

УДК 528.48

*М.И. Лобов, д.т.н., ДонНАСА;*

*А.А. Анненков, к.т.н.;*

*С.С. Маликов, "Инженерная геодезия"*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МОНИТОРИНГА СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСА "ДОНБАСС-АРЕНА"**

### **АННОТАЦИЯ**

В статье рассмотрены технологии геодезического мониторинга, используемые в процессе научно-технического сопровождения уникального сооружения — стадиона "Донбасс-Арена". Приведены основные результаты мониторинга стадиона за 2010 г, выявлены тенденции деформаций. Определены основные инструменты повышения эффективности геодезических измерений, совершенствования обработки результатов.

Ключевые слова: деформации, мониторинг, полигонометрия, осадки реперов, высокоточное нивелирование, цикл наблюдений.

В условиях плотной застройки г. Донецка проектирование, строительство и эксплуатацию крупных и уникальных объектов, к которым относится спортивный комплекс "Донбасс-Арена", приходится осуществлять в сложных геотехнических условиях (подработка, просадка, тектоника, сейсмика и др.), когда на всех этапах необходимо учитывать многофакторность влияния данных условий на эксплуатационные качества этого сооружения. Техногенная и экологическая безопасность стадиона в значительной степени определяется геодинамическим состоянием горного массива, на котором объект построен.

Главной заботой руководителей объекта, сотрудников, обслуживающих стадионы, является безопасность всех находящихся в здании людей. Поэтому в процессе эксплуатации спортивных комплексов в обязательном порядке должно организовываться наблюдение за стабильностью их положения в плане и по высоте, а в процессе эксплуатации сооружений, возведенных на подрабатываемых территориях, данные наблюдения должны выполняться с частотой, установленной изысканиями в соответствии со строительными нормами

и правилами. Среди многочисленных параметров, в соответствии с которыми производится контроль текущего состояния объекта, выделяют следующие виды деформаций: вертикальные перемещения (осадка, просадка, подъем), горизонтальные перемещения (сдвиги), крены [3].

В 2010 году руководство стадиона "Донбасс-Арена" приняло решение заключить договор с ДП "Донецкий ПромстройНИИпроект" для проведения комплексного научно-технического сопровождения объекта. Специалистами ДП "Донецкий ПромстройНИИпроект" была разработана система глобального мониторинга стадиона, включающая такие элементы:

- геотехнический мониторинг;
- геодезический мониторинг;
- мониторинг железобетонных конструкций каркаса;
- мониторинг металлических конструкций покрытия;
- дистанционная автоматизированная система мониторинга (АСМ).

Комплексная программа мониторинга предоставляет возможность всесторонней обработки результатов применяемых видов измерений и системной диагностики возможных повреждений и отклонений.

Специалистами ДонНАСА проводится геотехнический мониторинг стадиона геодезическими методами, включающий несколько этапов:

- разработку концепции и методики проведения работ, обеспечивающих геотехническую безопасность объекта;
- разработку оптимальной технологии проведения мониторинга;
- выбор технического и приборного обеспечения для наблюдения за деформациями земной поверхности;
- систематическое проведение циклов измерений и математической обработки;
- анализ полученных результатов.

Главная отличительная черта стадиона — наклоненная с севера на юг крыша, повторяющая ландшафт, стеклянный фасад и пересеченные пешеходные дорожки. В конструктивном отношении основными несущими элементами являются многоэтажные радиальные рамы, воспринимающие нагрузку от наклонных террас для зрительских мест, междуэтажных перекрытий и встроенных подтрибунных помещений. Конструкции по периметру



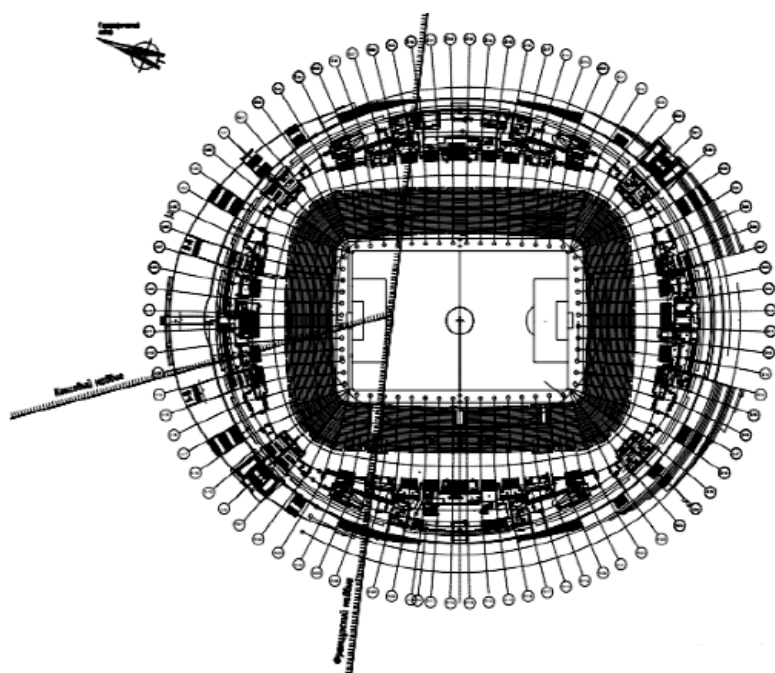


Рисунок 2. Схема расположения надвигов

В 2010 г. проведен начальный цикл наблюдений, 3 цикла измерений и оценка технического состояния конструкций стадиона с периодичностью 2 месяца. Получены следующие результаты:

- относительные горизонтальные деформации тектонических плит:  $\Delta \epsilon = 0,01 - 0,04$  мм/м;
- наклоны тектонических плит:  $\Delta i = 0,02 - 0,05$  мм/м;
- относительная разность осадок тектонических плит:  $\Delta h = 6 - 11$  мм;
- осадка отсеков (секторов): в зоне с естественным основанием:  $\Delta s =$  от +0,7 до -5,35 мм; в зоне с искусственным основанием:  $\Delta s =$  от -0,15 до -8,5 мм.

В процессе наблюдений возникла необходимость заложить дополнительные глубинные реперы для создания трех кустов пунктов на каждом тектоническом блоке, образованных Французским и Коксовым надвигами. Это позволит в дальнейшем контролировать стабильность реперов в каждом блоке и определять сдвиги между блоками. В 2011 г. были заложены дополнительные 6 глубинных реперов. Они были включены в высотную сеть с привязкой к реперам государственной нивелирной сети II класса. С каждого глубинного репера имеется видимость на 2 пункта полигонометрии. Перепад высот достигает 30 м. Грунтовые профильные линии состоят из 12 реперов, заложенных по обе стороны предполагаемых разломов. Расстояния между реперами колеблются в пределах 5–20 м.

В 2010 г. высотное положение глубинных реперов и пунктов полигонометрии определялось гео-

метрическим нивелированием по методике II класса с использованием нивелиров Н-05 и НИК-2. Максимальная длина визирного луча не превышала 30 м, неравенство плеч не превышало 1 м. Допустимая невязка в замкнутых ходах при определении деформаций несущих колонн 3-го яруса стадиона не превышала:

$$f_{\text{доп}} = \pm 1,5 \sqrt{n} \text{ мм,}$$

где  $n$  – количество станций.

По результатам мониторинга в 2010 г. было выявлено, что в блоках EB-EC-ED (см. рис.1), расположенных на насыпных грунтах, имеются зоны концентрации напряжений, где осадки реперов имеют знакопеременные значения (блок EB, колонна E09 – отметка +16 мм, E10 – отметка 0,00 мм, E11 – отметка -16 мм), такая же ситуация в блоке ED – от -28 мм до +6 мм. Это потребовало увеличения количества циклов, особенно на участке перечисленных блоков, и проведения специальных исследований по определению реальной точности используемых приборов. Осадки пунктов полигонометрии колебались от +9 мм до -3 мм.

В 2011 г. в целях уменьшения времени измерений (особенно при нивелировании осадочных марок внутри стадиона) и повышения точности измерения осадок выполнялись электронным нивелиром SDL30 фирмы "Sokkia", позволяющим осуществлять нивелирование с погрешностью до 1мм/км, что уменьшило затраты времени в 2 раза. В 2011 г. проведены дополнительные исследования точности с целью определения возможности применения электронного тахеометра "Sokkia SET 530RK3" для измерения деформаций. По наблюдениям каждого цикла вычислялись отметки осадочных марок, по которым определяли абсолютную осадку и скорость протекания, крен сооружения и вычерчивали графики осадок.

В процессе измерений и испытаний было определено, что для проведения мониторинга спортивного сооружения не требуется чрезмерно высокой точности измерений с применением высокоточного электронного тахеометра, позволяющего изме-

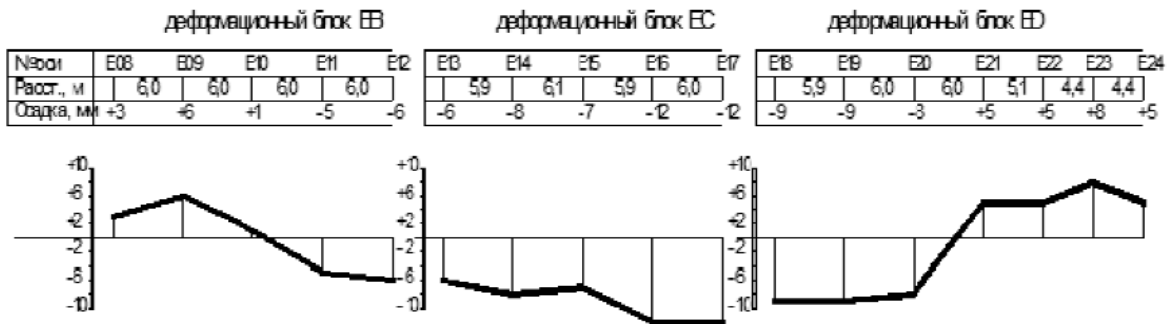


Рисунок 3. Графики осадок реперов деформационных блоков EB-EC-ED в 2010 г.

рять углы с погрешностью 0,5" и длины с погрешностью 0,5 мм, что требует экономических затрат.

**Выводы.**

Отмеченные в данной работе проблемы актуальны и нашли свое полное подтверждение. Геодезический мониторинг спортивного комплекса "Донбасс-Арена" необходимо продолжить с периодичностью в 2 месяца. На данный момент происходящие деформации требуют дальнейших исследований. Это позволит обеспечить безопасность проводимых спортивных мероприятий. По разным причинам требуется постоянный контроль устойчивости реперов созданной сети для обеспечения необходимой точности исходной основы и стабильности их высот. Каждый цикл наблюдений предполагает не только определение осадок сооружения, но также и нивелирование реперов высотного обоснования.

При мониторинге "Донбасс-Арены" важное место отводится глубокому анализу исследуемого процесса деформаций сооружения. Это необходимо для создания достоверной математической модели физических явлений, происходящих в конструкциях стадиона, работающего в условиях постоянных сложных статических и динамических нагрузок. Основные результаты последующих исследований будут представлены в дальнейших публикациях.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Маликов С.В., Розенвассер Г.Р., Исаков С.В. Концепция мониторинга уникальных строительных объектов на примере футбольного стадиона "Донбасс-Арена" в г.Донецке, Украина. Сборник "Современные проблемы строительства", ДП "Донецкий Промстройниипроект". – Донецк, 2010г.  
 2. Горохов С.В., Муцанов В.П., Касимов В.Р., Назим Я.В., Кузнецов С.Г., Василев В.М. Монито-

ринг складних технічних систем // *Металеві конструкції*, №4, Том 14 – Макіївка – 2008. – С.300-313.

3. Крамарчук И.Н. Контроль показателей точности измерений при исследованиях деформаций зданий. // *Наукові праці ДонНТУ. Випуск 148.* – Донецьк, 2009.  
 4. Сердюк А.П. Оптимизация проектных решений стадиона ФК "Шахтер" в особо сложных геотехнических условиях г. Донецка, Украина. – Донецк: ДП "Донецкий Промстройниипроект" 2007. – 75 с.

**АНОТАЦІЯ**

У статті розглянуто технології геодезичного моніторингу, які використовуються в процесі науково-технічного супроводу унікальної споруди – стадіону "Донбас-Арена". Наведено основні результати моніторингу стадіону за 2010 г, виявлені тенденції деформацій. Визначено основні інструменти підвищення ефективності геодезичних вимірювань, вдосконалення обробки результатів.

Ключові слова: деформації, моніторинг, полігонометрія, опади реперів, високоточне нівелювання, цикл спостережень

**ANNOTATION.**

The technologies of surveying monitoring used in the process of scientific and technical support of the unique construction – the stadium "Donbas-Arena" are presented in this article. Also the basic results of monitoring the stadium in 2010, the identified trends of strains are described here. The basic tools of increasing the efficiency of geodetic measurements, improving the processing of the results are defined.

Key words: deformation, monitoring, traverse, datum marks' subsidence, precision leveling, series of observations.