



РОЗЕНВАССЕР ГРИГОРИЙ РУВИНОВИЧ

Заведующий научно-исследовательским отделом зданий и подземных сооружений в сложных геотехнических условиях, ДП «Донецкий Промстройниипроект».

Основные направления научной деятельности: механика подземных сооружений, строительные конструкции зданий и сооружений в сложных геотехнических условиях.

Автор более 150 научных трудов.

E-mail: gir.dptm@mail.ru



ДУВАНСКИЙ АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ

Научный сотрудник научно-исследовательского отдела зданий и подземных сооружений в сложных геотехнических условиях ДП «Донецкий Промстройниипроект», аспирант Государственного научно-исследовательского института строительных конструкций.

Основные направления научной деятельности: механика подземных сооружений, строительные конструкции зданий и сооружений в сложных геотехнических условиях.

Автор 10 научных трудов.

E-mail: gir.dptm@mail.ru



ГУНЬКО ВАДИМ ИВАНОВИЧ

Технический директор ООО «Донбасс Арена».

Автор ряда научных работ.

E-mail: v.gunko@donbass-arena.ua

УДК 624.07

УСТАНОВЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТЕ ФУТБОЛЬНЫЙ СТАДИОН «ДОНБАСС АРЕНА», УКРАИНА

Ключевые слова: футбольный стадион, техническое состояние, чрезвычайные ситуации, критерии докритические и критические, численные исследования, мониторинг.

В статье приведена реализованная идеология установления критериев раннего выявления чрезвычайных ситуаций в основных несущих конструкциях Стадиона "Донбасс Арена".

У статті наведена реалізована ідеологія встановлення критеріїв раннього виявлення надзвичайних ситуацій в основних несучих конструкціях Стадіону "Донбас Арена".

The article describes the implemented ideology of the criteria's ascertainment for early detection of emergency situations in the major supporting structures of the Stadium "Donbas Arena".

Постановка задачі.

Цель выполнения работы – установить минимальное количество и местоположение, размещенных на несущих элементах стадиона, датчиков УИД АСМ (разработка Запорожского отделения НИИСК), работающих в режиме «on-line», и на основе результатов численных исследований определить критерии (докритические и критические) напряженно-деформированного состояния (НДС) консольных опорных ферм покрытия и ядер жесткости каркаса для контроля чрезвычайных ситуаций.

По существу речь идет о разграничении функций мониторинга технического состояния эксплуатируемых несущих конструкций объектов по ДБН В.1.2-5:2007 «Науково-технічний супровід будівельних об'єктів» [1] и мониторинга чрезвычайных ситуаций и оповещения по ДСТУ 7136:2009 «Моніторинг потенційно небезпечних об'єктів» [2].

ДБН В.1.2-5:2007 предусматривает, на основе проекта эксплуатации и технологии мониторинга несущих свойств основных конструкций объектов, регулярное наблюдение за ними, оценку НДС наиболее нагруженных элементов и сравнение результатов с нормируемыми или устанавливаемыми критериями эксплуатационной пригодности.

ДСТУ 7136:2009 предусматривает, на основе систем раннего выявления чрезвычайных ситуаций и оповещения, своевременное принятие мер предотвращения возможных аварийных ситуаций и защиты людей.

При проектировании по действующим нормам строительных объектов [3]...[9] и др. обеспечивается их устойчивость и прочность, при этом мониторинг наиболее нагруженных конструкций имеет своей целью отслеживать остаточные ресурсы несущих свойств и своевременно принимать меры по корректировке условий эксплуатации. Проектирование систем раннего выявления и оповещения предусматривает, в основном, своевременный вывод людей в безопасное пространство до наступления катастрофической ситуации.

При проектировании и строительстве стадиона «Донбасс Арена» проанализирована, кроме деформаций земной поверхности (УкрНИМИ), динамика развития деформаций тектонических плит Французского и Коксового надвигов, на которых воздвигнута чаша стадиона.

Многолетние наблюдения за поведением тектонических плит в зонах Французского надвига применительно к площадке застройки стадиона «Донбасс Арена» показали: современные вертикальные тектонические движения происходят со скоростью до 3 мм/год; горизонтальные тектонические движения происходят со скоростью до 4 мм/год; при этом сейсмические воздействия ($J_p = 5$ баллов по шкале MSK-64) не учитываются, поскольку их влияние по сравнению с воздействием горных выработок и тектоники малопродуктивно.

Мониторинг движения тектонических плит на конец 2012 года показал:

- относительные горизонтальные деформации тектонических плит:
 $\epsilon = +0,1...0,13 \text{ мм/м}$ « $[\epsilon_p] = \pm 1,5 \text{ мм/м}$;
- наклоны тектонических плит^А
 $i = +0,35...0,55 \text{ мм/м}$ « $[i_p] = \pm 3,0 \text{ мм/км}$;
- радиусы кривизны тектонических плит:
 $R_p = \pm 31...36 \text{ км}$ « $[R_p] = \pm 25 \text{ км}$;
- относительная разность осадок тектонических плит:
 $\Delta H = -5...+12,5 \text{ мм}$;

- относительные взаимные горизонтальные деформации тектонических плит:

$$\Delta D = +2...30 \text{ мм.}$$

Учитывая тот факт, что несущие конструкции стадиона оснащены конструктивными мерами защиты (разрезка каркаса на 14 отсеков, замена свайного поля фундаментами на естественном основании, устройство швов скольжения и др.), влияние на объект конкретных геотехнических условий в ближайшее время будет ослаблено. Таким образом, требования [1] и [2] не являются аналогичными и отражают различные аспекты эксплуатации строительных объектов. В связи с изложенным, объективно нецелесообразно устройство параллельных систем определения движения тектонических плит, осадок и кренов фундаментов, каркаса и покрытия в целом.

В постановке Заказчика возможно использование уже установленных на консольных опорных фермах покрытия и на ядрах жесткости каркаса датчиков УИД АСМ.

Проблемой является установление докритических и критических критериев по показаниям этих датчиков, достижение которых позволит объективно принимать чрезвычайные меры безопасности – своевременный вывод людей в безопасное пространство до наступления катастрофической ситуации.

Решению этой проблемы посвящена настоящая статья.

Установление минимального количества и мест расположения датчиков УИД АСМ (Север, Юг, Запад, Восток).

На рисунках 1, 2 и в таблицах 1, 2 приведены места расположения, номера и количество датчиков УИД АСМ на консольных опорных фермах покрытия и на ядрах жесткости каркаса.

Таблица 1. Датчики УИД АСМ на консольных опорных фермах покрытия

Отсек на рисунке 1	Консольная опорная ферма	Номер датчика
NC/EA	ST1	№19
WA/WB	ST3	№3
EB/EC	ST6	№22
SA/SB	ST8	№6

Таблица 2. Датчики УИД АСМ

Отсек на рисунке 2	Номер датчика УИД АСМ
NC	• 30
WB	• 33
EC	• 27
SA	• 36

Анализ показал, что датчики, установленные на нижних поясах структурного покрытия фиксируют лишь местные перемещения, не связанные с общей устойчивостью покрытия. При этом, если в процессе строительного мониторинга эти датчики необходимы, то в процес-

Смотри рисунки 1, 2, на стр. 2 обложки

се фиксации докритических и критических критериев их наблюдение не является приоритетным. В связи с этим, датчики УИД АСМ на структурах исключены.

Идеология определения докритических и критических критериев технического состояния несущих конструкций Стадиона.

В основу определения докритических и критических критериев технического состояния консольных опорных ферм покрытия и ядер жесткости каркаса приняты соответствующие диаграммы работы стали повышенной прочности С345 по рисунку 3, таблица 3 и арматурной стали А500С по рисунку 4, таблица 4.

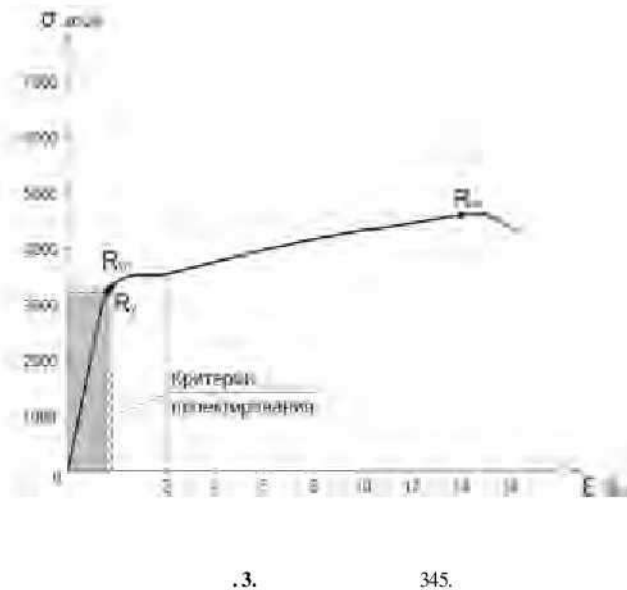


Таблица 3. Показатели стали С345 по диаграмме на рисунке 3

Критерий	Напряжения, кг/см ²	
	Обозначение	Значение
Проектирования	R _y	3000
Докритический	R _m	3050
Критический	R _u	4500

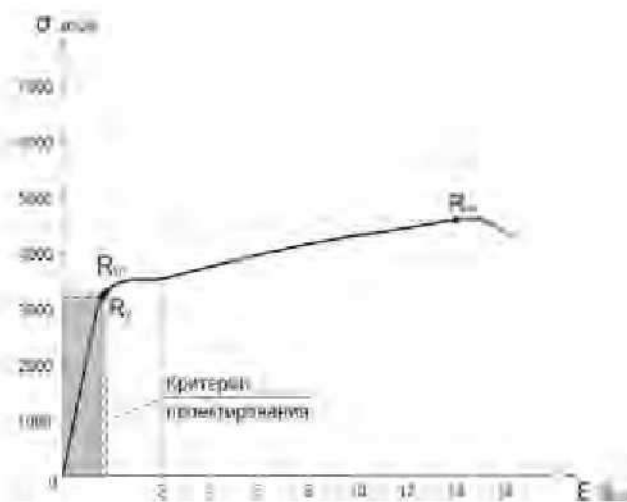


Рис. 4. Диаграмма арматурной стали класса А500С.

Таблица 4. Показатели арматурной стали класса А500С по диаграмме на рисунке 4

Критерий	Напряжения, кг/см ²	
	Обозначение	Значение
Проектирования	f _{yd}	4150
Докритический	f _{yk}	5000
Критический	f _{tk}	6000

Рассмотрены критерии: проектирования; докритические; критические.

Критерии проектирования предусматривают использование предельных расчетных напряжений: в стали С345 для покрытия – расчетное сопротивление растяжению, сжатию и изгибу на границе текучести R_y = 3000 кг/см²; в стали арматурной А500С – расчетная прочность на границе текучести f_{yd} = 4150 кг/см².

Докритический критерий предусматривает использование предельных нормативных напряжений: в стали С345 – граница текучести, соответствующая значению σ_p, R_m = 3050 кг/см²; в арматурной стали А500С – нормативная прочность арматуры на границе текучести f_{yk} = 5000 кг/см².

Критический критерий предусматривает использование временных сопротивлений, соответствующих минимальным значениям временных сопротивлений разрыву σ_s: в стали С345 - временное сопротивление R_m = 4500 кг/см²; в арматурной стали А500С - предельная прочность при растяжении f_{tk} = 6000 кг/см².

Углы наклона i^φ и i^α по показаниям датчиков УИД АСМ, соответствующих докритическим и критическим критериям работы опорных консольных ферм покрытия и ядер жесткости каркаса, устанавливаются по результатам численных исследований. При этом, для достижения предельных напряжений в стали и арматуре использовалось аварийное сочетание нагрузок с увеличенными коэффициентами перегрузок для моделирования чрезвычайных ситуаций.

Пространственные расчеты выполнены с использованием программного комплекса Scad 11.3 (SCAD Group, г.Киев).

Программа численных исследований консольных опорных ферм покрытия и ядер жесткости каркаса включала расчеты по этапам нагружения:

- этап 1. Аварийное сочетание нагрузок, соответствующее проектным критериям;
- этап 2. Аварийное сочетание нагрузок, соответствующее докритическим критериям;
- этап 3. Аварийное сочетание нагрузок, соответствующее критическим критериям.

В расчетах учитывалось взаимодействие консольных опорных ферм покрытия и соответствующих ядер жесткости каркаса.

**Результаты численных исследований
Консольные опорные фермы покрытия**

Результаты приведены в таблицах 5...8.

Суммарный крен опорных ферм покрытия i^φ включает установившийся усредненный крен i^{φ_м}, замеренный при мониторинге в 2010-2012гг, расчетный крен i^{φ_р}, соответствующий нагрузочным сочетаниям по заданным критериям и расчетный крен i^{α_р} – ядра жесткости.

Установление докритических и критических критери-

Таблица 5. Результаты расчета консольной опорной фермы ST1 покрытия отсеков NC/EA

Критерии	Расчетные показатели				
	Установившийся средний крен, $i^{\text{ср}}, \dots$	Расчетный крен, $i^{\text{р}}, \dots$	Суммарный крен, $i^{\text{с}} = i^{\text{ср}} + i^{\text{р}}, \dots$	Расчетное напряжение в металле, $\sigma, \text{кг/см}^2$	Значение критерия, кг/см^2
Проектный, R_y	$6,1 \cdot 10^{-4}$	$60,42 \cdot 10^{-4}$	$75,32 \cdot 10^{-4}$	2993	3000
Докритический, R_{yn}		$62,46 \cdot 10^{-4}$	$78,36 \cdot 10^{-4}$	3047	3050
Критический, R_u		$112,3 \cdot 10^{-4}$	$129,4 \cdot 10^{-4}$	4498	4500

Примечание. Установившийся крен определен результатами мониторинга в 2010-2012 гг.

Таблица 6. Результаты расчета консольной опорной фермы ST6 покрытия отсеков EB/EC

Критерии	Расчетные показатели				
	Установившийся средний крен, $i^{\text{ср}}, \dots$	Расчетный крен, $i^{\text{р}}, \dots$	Суммарный крен, $i^{\text{с}} = i^{\text{ср}} + i^{\text{р}}, \dots$	Расчетное напряжение в металле, $\sigma, \text{кг/см}^2$	Значение критерия, кг/см^2
Проектный, R_y	$6,1 \cdot 10^{-4}$	$59,08 \cdot 10^{-4}$	$72,09 \cdot 10^{-4}$	3000	3000
Докритический, R_{yn}		$60,81 \cdot 10^{-4}$	$75,02 \cdot 10^{-4}$	3050	3050
Критический, R_u		$110,9 \cdot 10^{-4}$	$126,62 \cdot 10^{-4}$	4499	4500

Примечание. Установившийся крен определен результатами мониторинга в 2010-2012 гг.

Таблица 7. Результаты расчета консольной опорной фермы ST3 покрытия отсеков WA/WB

Критерии	Расчетные показатели				
	Установившийся средний крен, $i^{\text{ср}}, \dots$	Расчетный крен, $i^{\text{р}}, \dots$	Суммарный крен, $i^{\text{с}} = i^{\text{ср}} + i^{\text{р}}, \dots$	Расчетное напряжение в металле, $\sigma, \text{кг/см}^2$	Значение критерия, кг/см^2
Проектный, R_y	$6,1 \cdot 10^{-4}$	$66,43 \cdot 10^{-4}$	$80,60 \cdot 10^{-4}$	2991	3000
Докритический, R_{yn}		$68,62 \cdot 10^{-4}$	$84,02 \cdot 10^{-4}$	3049	3050
Критический, R_u		$120,1 \cdot 10^{-4}$	$137,2 \cdot 10^{-4}$	4495	4500

Примечание. Установившийся крен определен результатами мониторинга в 2010-2012 гг.

Таблица 8. Результаты расчета консольной опорной фермы ST8 покрытия отсеков SA/SB

Критерии	Расчетные показатели				
	Установившийся средний крен, $i^{\text{ср}}, \dots$	Расчетный крен, $i^{\text{р}}, \dots$	Суммарный крен, $i^{\text{с}} = i^{\text{ср}} + i^{\text{р}}, \dots$	Расчетное напряжение в металле, $\sigma, \text{кг/см}^2$	Значение критерия, кг/см^2
Проектный, R_y	$6,1 \cdot 10^{-4}$	$67,94 \cdot 10^{-4}$	$84,24 \cdot 10^{-4}$	2998	3000
Докритический, R_{yn}		$70,48 \cdot 10^{-4}$	$88,28 \cdot 10^{-4}$	3047	3050
Критический, R_u		$121,6 \cdot 10^{-4}$	$141,6 \cdot 10^{-4}$	4493	4500

Примечание. Установившийся крен определен результатами мониторинга в 2010-2012 гг.

ев по кренам контролировалось принятыми соответствующими напряжениями в элементах ферм.

Ядра жесткости каркаса

Результаты приведены в таблицах 9...12.

Суммарный крен ядер жесткости $i^{\text{с}}$ включает уста-

новившийся усредненный крен $i^{\text{ср}}$, замеренный при мониторинге в 2010-2012гг. и расчетный крен $i^{\text{р}}$, соответствующий нагрузочным сочетаниям по заданным критериям – докритическим и критическим.

Установление докритических и критических критериев по кренам контролировалось принятыми соответствующими напряжениями в арматуре.

Обобщение результатов расчетов и разработка системы докритических и критических критериев по датчикам УИД АСМ

Идеология определения докритических и критических критериев технического состояния несущих конструкций ориентировалась на напряжения в элементах металлического покрытия и арматуру ядер жесткости каркаса с последующей, в результате численных исследований, оценкой соответствующих значений углов поворота $i^{\text{п}}$ и $i^{\text{с}}$ по датчикам УИД АСМ.

В соответствии с [8] нормируются требования по вертикальным предельным прогибам элементов конструкций, в том числе конструктивные и эстетико-психологические. Последние имеют особое значение для зрелищных строительных объектов. Однако, в замкнутых пространствах, количественная оценка этого фактора только датчиками УИД АСМ затруднительна. В связи с этим, измерение прогибов элементов заменено измерением углов поворотов.

Таким образом, система докритических и критических критериев технического состояниях элементов покрытия и каркаса стадиона свелась к определению углов поворота наиболее ответственных элементов – консольных опорных ферм покрытия и ядер жесткости каркаса. Учитывая тот факт, что с момента окончания строительства, НДС несущих конструкций Стадиона, в основном, стабилизировалось, изменение показаний датчиков УИД АСМ вызвано, в основном, температурно-климатическими условиями эксплуатации и релаксационными процессами, что учитывалось в установлении докритических и критических критериев.

В таблицах 5...12 фактически приведены установленные по результатам расчетов докритические и критические критерии эксплуатации стадиона. Обращаем внимание на тот факт, что критические кри-

Таблица 9. Результаты расчета кренов ядра жесткости отсека NC в осях N06, N07

Критерии	Расчетные показатели					
	Установившийся средний крен, i^*, \dots	Расчетный крен, i^*, \dots	Суммарный крен, $i^* = i^*_{\dots} + i^*_{\dots}$	Расчетное напряжение в бетоне, $\sigma_b, \text{кг/см}^2$	Расчетное напряжение в арматуре, $\sigma_s, \text{кг/см}^2$	Значение критерия, кг/см^2
Проектный, f_{yd}	$5,9 \cdot 10^{-4}$	$8,8 \cdot 10^{-4}$	$14,70 \cdot 10^{-4}$	150,6	4148	4150
Докритический, f_{yk}		$9,8 \cdot 10^{-4}$	$15,70 \cdot 10^{-4}$	180,7	4985	5000
Критический, f_{ik}		$11,0 \cdot 10^{-4}$	$16,90 \cdot 10^{-4}$	216,8	5991	6000

Примечания: 1. Расчетное сопротивление бетона конструкций ядра B40, $R_b = 204 \text{ кг/см}^2$
 2. Установившийся крен определен результатами мониторинга в 2010-2012гг.

Таблица 10. Результаты расчета кренов ядра жесткости отсека EC в осях E16, E17

Критерии	Расчетные показатели					
	Установившийся средний крен, i^*, \dots	Расчетный крен, i^*, \dots	Суммарный крен, $i^* = i^*_{\dots} + i^*_{\dots}$	Расчетное напряжение в бетоне, $\sigma_b, \text{кг/см}^2$	Расчетное напряжение в арматуре, $\sigma_s, \text{кг/см}^2$	Значение критерия, кг/см^2
Проектный, f_{yd}	$5,9 \cdot 10^{-4}$	$6,91 \cdot 10^{-4}$	$12,81 \cdot 10^{-4}$	135,9	4144,0	4150
Докритический, f_{yk}		$8,11 \cdot 10^{-4}$	$14,01 \cdot 10^{-4}$	179,2	4943,3	5000
Критический, f_{ik}		$9,62 \cdot 10^{-4}$	$15,52 \cdot 10^{-4}$	200,2	5910,0	6000

Примечания: 1. Расчетное сопротивление бетона конструкций ядра B40, $R_b = 204 \text{ кг/см}^2$
 2. Установившийся крен определен результатами мониторинга в 2010-2012гг.

Таблица 11. Результаты расчета кренов ядра жесткости отсека WB в осях W08, W09

Критерии	Расчетные показатели					
	Установившийся средний крен, i^*, \dots	Расчетный крен, i^*, \dots	Суммарный крен, $i^* = i^*_{\dots} + i^*_{\dots}$	Расчетное напряжение в бетоне, $\sigma_b, \text{кг/см}^2$	Расчетное напряжение в арматуре, $\sigma_s, \text{кг/см}^2$	Значение критерия, кг/см^2
Проектный, f_{yd}	$5,9 \cdot 10^{-4}$	$8,07 \cdot 10^{-4}$	$13,97 \cdot 10^{-4}$	138,0	4146,0	4150
Докритический, f_{yk}		$9,30 \cdot 10^{-4}$	$15,20 \cdot 10^{-4}$	156,0	4938,2	5000
Критический, f_{ik}		$11,0 \cdot 10^{-4}$	$16,90 \cdot 10^{-4}$	197,0	5912,0	6000

Примечания: 1. Расчетное сопротивление бетона конструкций ядра B40, $R_b = 204 \text{ кг/см}^2$
 2. Установившийся крен определен результатами мониторинга в 2010-2012гг.

Таблица 12. Результаты расчета кренов ядра жесткости отсека SA в осях S14, S15

Критерии	Расчетные показатели					
	Установившийся средний крен, i^*, \dots	Расчетный крен, i^*, \dots	Суммарный крен, $i^* = i^*_{\dots} + i^*_{\dots}$	Расчетное напряжение в бетоне, $\sigma_b, \text{кг/см}^2$	Расчетное напряжение в арматуре, $\sigma_s, \text{кг/см}^2$	Значение критерия, кг/см^2
Проектный, f_{yd}	$5,9 \cdot 10^{-4}$	$10,2 \cdot 10^{-4}$	$16,10 \cdot 10^{-4}$	104,9	4149,9	4150
Докритический, f_{yk}		$11,7 \cdot 10^{-4}$	$17,60 \cdot 10^{-4}$	128,4	4927,0	5000
Критический, f_{ik}		$13,9 \cdot 10^{-4}$	$19,80 \cdot 10^{-4}$	196,2,2	5927,0	6000

Примечания: 1. Расчетное сопротивление бетона конструкций ядра B40, $R_b = 204 \text{ кг/см}^2$
 2. Установившийся крен определен результатами мониторинга в 2010-2012гг.

Таблица 13. Докритические критерии консольных опорных ферм покрытия

Марка фермы/отсек	Значения i^{ϕ} , рад.
St1/отсек NC/EA	$78,36 \cdot 10^{-4}$
St6/отсек EB/EC	$75,02 \cdot 10^{-4}$
St3/отсек WA/WB	$84,02 \cdot 10^{-4}$
St8/отсек SA/SB	$88,28 \cdot 10^{-4}$

Таблица 14. Докритические критерии ядер жесткости каркаса

Отсек/оси	Значения i^{α} , рад.
NC / N06, N07	$15,70 \cdot 10^{-4}$
EC / E16, E17	$14,01 \cdot 10^{-4}$
WB / W08, W09	$15,20 \cdot 10^{-4}$
SA / S14, S15	$17,60 \cdot 10^{-4}$

териї пов'язані з можливим лавинообразним наростаючим деформуванням в сталі і арматурі (см. рисунки 3, 4), що недопустимо. В зв'язі з цим, слід використовувати тільки докритическі критерії.

В таблицях 13, 14 приведені системи докритических критеріїв по датчикам УИД АСМ.

Основні результати моніторингу в 2012 г. приведені в роботі [10].

ВИВОДИ:

1. Використання даних по кренах датчиками УИД АСМ з розробленими докритическими і критическими критеріями для незвичайних ситуацій виявилось продуктивним.

2. Достиження несущими конструкціями кренов, відповідуючих докритическим критеріям, являється сигналом для вивода людей в безпечне пространство.

3. Целесообразно коректувати суммарний крен i^{ϕ} і i^{σ} відповідуючих несущих конструкцій по щорічним результатам моніторингу - i_{ϕ}^{ϕ} і i_{σ}^{σ} .

4. В випадку досягнення кренов, відповідуючих проектним критеріям необхідно службове оповіщення на службі контролю для попередньої перевірки технічного стану несущих конструкцій.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.1.2-5:2007 «Науково-технічний супровід будівельних об'єктів» / Мінрегіонбуд України, Київ, 2007
2. ДСТУ 7136:2009 «Моніторинг потенційно небезпечних об'єктів. Порядок Проведення» / Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, Київ, 2010
3. ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення» / Мінрегіонбуд України, Київ, 2011
4. ДСТУ 3760:2006 «Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови» / Держспоживстандарт України, Київ, 2007
5. ДБН В.2.6-163:2010 «Стальні конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу» / Минрегинстрой Украины, Киев, 2011
6. ГОСТ 27772-88 «Прокат для стальных конструкций. Общие технические условия» / Стандартиформ, Москва, 2006
7. ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження та впливи. Норми проектування» / Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, Київ, 2006
8. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення. Вимоги проектування» / Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, Київ, 2006
9. ДБН В.1.1-5-2000 «Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах». Частина I / Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, Київ, 1999
10. «Обобщение результатов глобального мониторинга технического состояния несущих конструкций и окрестной территории стадиона «Донбасс Арена». Этап VI Программы. Шифр 2/01-12-00/2012/ДП «Донецкий ПромстройНИИпроект», Донецк, 2012

РИСУНКИ К СТАТЬЕ РОЗЕНВАССЕР Г.Р., ДУВАНСКИЙ А.В., ГУНЬКО В.И.,
 «УСТАНОВЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
 НА ОБЪЕКТЕ ФУТБОЛЬНЫЙ СТАДИОН «ДОНБАСС АРЕНА», УКРАИНА»

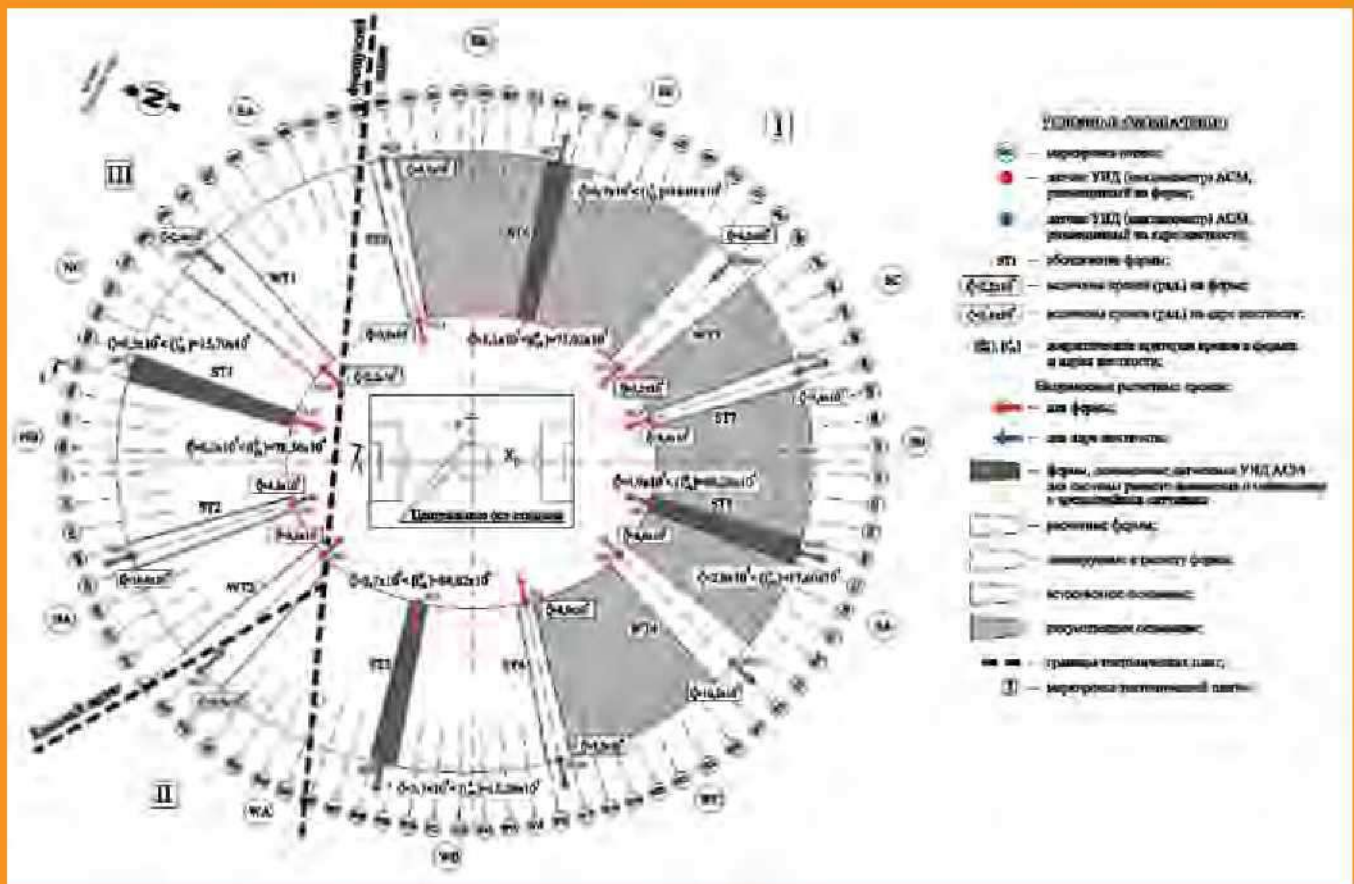


Рис. 1. Размещение датчиков УИД АСМ на конструкциях покрытия и ядра жесткости каркаса. Результаты измерений

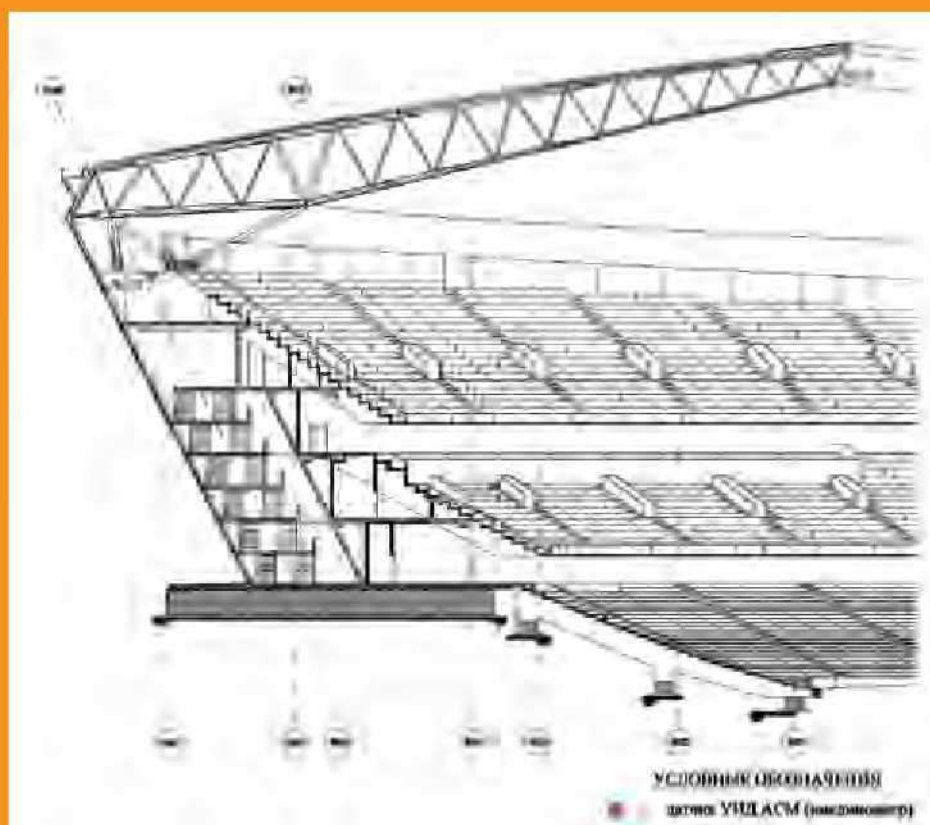


Рис. 2. Разрез 1-1 на рисунке 1