення датчика GV-2411

1 – датчик, 2 – арматурний стрижень, 3 – електричний кабель, 4 – нейлоновий хомут, 5 – дерев'яна підкладка, 6 – підготовлена на арматурі площадка для монтажу датчика методом точкового зварювання

сталевий дріт, який при потраплянні на нього високої напруги може пошкодитись.

Оскільки в свердловину вставляли армокаркаси зі змонтованими на них датчиками, то для уникнення з'єднання верхньої та нижньої частин арматурного каркаса контрольної палі електродуговим зварюванням було вирішено з'єднувати арматурні стрижні металевими хомутами, попередньо виготовленими у лабораторіях НДІБВ (на кожне з'єднання двох арматурних стрижнів два металеві хомути).

З'єднані хомутом арматурні стрижні зображено на рисунку 7.

Оснащений датчиками арматурний каркас контрольної палі монтувався у свердловину в декілька етапів. Спочатку в свердловину опускалась нижня частина армокаркаса палі. Після фіксації нижньої частини каркаса на вершні обсад-

ної труби до свердловини подавалась верхня частина армокаркаса. Виконувалось з'єднання обох частин армокаркаса металевими хомутами. Після цього вже з'єднаний армокаркас опускався до свердловини і, по мірі його опускання, всередині армокаркаса протягувалась гофрована труба з електрокабелями датчиків нижньої частини каркаса. Гофрована труба, що протягувалась, приєднувалась до робочого арматурного стрижня нейлоновими хомутами. Після монтажу армокаркаса у свердловину виконувалось бетонування палі.

При улаштуванні контрольних паль працівниками НДІБВ виконувався науково-технічний супровід їх будівництва. Здійснювався контроль технології улаштування паль, виконувалась вхідний контроль бетонної суміші та перевірялась міцність на стиск відібраних перед бетонуванням зразків бетону. Ці заходи сприяли уникненню порушень в



Рис. 5. Закріплені на армокаркасі контрольної палі датчик Geokon 4200:
 1 – арматурний каркас контрольної палі, 2 – гофрована труба, 3 – датчик Geokon 4200,
 4 – дерев'яна підкладка, 5 – нейлоновий хомут

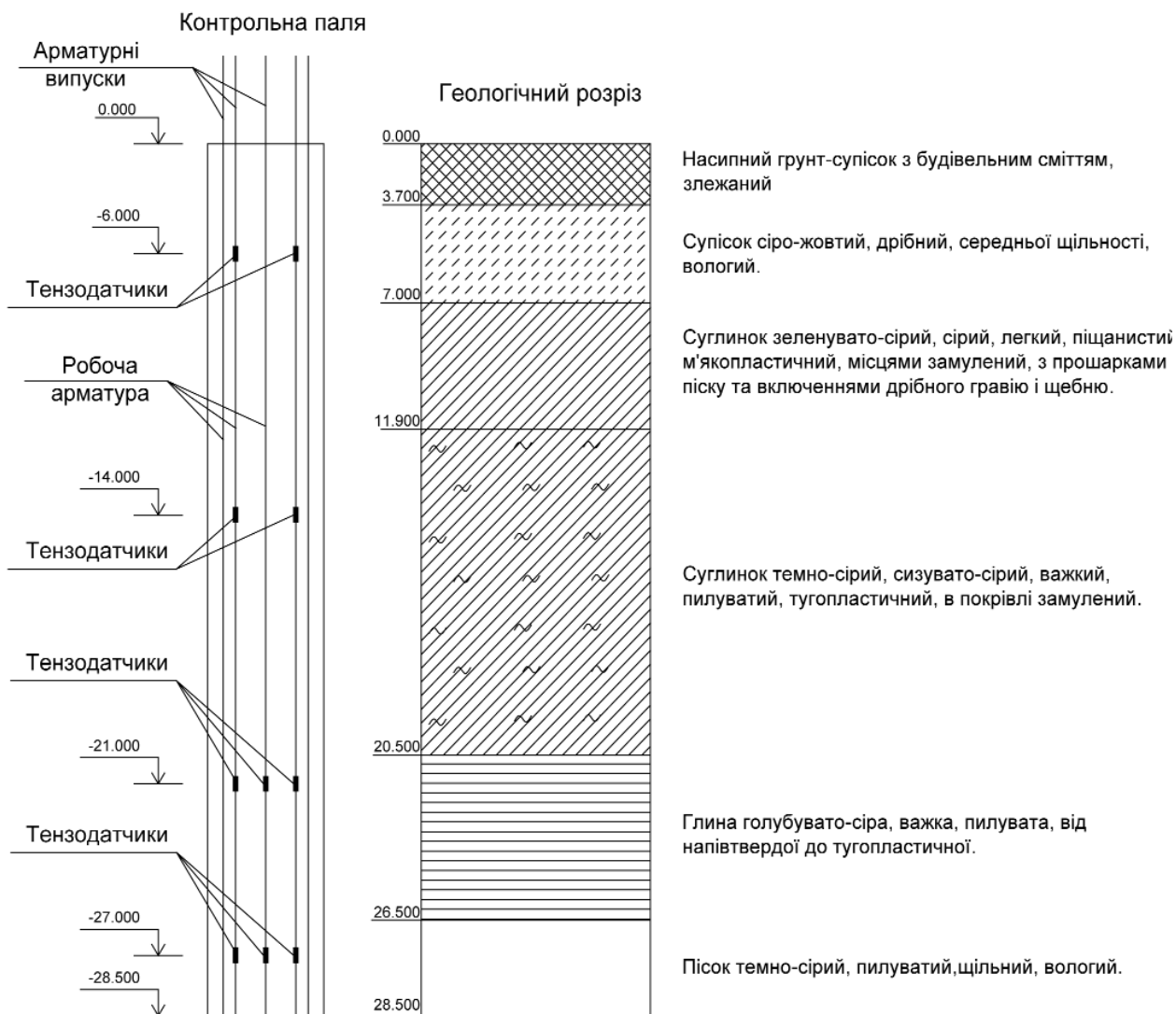


Рис. 6. Геологічний розріз та схема розташування тензодатчиків на контрольних палях



Рис. 7. З'єднуючий арматурні стрижні металевий хомут:

1 – стрижні робочої арматури верхнього та нижнього каркасів контрольної палі,
2 – металевий хомут, 3 – металева пластина

технології та гарантували якість улаштування контрольних паль.

Якість улаштування контрольних паль було перевірено неруйнівними методами ультразвукового та акустичного контролю. Було встановлено, що палі не мають порушень суцільності бетону, а їх глибини знаходяться в допустимих межах коливання (3).

Після улаштування пального поля було влаштовано монолітний залізобетонний ростверк, у тілі якого працівниками інституту прокладено електричні кабелі від влаштованих контрольних паль. Електричні кабелі затягувались у металорукав, який закріплювався нейлоновими хомутами до арматурного каркаса ростверка (до його бетонування). Випуски електричних кабелів зведено до центра ростверка, на якому буде влаштовано пункт спостереження (моніторингу) за напруженим станом контрольних паль.

При улаштуванні ростверка працівниками інституту виконувався НТС технології та здійснювались заходи для недопущення пошкоджень прокладених у армокаркасі ростверка металорукавів з кабелями від датчиків контрольних паль. Під час бетонування було заборонено просувати бетонолітну трубу та вібратор крізь чарунки армо-

каркаса, на яких закріплено металорукав та було заборонено направляти на нього напірний струмінь бетонної суміші. При бетонуванні ростверка проводився візуальний контроль цілісності прокладених металорукавів та нейлонових хомутів (4).

На усіх етапах улаштування системи моніторингу напруженого стану контрольних паль перевірялася працездатність тензодатчиків зі складанням актів засвідчення. Працездатність тензодатчиків перевірялася: перед їх закріпленням на армокаркасах контрольних паль, після монтажу армокаркасів у свердловини, після бетонування паль, після прокладання електрокабелів датчиків у армокаркасі ростверка та після бетонування ростверка. Складено акти огляду прихованих робіт на влаштовані у контрольних палях датчики та на прокладені у тілі ростверка електрокабелі датчиків.

Таким чином, при улаштуванні фундаменту Кафедрального собору Науково-дослідним інститутом будівельного виробництва на виконання вимог ДБН В.1.2-5:2007 "Науково-технічний супровід будівельних об'єктів" /5/ вперше в Україні було влаштовано систему, яка дозволяє здійснювати моніторинг напруженого стану паль під час будівництва та експлуатації споруди.

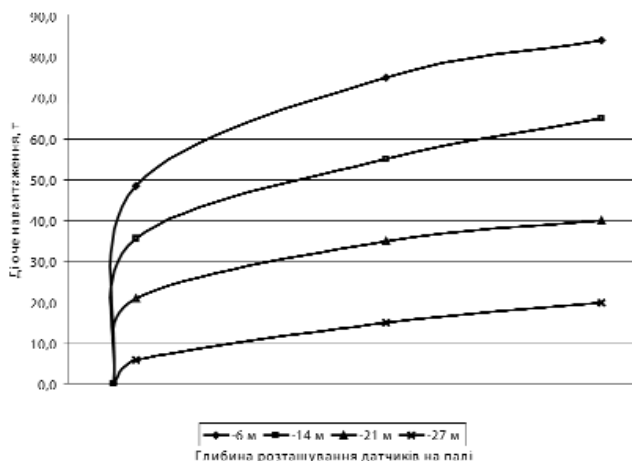


Рис. 8. Графік діючих навантажень у контрольній палі №2

Після улаштування ростверка інститутом періодично виконуються заміри показань тензодатчиків контрольних паль. За отриманими результатами визначаються навантаження, що діють у контрольних палях по їх глибині.

Графік діючих навантажень у одній з контрольних паль (паля №2) за результатами трьохмісячних замірів після влаштування ростверка зображено на рисунку 8.

Висновки

1. Вперше в Україні влаштовано систему, яка дозволяє здійснювати моніторинг напруженого стану паль під час будівництва та експлуатації споруди.

2. На всіх етапах реалізації технології улаштування пальового поля з ростверком було виконано заходи для забезпечення цілісності складових системи моніторингу та здійснено контроль її цілісності.

3. Здійснено перші заміри показань датчиків на всіх рівнях їх розміщення на палях (у різних геологічних шарах), за якими розпочато моніторинг напруженого стану паль під будівлею.

ЛІТЕРАТУРА

1. А.М. Галінський "Особенности строительства подземных выемок и фундаментов глубокого заложения в условиях плотной застройки" / О.М. Галінський // Нові технології в будівництві. — 2010. — №1(19). — С. 3-8.

2. Звіт про НДР "Обладнання контрольних паль для ведення моніторингу їх стану при спорудженні Кафедрального собору у м. Києві по Залізничному шосе, 3", НДІБВ, 2010.

3. Звіт про НДР "Проведення контролю якості улаштування паль на будівництві Кафедрального собору у м. Києві по Залізничному шосе, 3", НДІБВ, 2011.

4. Звіт про НДР "Прокладання кабелів у тілі ростверка від контрольних паль до пункту спостереження (моніторингу) за станом цих паль на будівництві Кафедрального собору у м. Києві по Залізничному шосе, 3", НДІБВ, 2012.

5. ДБН В.1.2-5:2007 "Науково-технічний супровід будівельних об'єктів".

АННОТАЦІЯ

Рассмотрены особенности устройства системы мониторинга напряженного состояния контрольных свай, в которых установлены вибрационные тензодатчики в разных геологических слоях грунта.

Ключевые слова: система мониторинга, вибрационные тензодатчики.

ANNOTATION

The features of the system of monitoring the stress state control piles, which set vibrating strain gauges in different geological layers of the soil.

Keywords: monitoring system, vibration strain gages.