

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЕКТУ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ФУТБОЛЬНОГО СТАДІОНУ «ЛЬВІВ АРЕНА», УКРАЇНА НА СТАДІЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Розенвассер Г.Р., Ушаков С.В.
ДП «Донецький ПромбудНДІпроект»
м. Донецьк, Україна

Маліков С.С.
Донбаська національна академія будівництва і архітектури
м. Makeївка, Україна

АНОТАЦІЯ: Стаття присвячена розробці проекту експлуатації та технологій моніторингу будівельних конструкцій стадіону «Львів Арена».

АННОТАЦИЯ: Статья посвящена разработке проекта эксплуатации и технологий мониторинга строительных конструкций стадиона «Львов Арена».

ABSTRACT: The article is devoted to the design of the maintenance project and monitoring technologies of building structures of the "Lviv Arena" stadium.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Технічний стан, «глобальний» і «локальний» моніторинги, карстові породи, науково-технічний супровід.

ВСТУП

З 1 січня 2008 року введено в дію ДБН В.1.2-5: 2007 «Науково-технічний супровід будівельних об'єктів» (далі - НТС) [1]. Цей документ є комплексним рішенням нетрадиційних проблем, які можуть виникати на етапах проектування, будівництва та експлуатації будівельних об'єктів.

Головним завданням науково-технічного супроводу є забезпечення вирішення містобудівних, архітектурних, конструктивно-технічних та будівельно-технологічних питань з мінімальним ризиком помилок в умовах сучасного будівництва за відсутності достатнього досвіду і аналогів у вітчизняній або світовій практиці.

Крім підвищення рівня безпеки будівельних об'єктів та вирішення питань інноваційного характеру, науково-технічний супровід дозволяє узагальнити отримані результати і дає можливість базовим організаціям з науково-технічної діяльності формувати відповідні пропозиції щодо розвитку нормативної бази в будівництві.

Звичайно, науково-технічний супровід тягне за собою додаткові витрати. Однак, вони можуть бути компенсовані за рахунок інноваційних технологій, підвищення якості будівництва, забезпечення високих експлуатаційних характеристик об'єктів. Економічна ефективність досягається і за рахунок того, що знижується вартість будівельних матеріалів та енергетичної складової у собівартості будівельної продукції, знижуються експлуатаційні витрати без зменшення комфорту та рівня життя населення, зменшується залежність держави від імпорту будівельних матеріалів і енергетичних ресурсів [2].

Особливе масштабне місце в НТС займає моніторинг - систематичне стеження (спостереження) за напружено-деформованим станом конструкцій, деформаціями споруд в цілому, за станом ґрунтів, основ і підземних вод; своєчасна фіксація і оцінка відхилень від проекту, вимог нормативних документів, зіставлення результатів прогнозу взаємного впливу об'єкта і навколишнього середовища з результатами спостережень з метою оперативного запобігання або усунення виявлених негативних явищ і процесів [3].

ДП «Донецький Промбудндіпроект» має досвід проведення НТС, зокрема, проводилися роботи при проектуванні і будівництві великих об'єктів: Донецький метрополітен у складних геотехнічних умовах (тектонічні порушення і гірські розробки), Україна, з 1985 р.; дренажно-комунікаційний тунель Ø6,0 м і Ø3,5 м в сейсмонебезпечному районі м. Ашгабат ($J_p = 10$ балів за шкалою МСК-64), Туркменістан, 2000...2005 рр.; 24-х поверховий комплекс «Пушкінський» на розроблюваній території в м. Донецьк, Україна, з 2006 р.; стадіон до Євро-2012 і міжнародний аеровокзал в м. Львів, 2011 р., та інші. В даний час проводиться системний НТС унікального об'єкта - експлуатуємого з 2009 р. футбольного стадіону «Донбас Арена».

У цій статті викладено розроблений інститутом проект експлуатації та технологій моніторингу введеного в експлуатацію в 2011 р. стадіону «Львів Арена».

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

На підставі вихідних даних (адаптована генеральним проектувальником ТОВ «Арніка» робоча документація в комплексах АР, КЖ і КМ, а також результати інженерно-геологічних вишукувань, проведених ВАТ

«Геотехнічний інститут» в 2008 р.) розроблено проект експлуатації та технологій моніторингу будівельних конструкцій стадіону «Львів Арена».

КОНСТРУКТИВНЕ РІШЕННЯ СТАДІОНУ

Загальні відомості

Місткість стадіону - 33 400 місць. Максимальні розміри стадіону в плані - 190,6 x 150, 6м, висота \approx 40м. Площа ділянки під будівництво - 24,80 га; площа забудови - 4,6095 га. Поверховість стадіону - 6 рівнів (з нульового по п'ятий); клас відповідальності споруди - СС3; ступінь вогнестійкості - І; сейсмічність - $J_r = 6$ балів за шкалою МСК-64.

За результатами інженерно-геологічних вишукувань виявлено наявність в геологічній будові ділянки карстуючих порід - гіпсів і вапняків. Спостерігається коливання покрівлі та потужності товщі гіпсів, обумовлене карстово-суфозійними процесами, які спровокували розмив гіпсу та утворення карстових пустот і зон підвищеної тріщинуватості в його масиві. Розміри порожнеч по вертикалі коливаються від 0,3 до 5,2 м, розташування їх у масиві незакономірне. Інженерно-геологічні умови майданчика ускладнені також підтопленням території і агресивністю вод неогенового комплексу по відношенню до бетону.

Вивчення геологічних розрізів показало, що шар гіпсу, в якому можуть утворюватися карстові порожнечі, залягає на глибині 10 м і більше, причому його покрівля зафіксована в сусідніх свердловинах на різній глибині (до 16 м від подошви фундаментів). Це може свідчити про часткове руйнування і розчинення карстуючого шару, а також заповнення пустот осадовим матеріалом.

Особливо слід відзначити те, що порушення природного гідроген-логічного режиму території у зоні впливу стадіону призведе до активізації небезпечних геологічних процесів (карстоутворення) в масиві гірських порід у підґрунті об'єкта і на прилеглий території.

Конструктивні особливості

У конструктивному відношенні стадіон запроєктовано за каркасною схемою з кроком рам: на прямолінійних ділянках - 10,0 м; на куткових ділянках - 7,5 ... 11,0 м.

Фундаменти - неглибокого закладення двох типів: окремо розташовані на поздовжніх осях 01,02 і стрічкові на поздовжніх осях 03,04 з відміткою в розрізі -0,600. Підґрунтям під фундаменти обраний шар напівтвердого суглинку.

Кожна рама складається з нижньої і верхньої частин. Нижня частина рами Рм1 складається з 2-х стрічкових (9,6 м і 6,6 м) і окремо розташованих (3,0х3,0 м і 4,5х1,8 м) фундаментів, колон перетинами 1,6х0,8 м і 0,8х0,8 м, горизонтальної частини ригеля перерізом 1,6х0,6 м і похилої частини ригеля шириною 0,5 м змінної висоти. Верхня частина рами Рм2 складається з пілонів перетинами 1,645х0,8 м і 2,0х0,8...3,55х0,8 м, ригеля шириною 0,8 м змінної висоти. На позначці +9,000 в горизонтальних ригелях рами Рм1 є арматурні вставки для з'єднання з рамами Рм2. Покриття стадіону виконане з металевих ферм і просторових структур. Структури розміщуються на верхніх і нижніх поясах ферм. Ферми спираються на верхню ділянку рами Рм2.

Споруда розділена повними антисейсмічними швами (далі А.Ш.) у кількості 11 штук із зазорами ≥ 30 мм (рис. 1).

Просторова стійкість кожного відсіку залізобетонного каркаса між А.Ш. забезпечується організацією жорсткого блоку за рахунок кріплення збірних плит, у тому числі трибуни, до похилих ділянок ригелів рам Рм1 і Рм2, залізобетонними розпірними балками під сходові марші і вертикальними металевими зв'язками по колонах рами Рм1 і пілонів рами Рм2.

Просторова стійкість кожного відсіку металевого покриття між А.Ш. забезпечується організацією жорсткого блоку за рахунок кріплення ферм до опорних вузлів, а також кріплення структур до нижніх і верхніх поясів ферм (рис. 2).

МЕТОДИЧНІ ПИТАННЯ МОНІТОРИНГУ

Згідно з термінологією, введеної в роботах [3 - 5], запроєктована система «глобального» моніторингу стадіону «Львів Арена» на стадії експлуатації, що складається з 6-ти «локальних» моніторинрів (рис. 3).

Стадіон розглянутий як єдина система «підгрунття - фундамент - каркас - покриття - доквілля». Комплексна програма моніторингу дає можливість всебічної обробки результатів застосованих видів «локальних» моніторинрів і системної діагностики можливих зсувів і пошкоджень.

Кожен вид «локального» моніторингу передбачає попередню розробку концепції та методики проведення вимірювань, які забезпечать конструктивну безпеку несучих елементів споруди. Запис свідчень по кожному з видів «локального» моніторингу здійснюється в спеціальних журналах, де і проводиться попередня обробка результатів.

Моніторинг несучих залізобетонних конструкцій каркаса, металевих конструкцій покриття, а також узагальнення усіх видів «локальних» моніторинрів і висновок про технічний стан споруди здійснюється ДП «Донецький Промбудндріпроект», який є керівником розробки.

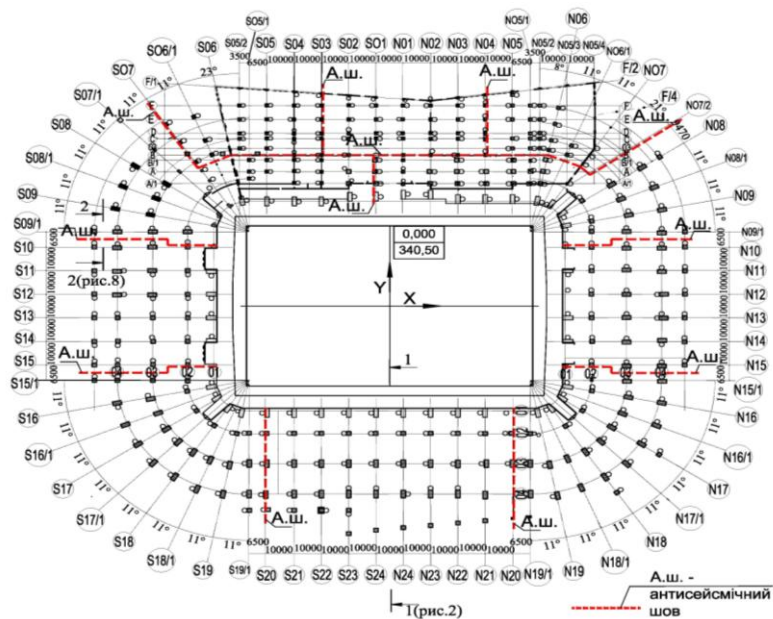


Рис. 1. План нульового рівня на відм. +0,850

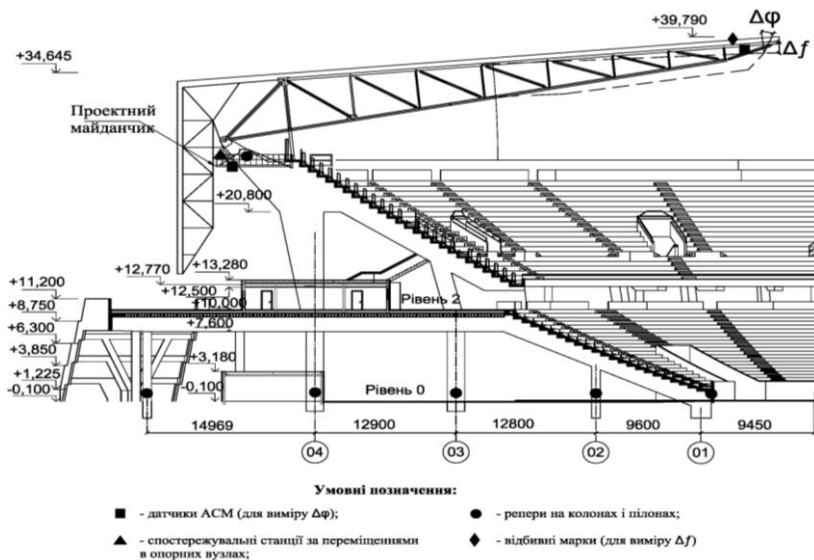


Рис. 2. Вертикальний розріз стадіону (перетин 1-1 – (рис.1)) із розміщенням приладів

Проекти геофізичного та гідрогеологічного моніторингів розроблені за участю науково-дослідного інституту УкрНДМІ.

Проекти геодезичного моніторингу та моніторингу несучих металевих конструкцій покриття розроблені спільно з ДонНАБА.

Проект автоматизованої системи моніторингу розроблений із залученням ЗВ ДП НДІБК.



Рис. 3. Структура «глобального» моніторингу

Доцільним при проведенні оцінки технічного стану споруди є перехід на напруги в залізобетонних і металевих конструкціях. Через велику трудомісткість облаштування та вартості приладів прямого вимірювання напружень, а також складності інтерпретації отриманих результатів, нами прийнята наступна схема оцінки залишкового ресурсу несучих властивостей конструкцій: розробка просторової розрахункової схеми (моделі) системи «підгрунтя - фундамент - каркас - покриття» по кожному з відсіків, де встановлюються прилади для фіксації переміщень; розрахункова модель завантажується аварійним поєднанням навантажень і вимірними вимушеними переміщеннями; за результатами розрахунків визначаються напруги в несучих матеріалах і порівнюються з їх розрахунковими (нормативними) значеннями.

Далі встановлюються найбільш вразливі місця в елементах залізобетонного каркасу і металевих покриття. Потім визначаються напруження

в бетоні, арматурі, металевому прокаті і встановлюється залишковий ресурс несучих властивостей відповідних конструкцій.

В табл. 1 представлено короткий опис кожного з 6-ти «локальних» моніторинрів стадіону.

Таблиця 1

Короткий опис «локальних» моніторинрів

Вид «локального» моніторингу	Короткий опис
Геофізичний моніторинг	Інструментальне визначення наявності карстових порожнин у межах чаші стадіону та навколишньої території з використанням томографії геофізичними методами (сейморозвідка і електророзвідка) шляхом просвічування.
Гідрогеологічний моніторинг	Моніторинг майданчика забудови з використанням гідроспостережувальних свердловин.
Геодезичний моніторинг	Облаштування системи реперів і марок на території об'єкта і несучих елементах конструкцій, а також систематичне стеження і аналіз можливих вертикальних і планових переміщень.
Моніторинг залізобетонних конструкцій каркасу	Аналіз роботи стадіону як єдиної системи «підґрунтя - фундамент - каркас - покриття - навколишнє середовище»; проведення оцінки технічного стану несучих конструкцій каркасу; облаштування системи реперних та спостережувальних станцій для фіксованого стеження за поведінкою антисейсмічних швів і несучих залізобетонних конструкцій (рис. 7, 8).
Моніторинг металевих конструкцій покриття	Проведення обстеження металоконструкцій, зварних і болтових з'єднань, а також опорних вузлів ферм з вимірами лінійних розмірів і фіксацією можливих відхилень; інструментальні вимірювання з виявленням дефектів і пошкоджень. Проведення моніторингу снігових і вітрових навантажень, температурного режиму та режиму вологості в характерних точках.
Автоматизована система моніторингу	Проведення вимірів величин та напрямів зсувів елементів об'єкта автоматизованим способом за допомогою спеціальних датчиків.

Для нормальної експлуатації споруди необхідне створення математичної моделі споруди в програмному комплексі «SCAD» із

занесенням в дану схему значень, одержуваних по датчиках крену (АСМ) і результатів геодезичного моніторингу для дублювання отриманих результатів.

Створення математичної моделі споруди необхідне для визначення значень напружень в конструкціях споруди від деформацій, що відбуваються в процесі експлуатації, і виявлення найбільш навантажених конструкцій для прийняття своєчасного вирішення з метою підтримки нормальної і безаварійної експлуатації стадіону, а також для визначення критичних критеріїв результатів, одержуваних по датчиках крену і геодезичним пунктам.

На рис. 4, 5 зображені схема профілів зйомки при проведенні геофізичного моніторингу і схема облаштування системи геодезичних реперів та гідропостережувальних свердловин на прилеглий території стадіону.

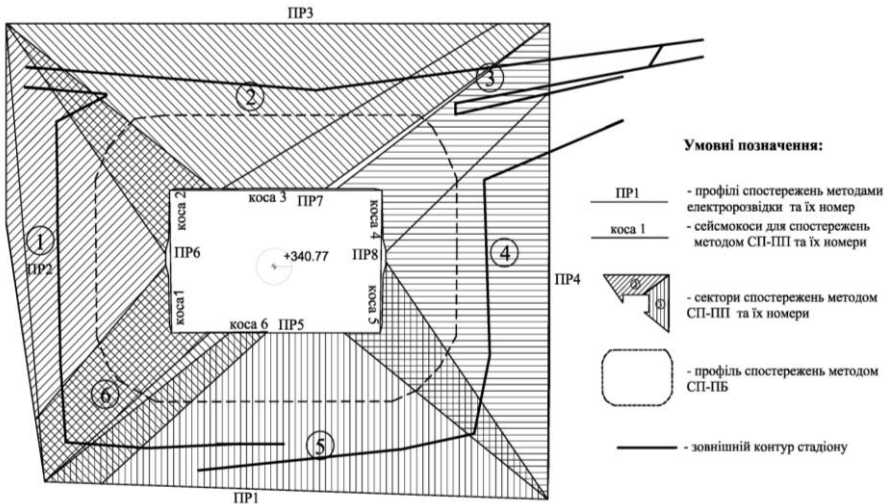


Рис. 4. Схема профілів зйомки при проведенні геофізичного моніторингу

Вертикальний розріз обраного відсіку стадіону із зазначенням розміщення приладів представлений на рис. 2.

На рис. 6, 7 приведена схема облаштування системи реперних та спостережувальних станцій для фіксованого стеження за поведінкою антисейсмічних швів і несучих залізобетонних конструкцій.

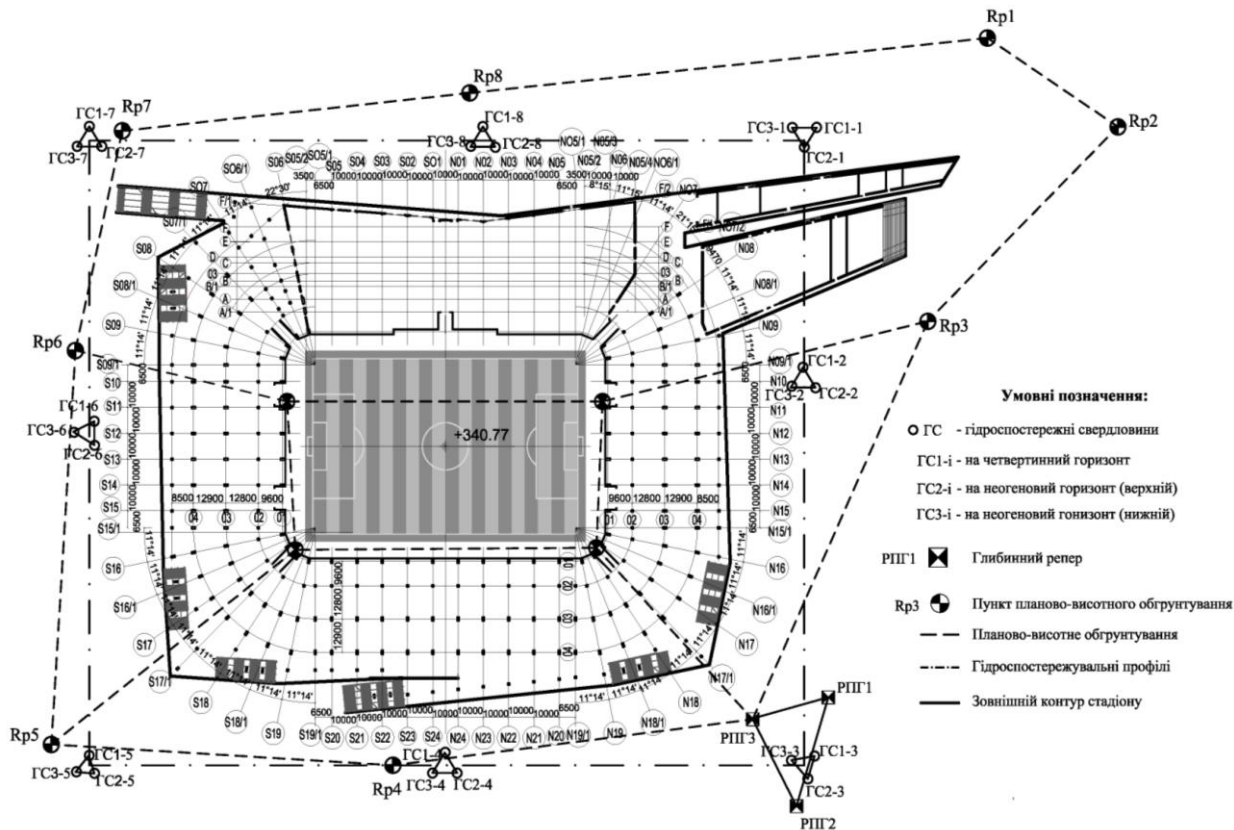


Рис. 5. Схема облаштування геодезичних реперів і гідропостережувальних свердловин

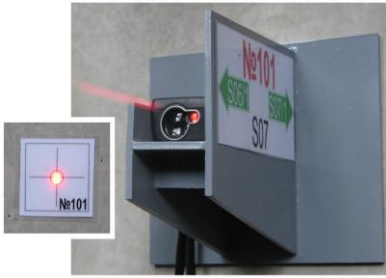


Рис. 6. Спостережувальна станція. (розташування лазерного віддалеміра Leica DISTO та відбивної марки)

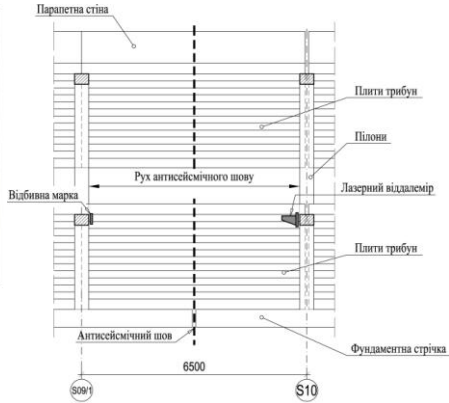


Рис. 7. Розташування спостережувальних станцій на залізобетонних конструкціях каркасу

На рис. 8 зображена схема облаштування спостережних майданчиків для забезпечення доступу до опорних вузлів ферм на залізобетонній конструкції верхнього ярусу.



Рис. 8. Розташування спостережних майданчиків

ВИСНОВКИ

1. Інститутом ДП «Донецький ПромбудНДІпроект» за участю провідних науково-технічних організацій Донецької області: УкрНДМІ та ДонНАБА, а також ЗВ ДП НДІБК розроблено проект експлуатації та

технологій моніторингу стадіону «Львів Арена», що знаходиться в складних геотехнічних умовах - наявність карстових пустот під майданчиком забудови і високий бал можливої сейсмічності території.

2. Введені поняття «глобального» і «локального» моніторингів технічного стану споруди, і в рамках даного проекту виділені необхідні 6 видів «локальних» моніторингів на стадії експлуатації стадіону.

3. Місця розташування всіх пунктів спостереження визначено у відповідності з проектом благоустрою території, генеральним планом об'єкта, проектною документацією будівельних конструкцій, а також уточнено в результаті візуальних обстежень.

4. В ході проведення моніторингу стадіону слід приділити увагу виявленню, ліквідації карстових утворень і контролю за станом контакту «підгрунтя-фундамент».

5. У процесі моніторингу також слід звертати увагу на забезпечення повних антисейсмічних швів, в тому числі фундаменти, каркас і покриття.

6. Необхідно ввести в дію програму оцінки залишкового ресурсу несущих конструкцій стадіону.

7. Враховуючи плановану високу точність вимірювань, зміни погодних умов, вплив навколишнього середовища, необхідно проводити моніторинг в найкоротші терміни - практично одномоментно.

8. Проект погоджено з робочою документацією «ДонбасІнформ-Зв'язокСервіс» «Система раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення» [6].

9. При розробці проекту враховані всі вимоги УЄФА до безпеки стадіонів, а також положення ДБН у сфері експлуатації подібних об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів: ДБН В.1.2-5:2007. - Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – Київ, 2007.
2. Научно-техническое сопровождение как инструмент безопасности строительных объектов / Доклад Министерства регионального строительства // Пленарное заседание Межправительственного совета по сотрудничеству в строительной деятельности стран СНГ от 15.11.2010. – Киев, 2010.
3. Маликов С.В. Концепция мониторинга уникальных строительных объектов на примере футбольного стадиона «Донбасс Арена» в г. Донецк, Украина / Маликов С.В., Розенвассер Г.Р., Исаков С.В. // Современные проблемы строительства: ДП «Донецкий Промстройиниипроект». - №13. – 2010. – С.55-65.
4. Отчет по результатам мониторинга несущих железобетонных конструкций каркаса (обобщающий по результатам глобального мониторинга) / ДП

«Донецкий Промстройниипроект. Шифр 2/06-10-ЖК.О/2010. – Донецк, 2010. – 63 с.

5. Проект експлуатації та технологій моніторингу будівельних конструкцій стадіону по вул.Стрийській – Кільцевій дорозі у м. Львові / ДП «Донецький Промбудндіпроект». Шифр 1/11-10НТС-15. – Донецьк, 2011. – 176 с.
6. Система раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення / ДонбасІнформЗв'язокСервіс. Робоча документація. Шифр 0021-Р-1056/1-Л-АСМ. – Донецьк, 2010. – 18 с.

Стаття надійшла до редакції 28.08.2013 р.