



### МАЛИКОВ СЕРГЕЙ СТАНІСЛАВОВИЧ

Аспирант, асистент кафедры «Инженерная геодезия» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры; инженер I категории ДП «Донецкий Промстройинпроект».

Основные направления научной деятельности: деформационный мониторинг уникальных сооружений, исследование земельного законодательства Украины и других стран, оценка недвижимости и бизнеса.

Автор нескольких научных трудов.

E-mail: malikov\_s\_s@mail.ru

УДК 528.48

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО І ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНІТОРИНГОВ СТАДІОНА «ДОНБАСС АРЕНА»

*Ключевые слова:* геодезическое обоснование, мониторинг, осадки реперов, деформации, наблюдательные марки, тектоническая плита.

*В статье приведены результаты геотехнического и геодезического мониторингов стадиона «Донбасс Арена» в 2012г., а также раскрыты некоторые пути совершенствования систем измерений.*

*У статті наведені результати геотехнічного і геодезичного моніторингів стадіону «Донбас Арена» в 2012р., а також розкриті деякі шляхи вдосконалення систем вимірювань.*

*The article describes the results of geotechnical and geodetic monitoring of "Donbas Arena" stadium in 2012 and reveals some of the ways to improve measurement systems.*

### Постановка проблемы.

Цель работы – усовершенствование системы геотехнического и геодезического мониторингов как локальных частей глобального мониторинга технического состояния основных несущих конструкций стадиона «Донбасс Арена», проводимого с 2010 г. [1].

Основными задачами геотехнического и геодезического мониторингов стадиона являются:

- создание оптимального и рационального опорного обоснования для проведения мониторинга;
- исследование геодезическими методами деформаций земной поверхности;
- определение степени влияния деформаций земной поверхности на конструкции стадиона;
- определение горизонтальных и вертикальных смещений несущих конструкций сооружения.

Результаты геотехнического и геодезического мониторингов косвенно могут свидетельствовать о возможных опасностях в процессе эксплуатации объекта, а также служат для определения расчетных параметров, которые сравниваются с предельными значениями:

- относительные горизонтальные деформации тектонических плит;
- наклоны тектонических плит;
- относительная разность осадок тектонических плит;
- крены отсеков (секторов) в зонах с искусственным и естественным основанием;
- осадки отсеков (секторов) в зонах с искусственным и естественным основанием.

В 2010 г. для проведения геодезического мониторинга конструкций стадиона на территории была заложена сеть

полигонометрии из 8 грунтовых реперов (глубина 1,8 м); на конструкциях сооружения установлены наблюдательные марки в колоннах 3-го уровня, на парапетной стенке 7-го уровня и элементах покрытия. Дополнительно к данным пунктам для проведения геотехнического мониторинга были заложены три глубинных репера (3м) на 3-х разных тектонических плитах для определения связи возможных перемещений земной поверхности с возможными деформациями строительных конструкций, а также один пункт профильной линии (1,5 м).

По результатам мониторинга 2010 г. было определено, что данная система не являлась полной и не давала информации о взаимодействии тектонических плит с конструкциями сооружения, а также конструкций между собой. Результаты измерений также не давали возможности определять расчетные параметры, указанные выше. Исходя из этого, было принято решение в процессе дальнейшего мониторинга наладить оптимальную систему геотехнических и геодезических измерений.

#### **Совершенствование системы геотехнического и геодезического мониторингов.**

1. В 2011г. были заложены дополнительные 6 глубинных реперов (2 на каждую тектоническую плиту) для создания кустов из 3-х пунктов (рисунок 1). Заложенные кусты глубинных реперов позволяют контролировать стабильность реперов в каждом блоке и определять взаимные смещения каждой плиты. Глубинные реперы служат также в качестве опорных пунктов высотной основы. В ходе мониторинга постоянно контролируется стабильность их положения по постоянству превышений между ними во времени. По результатам наблюдений за глубинными реперами рассчитываются геотехнические параметры для дальнейшего анализа состояния строительных конструкций.

2. В 2012г. была осуществлена закладка 3-х реперов, сформировавших вторую профильную линию на предполагаемых границах Коксового надвига с северной стороны стадиона на расстояниях 30-40м друг от друга (см. рисунок 1). Они включены в существующую сеть полигонометрии, что позволяет усовершенствовать процесс измерений внешней сети, а также движения плит. Последующие циклы измерений позволяют выявить характер поведения геологического разлома, а также с учетом комплексного мониторинга стадиона будут получены выводы о том, каким образом и в какой степени Французский и Коксовый надвиги оказывают влияние на окружающий рельеф и сооружение в целом. Новые реперы расположены таким образом, чтобы придать геодезической сети большей точности и надежности, с каждого установленного репера имеется видимость на один пункт сети полигонометрии стадиона.

На основании полученных результатов в апреле 2012г. измерений принято решение об изменении начального, т.е. "нулевого" цикла наблюдений, относительно которого будут в дальнейшем вестись наблюдения по маркам, заложенным в элементах конструкций сооружения, а также реперам, заложенным в грунте на территории вокруг сооружения. Поводом для такого решения послужило то, что промежуток времени между закладкой реперов в грунт вокруг сооружения и выполнением начальных измерений был недостаточно велик, а репера, заложенные в бетонном основании в грунте "не успели" принять окончательное местоположение. На основании вышеизложенного, величина смещения в цифровом виде выглядела внушительно, хотя, на самом деле, величина смещения всех марок на конструкциях, а также грунтовых реперов невелика.

3. В 2013г. целесообразно установить дополнительные три грунтовых репера на границе тектонических плит I-II (см. рисунок 1) для создания профильной линии №3 (пересечение с линией Французского надвига с западной стороны Стадиона) и включение ее в общую геодезическую сеть.

Для наблюдения за динамикой крыльев Французского и Коксового надвигов предусмотрен переход от обозначения осадок в плане к отображению их в трехмерной модели с учетом геологического строения площадки (проект отображения представлен на рисунке 2).

Из-за «несогласованности» и «нелогичности» осадок некоторых грунтовых реперов в дальнейшем предусмотрено детальное изучение геологических разрезов в местах установки реперов и отображение их в трехмерной модели.

На примере отсеков NA и NC, детально исследуемых в ходе глобального мониторинга, необходимо произвести численные исследования для установления геодезических критериев критических и докритических смещений несущих элементов указанных отсеков стадиона. В дальнейшем это поможет оперативно выявлять и анализировать внезапные смещения конструкций и негативные тенденции, а также оптимизировать геодезическую сеть стадиона.

#### **Основные результаты геотехнического и геодезического мониторингов стадиона «Донбасс Аrena» в 2012г.**

Результаты геотехнического мониторинга и рассчитанные параметры представлены на рисунке 1. Все геотехнические параметры удовлетворяют нормативным расчетным параметрам [2]. Однако, следует отметить увеличение наклонов тектонических плит по сравнению с 2011 г. Наибольшие опасения вызывает именно этот параметр.

По результатам VI цикла наблюдений [3,4] построены графики осадок реперов внешней сети стадиона и соответствующих марок в колоннах 3-го яруса сооружения. В некоторых местах присутствует полная «согласованность» осадок реперов внешней сети и марок в колоннах (рисунок 3), что может говорить о непосредственном влиянии осадок земной поверхности на осадки конструкций сооружения.

На рисунке 4,а представлены графики осадок реперов геотехнической сети по всем циклам наблюдений, которые демонстрируют общую тенденцию к оседанию грунтовых реперов (за исключением репера РПГЗ). Наибольшие разницы осадок показал куст глубинных реперов РПГЗ-РПГЗ-1-РПГЗ-2, находящийся рядом с границей Коксового надвига и напротив отсека NA.

Смещения площадки в плане имеют северное, северо-восточное, юго-восточное и восточное направления по сравнению с нулевым замером – до 4 мм.

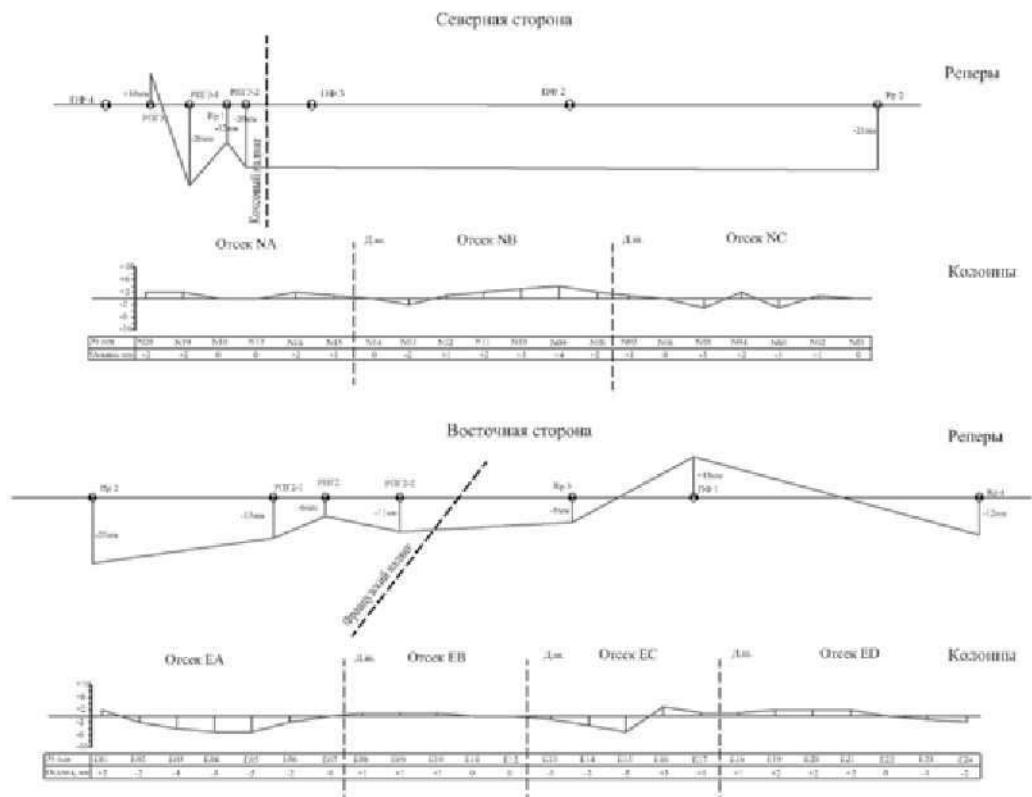
По высоте северная, восточная и западная часть территории проседает по сравнению с нулевым замером до 21 мм, а южная – поднимается до 5 мм. Условная линия «нулевого» изменения по высоте проходит по ул. Челюскинцев, поворачивает на восток в районе Французского надвига и проходит далее по нему до конца наблюдалемого участка.

На рисунке 4,б представлены графики сжатий-растяжений длин отрезков профильной линии №1 по всем циклам наблюдений. Все отрезки имеют тенденцию к растяжению (увеличению длины). Наблюдения за профильной линией показали наибольшие деформации (растяжения) на границах Французского надвига, напротив отсека EA, граничащего с отсеком NC.

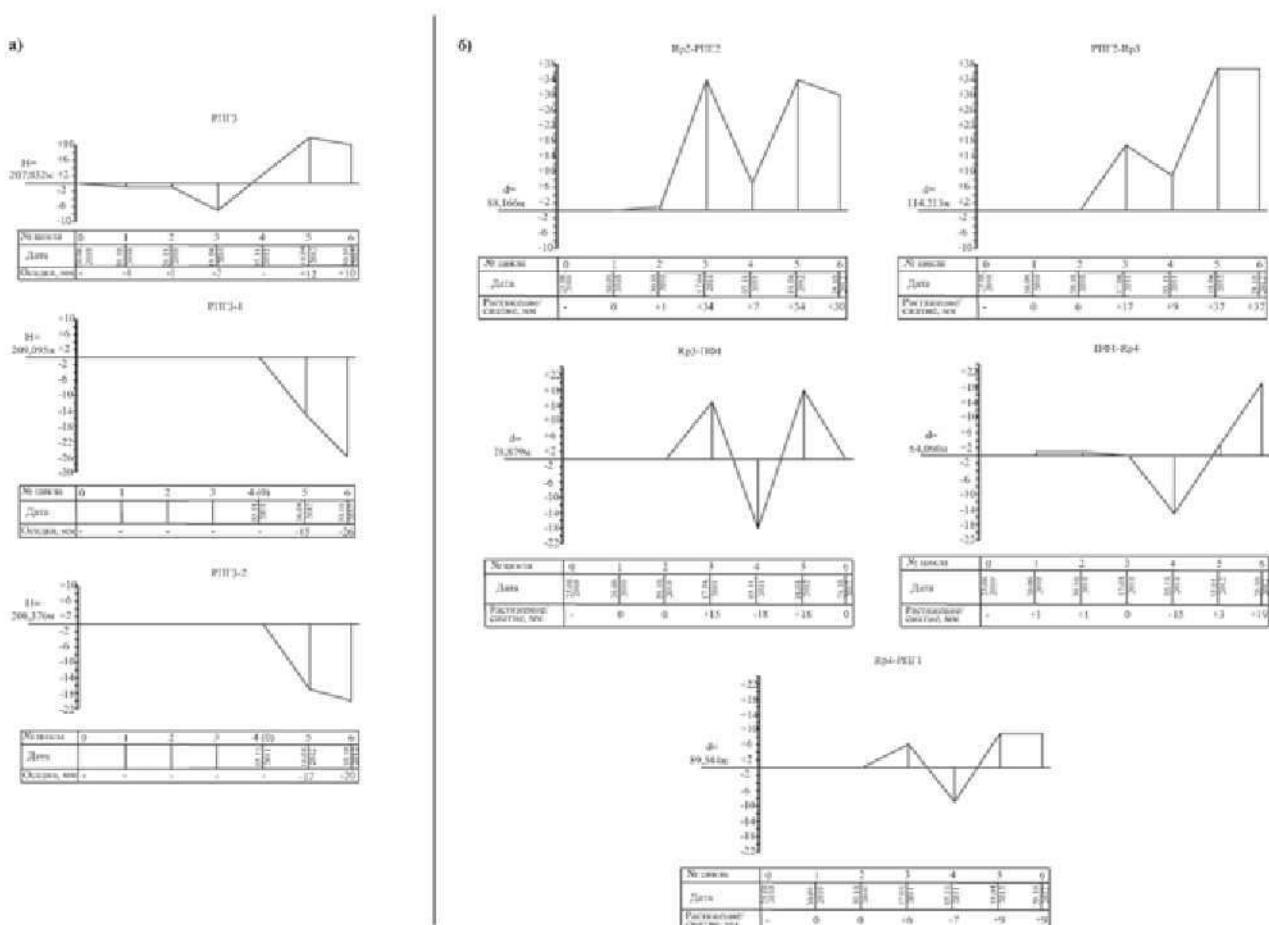
На рисунках 5..8 приведены перемещения, измеренные по постоянным наблюдательным маркам, расположенным непосредственно на несущих конструкциях каркаса и покрытия.

Смотри рисунки 1, 2, на стр. 3 обложки

## ГЕОТЕХНІЧНИЙ МОНІТОРИНГ



**Рис. 3.** Графики осадок реперов внешней сети стадиона и соответствующих марок в колоннах 3-го яруса сооружения (северо-восточная часть) – рассматривать совместно с рисунком 1



**Рис. 4.** Графики деформаций по 6-ти циклам наблюдений (а – осадки куста глубинных реперов РПГЗ – РПГЗ-1 – РПГЗ-2; б – скатия/растяжение длин отрезков профильной линии №1) - рассматривать совместно с рисунком 1

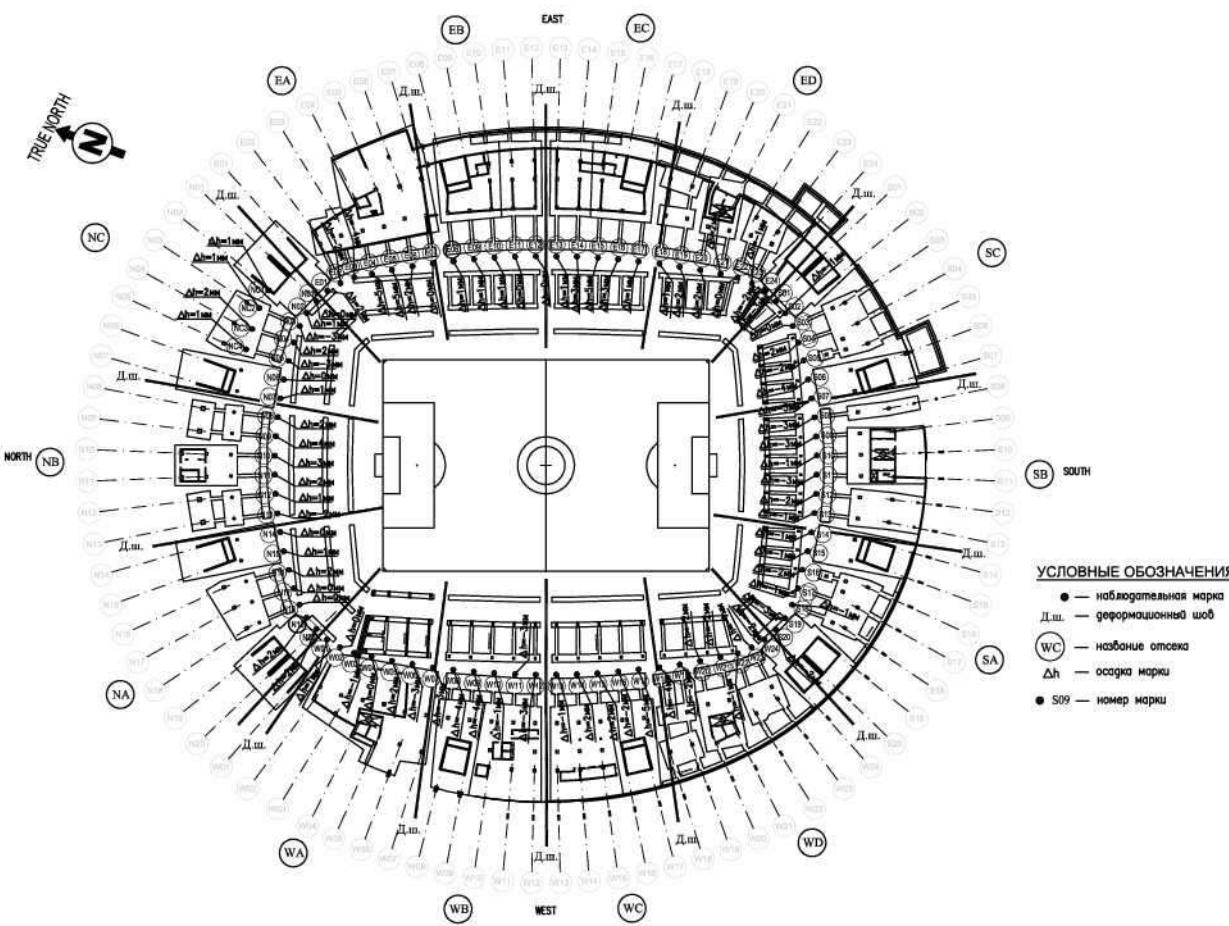


Рис.5. Схема вертикальных перемещений наблюдательных марок на колоннах несущего каркаса (3 уровень)

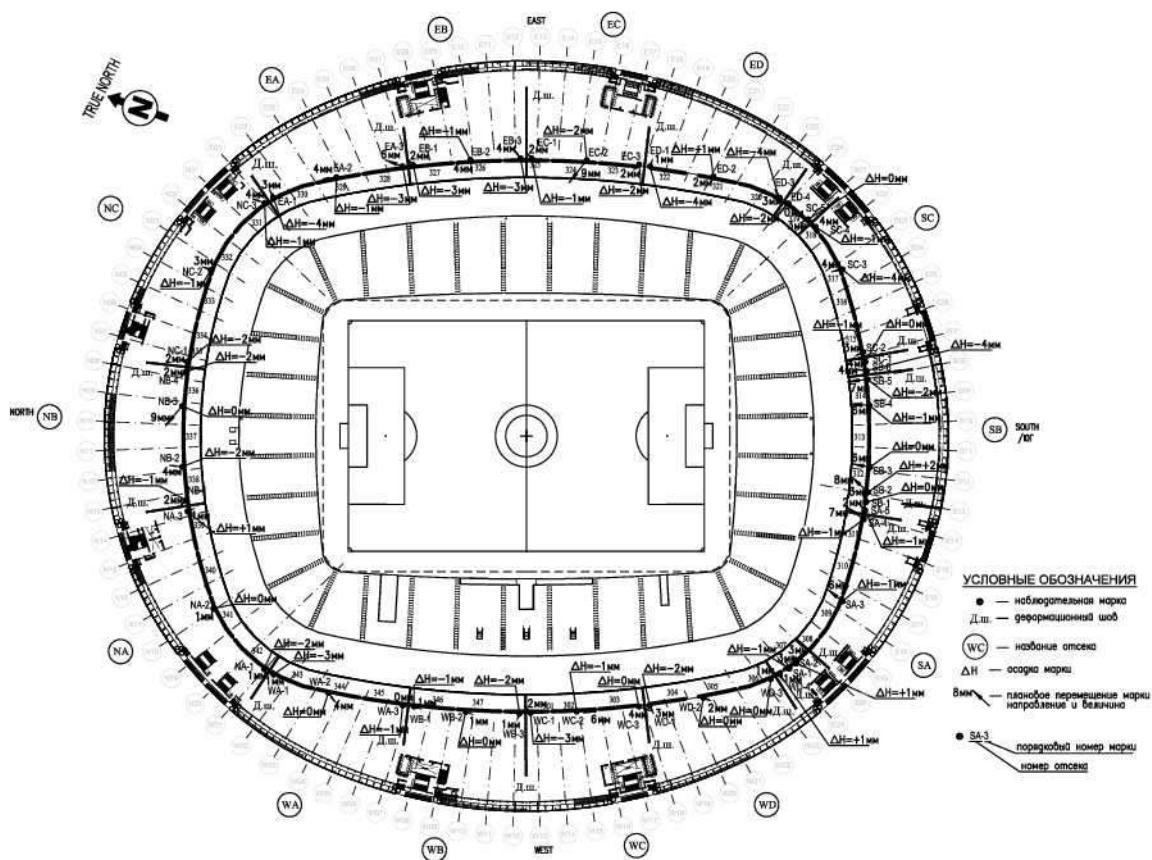


Рис.6. Схема перемещений наблюдательных марок на парапетных стенах (7 уровень)

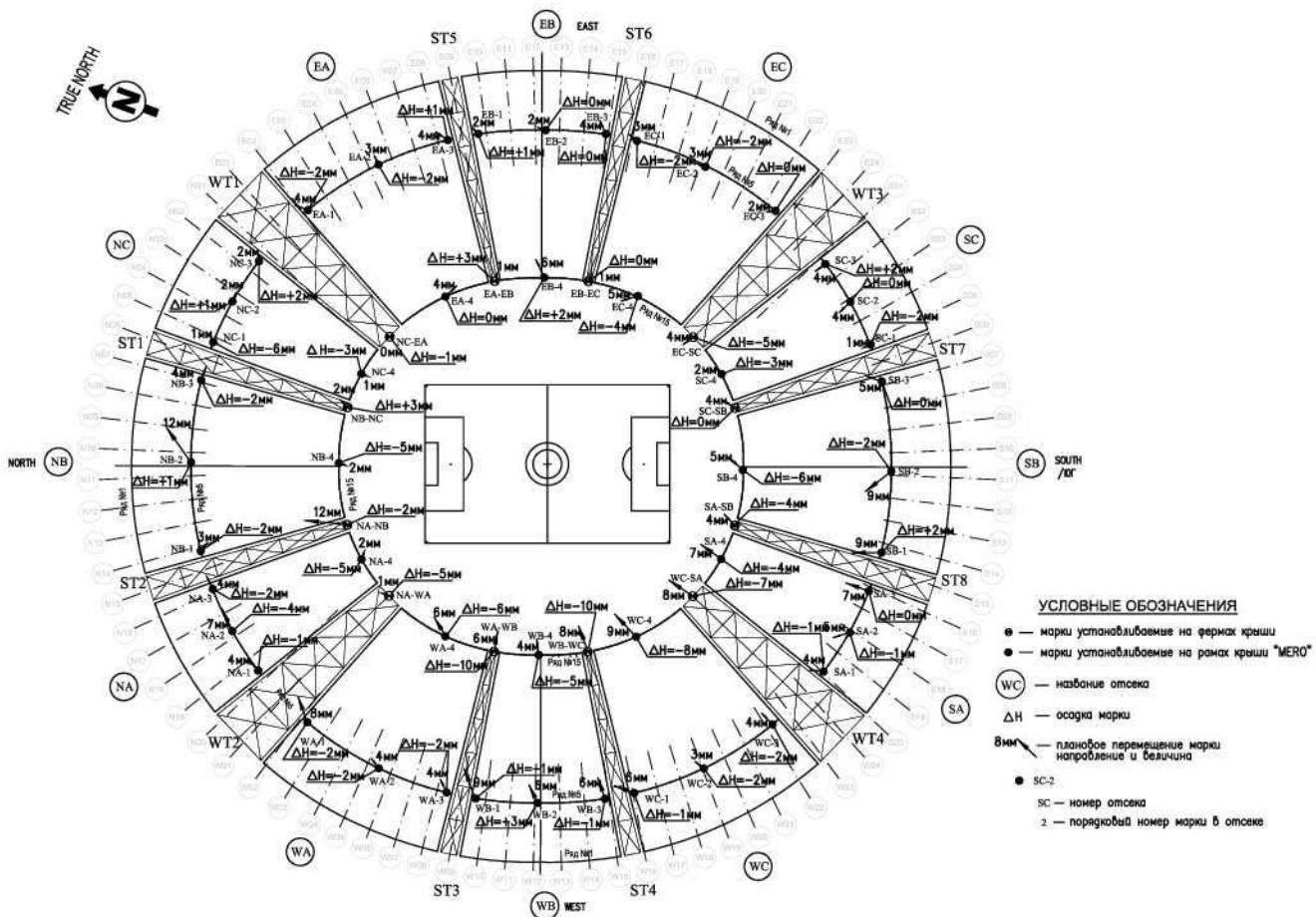


Рис.7. Схема перемещений наблюдательных марок на элементах покрытия

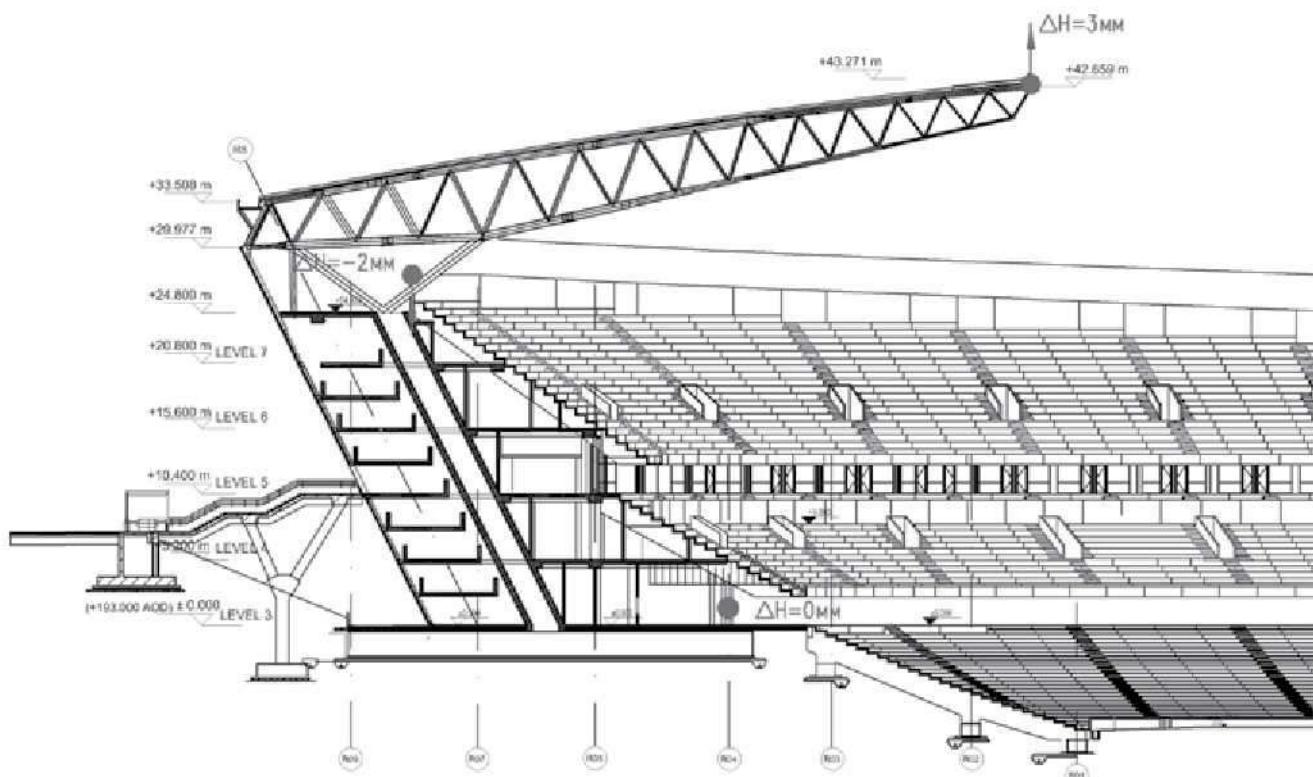


Рис.8. Осадки, измеренные по результатам геодезического мониторинга

Смещения наблюдательных марок на конструкциях сооружения имеют тенденцию к увеличению. Направления планового смещения – северное и северо-восточное порядка 5-7 мм по сравнению с нулевым замером. В высотном отношении наблюдается просадка сооружения на 2-5 мм.

#### ВЫВОДЫ:

1. Результаты геотехнического и геодезического мониторингов необходимо обобщать с результатами других локальных мониторингов.
2. Геотехнический мониторинг позволил выявить неблагоприятные геотехнические процессы, связанные с движением тектонических плит. Результаты показали, что геотехнические параметры, на которые были рассчитаны конструктивные меры защиты Стадиона, не превышены. Это означает, что в данный момент нет угрозы безопасной эксплуатации сооружения, связанной с выявленными перемещениями тектонических плит. Однако, в дальнейшем следует уделить повышенное внимание данному виду локального мониторинга.

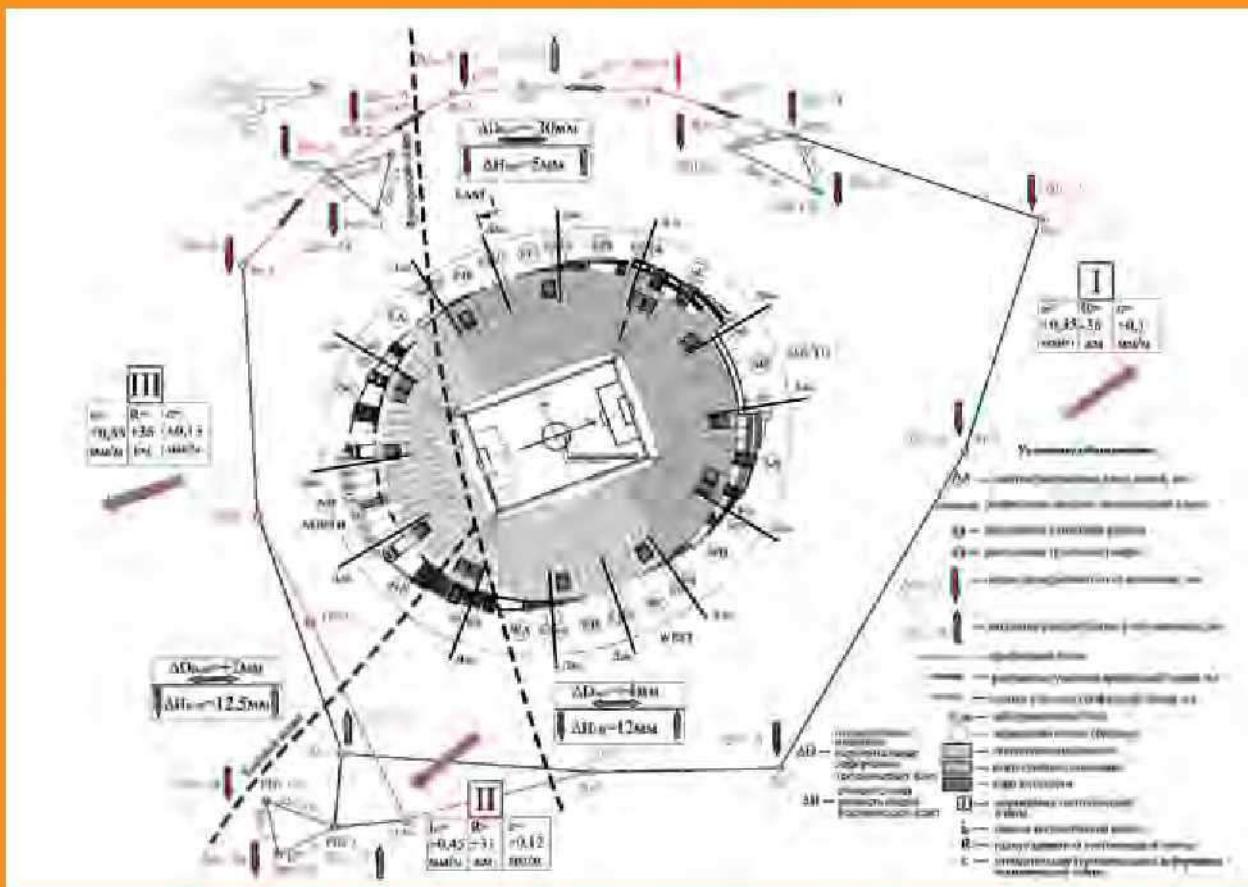
3. Корректировка нулевого цикла геодезических измерений благоприятно сказалось на достоверности получаемых результатов, а также в дальнейшем будет способствовать выявлению тенденций возможных смещений строительных конструкций.

4. Результаты геодезического мониторинга показали небольшие смещения строительных конструкций сооружения, не препятствующие безопасной эксплуатации стадиона. Это говорит о том, что конструктивные меры защиты несущих конструкций от неблагоприятных геотехнических процессов функционируют надежно и в полной мере. Отсутствуют какие-либо аномальные перемещения. В то же время, в результате анализа выявлена связь осадок окрестной территории с осадками фундаментов сооружения.
5. Для выявления и уточнения закономерностей в деформационных процессах, совершенствования геодезического мониторинга необходимо уделить особое внимание продолжению наблюдений в 2013г. с возможным уточнением системы измерений и увеличением количества наблюдаемых точек в проблемных и переломных местах.

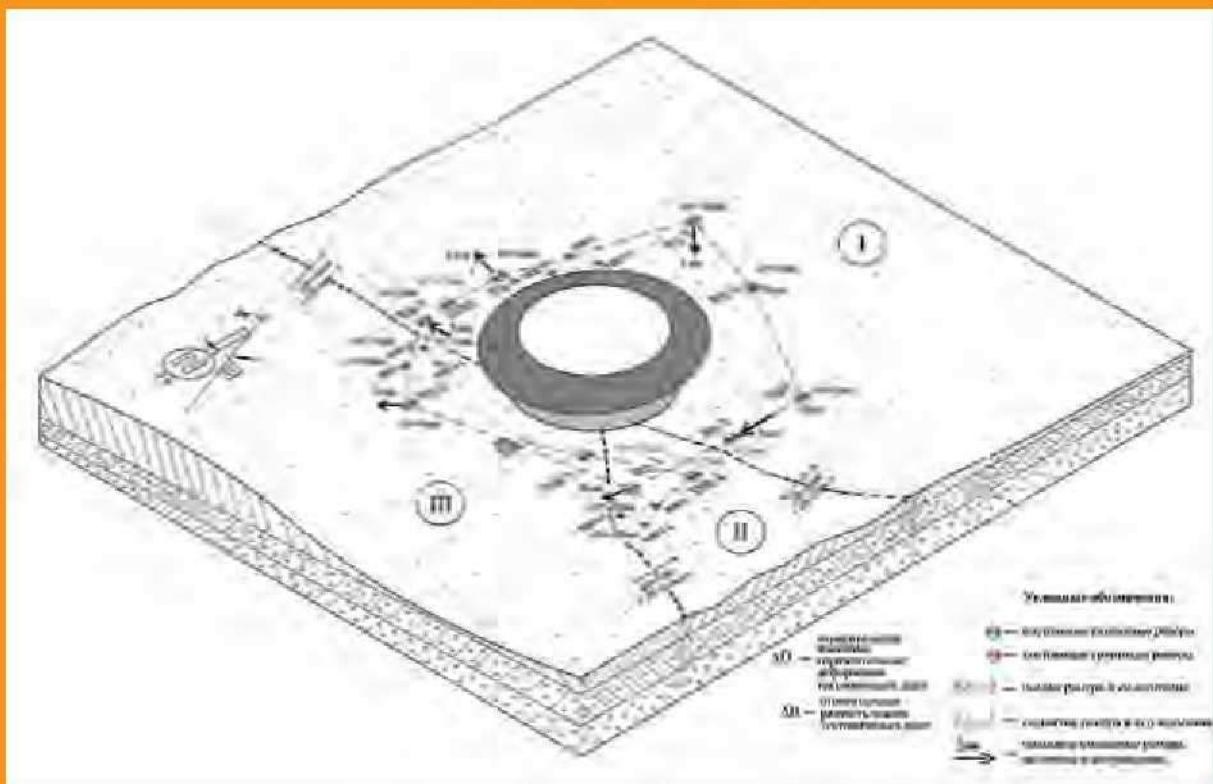
#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маликов С.В., Розенвассер Г.Р., Дуванский А.В., ДП «Донецкий Промстройниипроект»; Исаков С.В., ООО «Стадион Шахтер». Оценка напряженно-деформированного состояния несущих конструкций отсека NC стадиона «Донбасс Арена» по результатам мониторинга 2011г. // Современные проблемы строительства. – Д.: ДП «Донецкий Промстройниипроект», 2011. – С.60-67.
2. «Обобщение результатов глобального мониторинга технического состояния несущих конструкций и окрестной территории стадиона «Донбасс Арена». Шифр 2/01-12-00/2012/ДП «Донецкий ПромстройНИИПроект», 2012
3. Геотехнический мониторинг за движением тектонических плит. Журнал наблюдений. Шифр 2/01-12-ГМ.Ж/2012. / ДП «Донецкий Промстройниипроект». – 2012.
4. Геодезический мониторинг площадки застройки, элементов каркаса и покрытия. Журнал наблюдений. Шифр 2/01-12-ГДМ.Ж/2012. / ДП «Донецкий Промстройниипроект». – 2012.

РИСУНКИ К СТАТЬЕ МАЛИКОВА С.С.  
«СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО  
И ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГОС ТАДИОНА «ДОНБАСС АРЕНА»



**Рис. 1.** Общие характеристики движения тектонических плит по результатам геотехнического мониторинга



**Рис. 2.** Проект визуального представления динамики крыльев надвигов в 3-х мерной модели с отображением горно-геологических условий площадки