

УДК 624.072.2.014

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3\(38\)-46-61](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3(38)-46-61)

EDN: MENACU

ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СТАДИОНА «ЛУЖНИКИ» ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ

О.И. ПОНОМАРЕВ✉, канд. техн. наук

А.А. МИНАСЯН, канд. техн. наук

М.А. ЗАБЕГИН

Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций (ЦНИИСК) им. В.А. Кучеренко
АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, к. 1, г. Москва, 109428, Российская Федерация

Аннотация

Введение. В статье приводится информация о методах усиления конструкций, возведенных с применением кирпича и камня, а также о проведенном мониторинге за их деформативностью при реконструкции Большой спортивной арены «Лужники». Основное внимание уделено методам, обеспечивающим сохранение фасадной стены стадиона, возведенной с применением керамических пустотных камней.

Цель. Обеспечение надежности и устойчивости стены БСА при реконструкции стадиона, в частности при демонтаже каркаса и гребенки трибун.

Материалы и методы. Был проведен расчет деформативности (отклонения от вертикали) каркаса трибун на стадии его демонтажа и расчет устойчивости стен с учетом раскрепления каркаса стальными связями из прокатных профилей. При проведении расчета рассматривался участок стены на первом этапе демонтажа трибун, состоящий из нескольких секций пролетами по 6 метров. В качестве основных силовых факторов, оказывающих наиболее интенсивные воздействия на деформации фасадной стены, рассматривалась возможность аномальных ветровых воздействий.

Результаты. Проведенные расчеты показали, что ветровая нагрузка на систему «фасадная стена + 1 пролет каркаса трибун» приводит к увеличению растягивающих и сжимающих напряжений в несущих элементах не более чем на 5–7 % по сравнению с системой «фасадная стена + 2 пролета каркаса трибун». На основании выполненных расчетов было принято решение о сохранении только одного пролета каркаса трибун, примыкающего к фасадной стене. Мониторинг за деформациями конструкций подтвердил надежность и эффективность принятых решений по усилению сохраняемых конструкций.

Выводы. Показано, что научно-техническое сопровождение проектирования и реконструкции БСА «Лужники» позволило обеспечить решение сложных задач, возникавших в процессе работ по реконструкции. Принципы реконструкции арены могут быть использованы на других аналогичных объектах.

Ключевые слова: фасадная стена, покрытие, усиление, мониторинг, надежность, реконструкция, ветровые нагрузки, керамические камни, деформативность

Для цитирования: Пономарев О.И., Минасян А.А., Забегин М.А. Особенности мониторинга технического состояния несущих конструкций стадиона «Лужники» при реконструкции. *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2023;38(3):46–61. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3\(38\)-46-61](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3(38)-46-61)

Вклад авторов

Пономарев О.И. – подготовка статьи, наблюдение за деформациями конструкций.

Минасян А.А. – корректировка статьи, приборное оснащение, наблюдение за деформациями конструкций.

Забегин М.А. – корректировка статьи, проведение расчета ожидаемых деформаций конструкций.

Финансирование

Финансирование работ по мониторингу технического состояния несущих конструкций стадиона «Лужники» осуществлялось за счет бюджетных ассигнований.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 17.05.2023

Поступила после рецензирования 20.06.2023

Принята к публикации 27.06.2023

MONITORING THE TECHNICAL STATE OF LOAD-BEARING STRUCTURES OF THE LUZHNIKI STADIUM DURING RECONSTRUCTION

O.I. PONOMAREV✉, Cand. Sci. (Engineering)

A.A. MINASYAN, Cand. Sci. (Engineering)

M.A. ZABEGIN

Research Institute of Building Constructions (TSNIISK) named after V. A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 1, Moscow, 109428, Russian Federation

Abstract

Introduction. The paper presents the methods of reinforcing brick-and-stone structures, as well as monitoring of their strain capacity during the reconstruction of the Grand Sports Arena of Luzhniki Olympic Complex. The authors paid special attention to the methods for ensuring the preservation of front wall made of ceramic hollow stones.

Aim. To ensure the reliability and stability of the wall of the Grand Sports Arena during the stadium reconstruction, in particular during the dismantling of the framework and stands.

Materials and methods. The authors calculated the strain capacity (vertical deviation) of the framework of the stands at its dismantling stage and the wall stability, taking into account the framework fastening with rolled steel braces. The wall section taken for calculation at the first stage of dismantling stands consisted of several spans of 6 meters each. An extreme wind action was considered as the main stress factor that has the most severe impact on the front wall strain.

Results. The calculations showed that the wind load on the system “front wall + 1 span of the stand framework” increases tensile and compressive stresses in the load-bearing elements by no more than 5–7% compared to the system “front wall + 2 spans of the stand framework”. Based on the calculations performed, only one span of the stand framework adjacent to the front wall was decided to retain. Monitoring of the structures strain confirmed the reliability and efficiency of the adopted solutions to strengthen the retained structures.

Conclusion. Due to R&D support for the design and reconstruction of the Luzhniki Grand Sports Arena, complex issues arising in the process of reconstruction were efficiently solved. The principles of the Arena reconstruction can be applied to other similar facilities.

Keywords: front wall, coating, reinforcement, monitoring, reliability, reconstruction, wind loads, ceramic stones, strain capacity

For citation: Ponomarev O.I., Minasyan A.A., Zabegin M.A. Monitoring the technical state of load-bearing structures of the Luzhniki Stadium during reconstruction. *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2023;38(3):46–61. [In Russian]. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3\(38\)-46-61](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3(38)-46-61)

Author contribution statements

Ponomarev O.I. – article draft preparation, observation of structures strain.

Minasyan A.A. – article draft editing, instrumentation, observation of structures strain.

Zabegin M.A. – article draft editing, calculation of the expected strain of structures.

Funding

Monitoring of the load-bearing structures of the Luzhniki Stadium obtained budget funding.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 17.05.2023

Revised 20.06.2023

Accepted 27.06.2023

Введение

В данной статье приводится информация о методах усиления конструкций, возведенных с применением кирпича и камня, а также о проведенном мониторинге их деформативности при реконструкции БСА «Лужники». Основное внимание уделено методам, обеспечивающим сохранение фасадной стены стадиона, возведенной с применением керамических пустотных камней.

Решение о строительстве Большой спортивной арены и других объектов спортивного комплекса «Лужники» было принято за два года до Спартакиады народов СССР 1956 г. Несмотря на большую сложность при проектировании и строительстве, основные объекты были введены в эксплуатацию точно к намеченному сроку – Спартакиаде народов СССР 1956 года. На рис. 1 можно видеть, что в декабре 1955 года было завершено возведение нулевого цикла и каркаса трибун.

В дальнейшем реконструкция БСА проводилась примерно через каждые 20 лет: к Олимпиаде 1980 г., затем к финальному матчу последнего турнира за Кубок обладателей кубков УЕФА 1998–1999 гг.; (матч между Пармой и Марселем прошел 12 мая 1999 г. в Лужниках и закончился со счетом 3:0 в пользу Пармы).

Третья, наиболее масштабная реконструкция прошла в 2013–2017 годах и была приурочена к чемпионату мира по футболу 2018 года.

Необходимо отметить, что перед проведением последней реконструкции БСА многие специалисты высказывали мнение о необходимости сноса практически всех несущих и ограждающих конструкций, включая большепролетное светопрозрачное покрытие.

Что касается гребенки и каркаса трибун, то их демонтаж не вызывал сомнений, так как в течение почти 40 лет эти конструкции не были защищены от атмосферных осадков, которые способствовали коррозии металла и бетона. Такая ситуация при наличии динамических и даже огневых воздействий (рис. 2, 3), создаваемых болельщиками при проведении футбольных матчей и зрителями при проведении концертов рок-групп, приводила к значительному ухудшению технического состояния конструкций трибун.

Большая дискуссия разгорелась относительно целесообразности сноса покрытия и фасадной стены, которая была возведена с использованием кладки из керамического камня с внутренним металлическим каркасом.

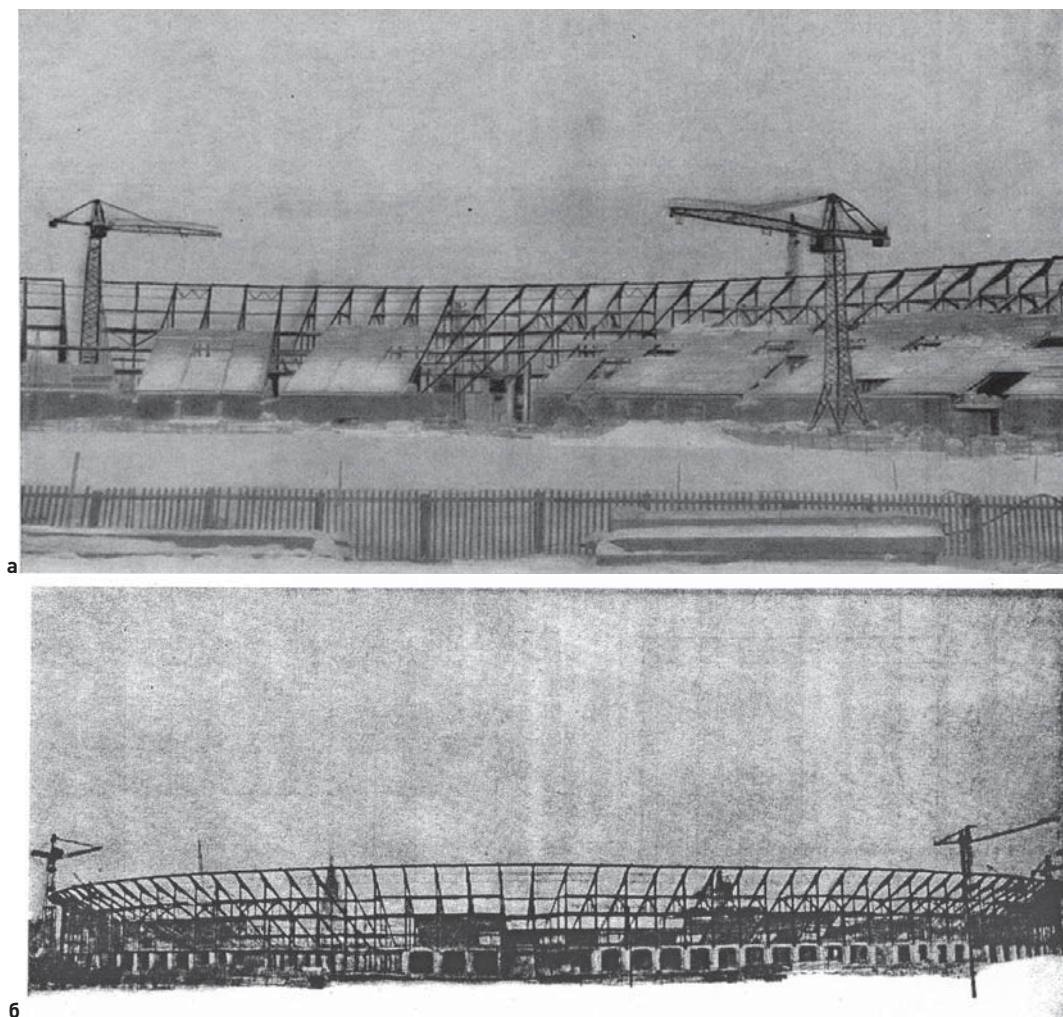


Рис. 1. Декабрь 1955 г. Строительство большой спортивной арены: а – вид со стороны футбольного поля; б – вид с внешней стороны

Fig. 1. December, 1955. Construction of the Grand Sports Arena: а – view from the football field; б – view from the outside

О работах по научно-техническому сопровождению, проектированию, монтажу и реконструкции большепролетного светопрозрачного покрытия БСА подробно изложено в статьях И.И. Ведякова и М.И. Фарфеля [1, 2].

В данной публикации изложена информация о конструкции стены, проведенных расчетах ее устойчивости и деформативности при различных вариантах сохранения колонн и ригелей (1 или 2 пролета). Описаны также этапы и характер работ по мониторингу технического состояния фасадной стены при демонтаже трибун.



Рис. 2. Вид на трибуны в момент создания максимального динамического вертикального воздействия
Fig. 2. View of the stands under maximum vertical dynamic pressure

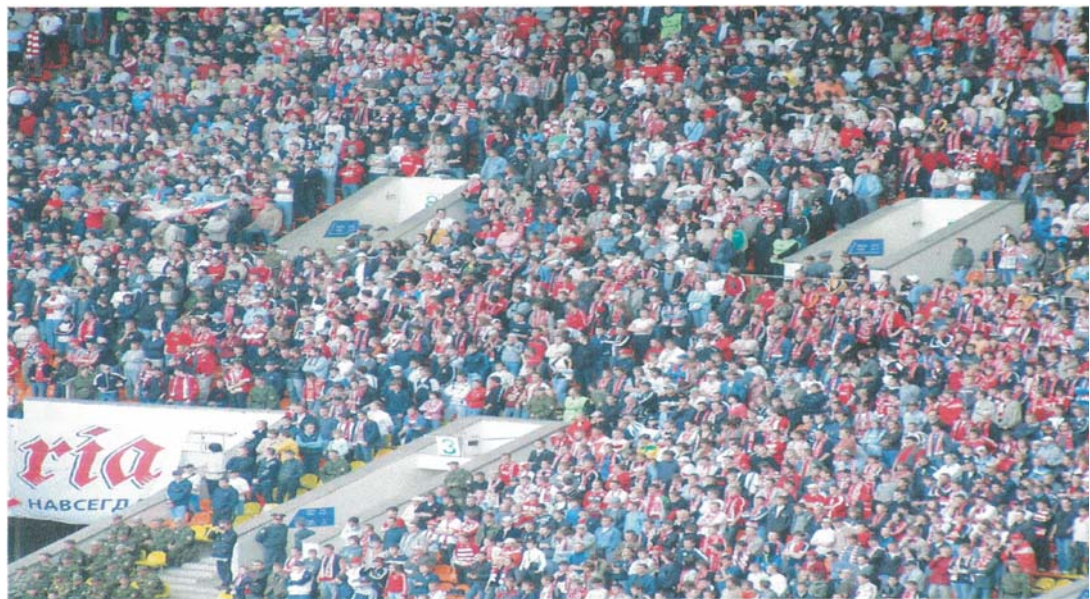


Рис. 3. Вид на трибуны при раскачивании зрителей, создающих горизонтальное динамическое воздействие на конструкции трибун
Fig. 3. View of the stands when the spectators are swaying, thus creating horizontal dynamic pressure on the structures

Конструкция фасадной стены БСА и мероприятия по ее сохранению при демонтаже трибун

Фундамент фасадной стены по оси 10 – железобетонные рандбалки с опиранием на столбчатые фундаменты. Столбчатые фундаменты колонн монолитные, опираются на сборную фундаментную плиту. Столбчатые и нижние фундаментные плиты выполнены из монолитного железобетона. Глубина заложения столбчатых фундаментов наружных стен и фундаментов внутренних стен, несущих колонн от пола цокольного этажа: 2,370–2,75 м; в технических помещениях: 3,55–3,95 м. Разрез и фрагмент фасада наружной стены показаны на рис. 4 и 5.

Глубина залегания фундаментных балок наружных стен – 2,90 м; в технических помещениях – от 3,05 до 3,40 м.

Основной несущий каркас фасадной стены – стальные крестообразные колонны и ригели.

Крестообразные колонны (сварные) выполнены из листовой стали толщиной 18–20 мм, сечение – $200 \times 200 \times 18$ мм и $240 \times 240 \times 20$ мм (рис. 4, 5), ригели, установленные в четырех уровнях между колоннами, состоят из двух двутавров № 30.

Кладка наружной фасадной стены, выполненная из керамического семищелевого камня на цементно-песчаном растворе, является ненесущей конструкцией (заполнение плоского стального рамного каркаса). Облицовка выполнена из камней типа «фелзит» толщиной 100 мм. При ремонте лицевого слоя использовался пескобетон с декоративной отделкой «под камень». Толщина наружных стен переменная – от 680 до 700 мм с учетом слоя облицовки. Марка кирпича М75, марка раствора М50. Расчетное сопротивление кладки наружных стен сжатию в соответствии с СП 15.13330 «СНиП П-22-81* Каменные и армокаменные конструкции» [3], $R_{сж} = 1,2\text{--}1,3$ МПа (12,0–13,0 кгс/см²). С учетом длительной эксплуатации прочность кладки при сжатии $R_{сж} = 1,5$ МПа (15,0 кгс/см²).

Цокольная часть наружных стен высотой 2,35–2,45 м облицована натуральными базальтовыми камнями толщиной 120 мм. В наружной фасадной стене встроены стальные колонны каркаса из парных уголков: на первом этаже – 2L № $240 \times 240 \times 20$ мм, на верхних этажах – 2L № $200 \times 200 \times 18$ мм. Сварные стальные колонны совместно с ригелями из двух двутавров № 30 установлены в кольцевом направлении по оси фасадной стены и образуют плоский рамный каркас.

Разрез и фасад наружной стены представлены на рис. 4 и 5.

Для обеспечения надежности фасадной стены БСА и исключения ее отклонения и разрушения при демонтаже был проведен расчет каркаса трибун на стадии его демонтажа и расчет устойчивости стен с учетом раскрепления каркаса стальными связями из прокатных профилей.

При проведении расчета рассматривался участок стены на первом этапе демонтажа трибун, состоящий из 6 или 9 секций пролетами по 6 метров.

В качестве основных силовых факторов, оказывающих наиболее интенсивные воздействия на деформации фасадной стены, рассматривалась возможность аномальных ветровых воздействий, имевших место в Москве и МО.

Проведенные расчеты показали, что ветровая нагрузка на систему «фасадная стена + 1 пролет каркаса трибун» приводит к увеличению растягивающих и сжимающих напряжений в несущих элементах не более чем на 5–7 % по сравнению с системой «фасадная стена + 2 пролета каркаса трибун».

На рис. 6 показан общий вид расчетной схемы «фасадная стена + 2 пролета каркаса трибун» с усиленными диагональными стальными связями при расчете перемещений от постоянных и длительных действующих нагрузок.

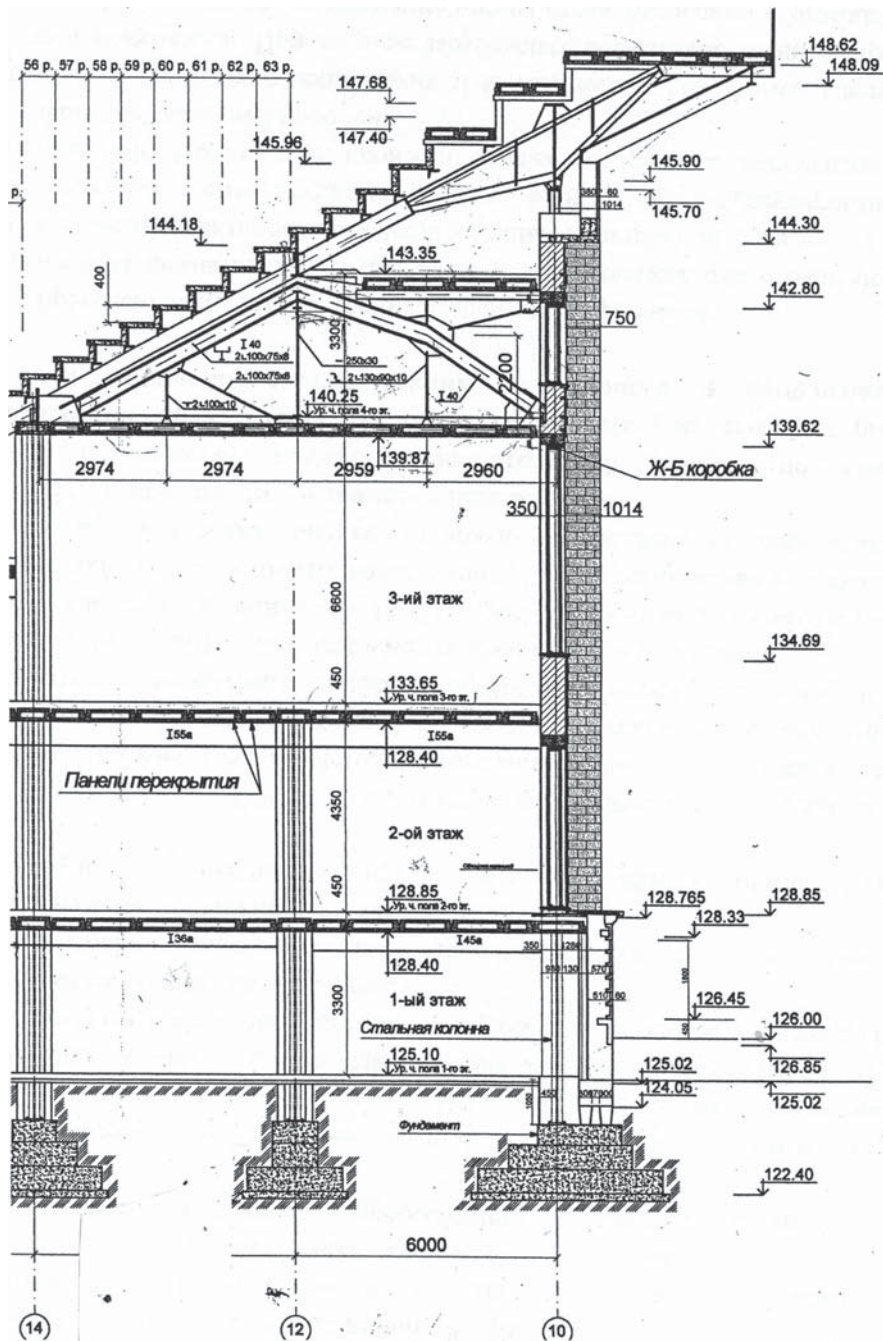


Рис. 4. Разрез (подтрибунные помещения и фасадная стена). Фрагмент
Fig. 4. Section (under-stand rooms and front wall). Fragment

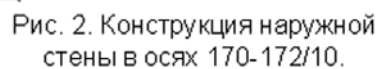


Fig. 5. Fragment of the facade

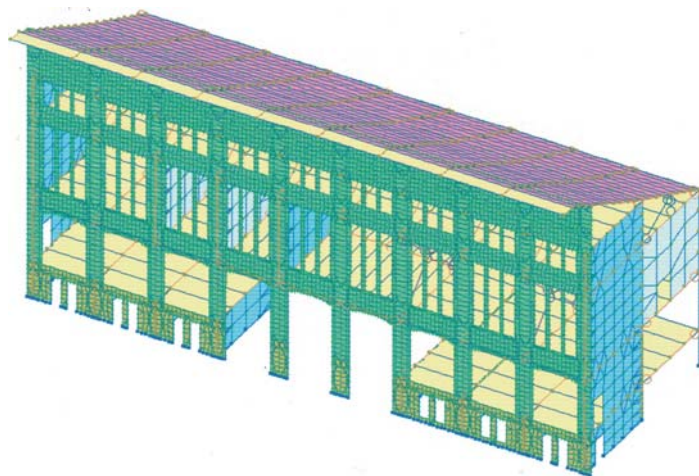


Рис. 6. Общий вид расчетной схемы БСА между осями 10–14/366–264 (в центре въезд на стадион) с усилением конструкций вертикальными стальными связями между осями 10–12. Расчет перемещения от постоянных и длительно действующих нагрузок конструкции пола и перегородок

Fig. 6. General view of the structural design of the Grand Sports Arena: axes 10–14/366–264 (entrance to the stadium in the center) with reinforcement of structures with vertical steel braces between axes 10–12. Analysis of the displacement caused by permanent and long-term acting loads of the floor and partition structures

На рис. 7 показана первая расчетная форма колебаний фрагмента системы «стена + 2 пролета каркаса трибун» от действий ветровых нагрузок.

На основании выполненных расчетов было принято решение о сохранении только одного пролета каркаса трибун, примыкающего к фасадной стене.

Такое решение обеспечило более высокие темпы производства работ по демонтажу металлического каркаса и железобетонной гребенки трибун. При этом были существенно снижены трудозатраты за счет применения механизации при демонтаже участка трибун в осях 12–14.

На рис. 8а (фото) показан фрагмент системы «фасадная стена + 1 пролет каркаса трибун» в осях 10–12. В соответствии с приведенным расчетом каркас усилен диагональными связями в радиальном и кольцевом направлениях.

Мониторинг технического состояния и деформаций фасадной стены при производстве работ по реконструкции БСА

Проведение наблюдений с точной регистрацией деформаций несущих конструкций сооружений, которая позволяет сделать оценку изменения напряжений в конструктивных элементах в условиях производства работ по демонтажу строительных конструкций, – достаточно сложная задача.

Строительные конструкции, на которых устанавливаются измерительные приборы при демонтажных работах, подвергаются интенсивным динамическим и механическим воздействиям. Кроме того, часть приборов и оснастки повреждается при производстве работ (рис. 9).

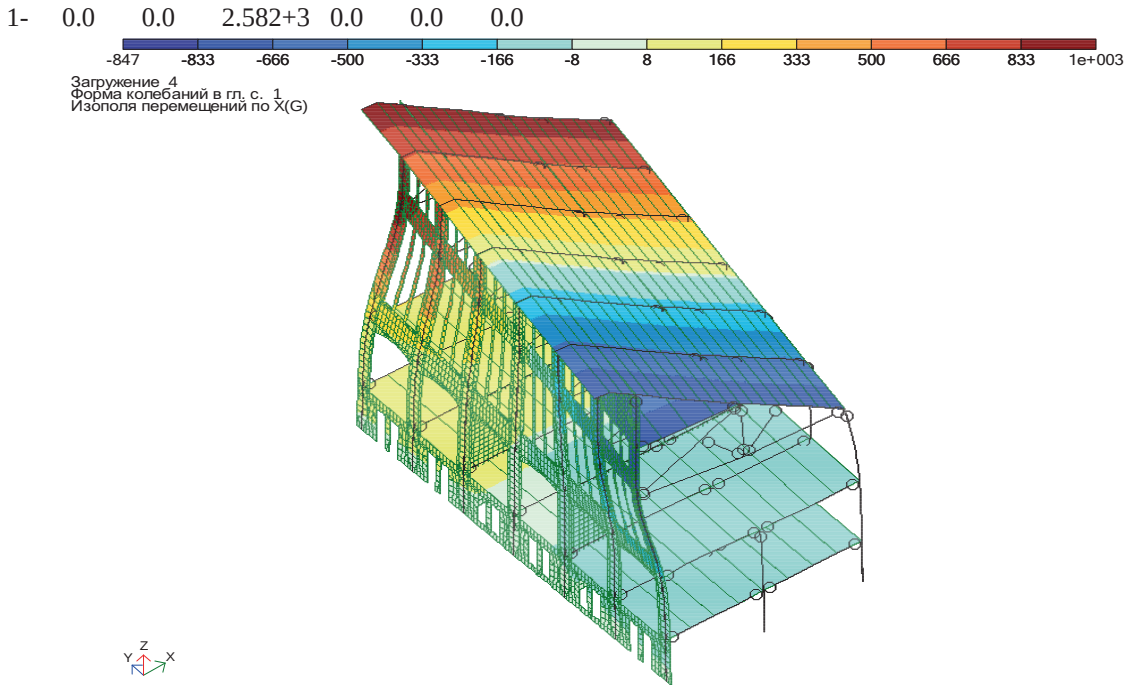


Рис. 7. Первая форма собственных колебаний системы

Fig. 7. The first mode of natural vibrations of the system

В связи с этим при выборе методики и средств для измерений деформаций и напряженного состояния в конструктивных элементах системы «фасадная стена + усиленный диагональными связями каркас трибун» были выбраны наиболее дешевые и надежные средства измерений.

Деформации (для определения напряжения) в основных конструктивных элементах и элементах усиления в наиболее ответственных узлах, стальных колоннах и диагональных связях усиления и сохраняемых конструкциях измерялись с помощью разработанных в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко механических тензометров (деформометров) ТМИ-500М, включающих использование индикаторов часового типа ИЧ-10 (рис. 10).

Измерения температур для определения температурных поправок проводились электронным контактным термометром ТК5-01П отечественного производства.

Для определения напряженного состояния покрытия деформометры (тензометры) были установлены на следующих конструктивных элементах:

- на стойках, выполненных из 2L 140 × 12 высотой 6 м (деформометры были установлены на третьем этаже в осях 120/12; 218/12; 144/12; 242/12; 322/12; 342/12; 420/12);
- на диагональных связях из 2L 125 × 8 (деформометры установлены на третьем этаже в осях 120/12; 218/12; 144/12; 242/12; 322/12; 342/12; 420/12);
- на диагональных связях из 2L 1405 × 12 (деформометры установлены на втором этаже в осях 110; 210; 410).



Рис. 8. а – фрагмент системы с усилением «фасадная стена + 1 пролет каркаса трибун, усиленный связями»;
 б – фрагмент этапа демонтажа трибун
Fig. 8. а – fragment of the system with reinforcement “front wall + 1 span of the stand framework reinforced with braces”; б – fragment at the stand dismantling stage

Определение деформаций позволяет вычислить величины напряжений в зоне установки приборов.

Измерения деформаций проводились с учетом температурных поправок, которые вводятся для того, чтобы изменения температуры конструкции не оказывали влияния на длину штанги базы деформометра и контрольного калибра прибора.

Для определения деформаций и отклонения фасадной стены были установлены маяки и деформометры в зоне сопряжения с поперечными стенами в радиальном направлении, а также на имеющихся трещинах (рис. 11).

Результаты геодезических наблюдений за деформациями фасадной стены БСА «Лужники» показали, что за период март – июнь 2014 г. зафиксированы отклонения стены до 16 мм на отметке 143 (ось 454/10).

Максимальные показания деформометров составили 0,9–1,0 мм.

Наиболее напряженная ситуация при проведении мониторинга за деформациями фасадной стены возникла в июле 2014 года. Максимальные отклонения стен в этот период составляли 27 мм.

Основными причинами увеличения деформации фасадной стены были работы по подготовке основания под фундаментную плиту, а также температурные деформации. В результате проведенных работ существующие фундаменты оказались с внутренней стороны не заглублены в грунт. Это привело к разуплотнению грунта и крену фасадной стены.



Рис. 9. Деформометр, установленный на диагональной связи, выведен из строя (погнута штанга деформометра)
Fig. 9. Strain gauge installed on the diagonal brace is out of order (the rod is bent)

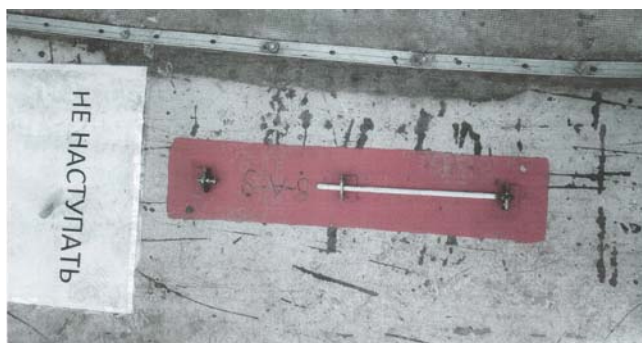


Рис. 10. Механический тензорметр (деформометр) (ТМИ-500М)
Fig. 10. Mechanical strain gauge (TMI-500M)



Рис. 11. Контроль показаний деформометров
Fig. 11. Readings of strain gauges

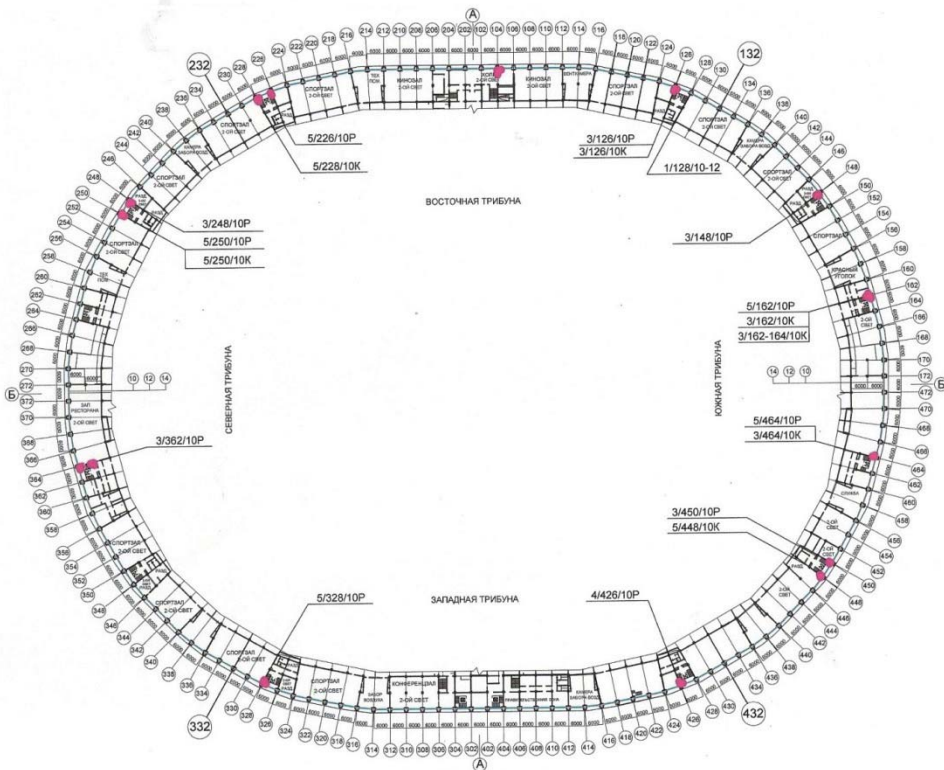


Рис. 12. Схема расположения деформометров для регистрации горизонтальных перемещений конструкций, примыкающих к наружной стене
Fig. 12. Layout of strain gauges for recording horizontal displacements of structures adjacent to the outer wall

Были приняты срочные меры по бетонированию фундаментной плиты в этой зоне. Бетонирование плиты основания по рекомендациям института выполнено захватками длиной не более 18 м. Бетонирование соседних захваток выполнялось не ранее чем через 4 дня. Одновременное бетонирование захваток допускалось с разрывом не менее чем через 72 м.

Выводы

Третья, наиболее масштабная реконструкция Большой спортивной арены олимпийского комплекса «Лужники» была завершена в 2017 году. На арене были проведены матчи восьмого и последнего турнира Кубка конфедерации среди национальных сборных под эгидой ФИФА. Турнир подтвердил полную готовность БСА к проведению главных матчей чемпионата мира 2018 г.

Научно-техническое сопровождение проектирования и реконструкции арены обеспечило решение самых сложных задач, возникавших в процессе проведения строительно-монтажных работ. Принципы реконструкции арены большой вместимости могут быть использованы при реконструкции других объектов.

Список литературы

1. Фарфель М.И. Обеспечение безаварийной эксплуатации уникального большепролетного покрытия Большой спортивной арены олимпийского стадиона «Лужники». Строительная механика и расчет сооружений. 2012;(6):56–61.
2. Ведяков И.И., Фарфель М.И. Научно-техническое сопровождение проектирования, изготовления и монтажа и эксплуатации при реконструкции Большой спортивной арены «Лужники» в г. Москве к Чемпионату мира по футболу в 2018 году. Вестник НИЦ «Строительство». 2019;(3):27–41.
3. СП 15.13330. Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 22-81* [интернет]. Режим доступа: http://stroy.adm44.ru/i/u/_15.13330.2012__II-22-81____2.pdf
4. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* [с Изменениями № 1, № 2 и № 3, № 4] [интернет]. Режим доступа: <https://tk-expert.ru/uploads/files/docs/%D0%A1%D0%9F%20%D0%9D%D0%90%D0%93%D0%A0%D0%A3%D0%97%D0%9A%D0%98%20%D0%92%D0%9E%D0%97%D0%94%D0%95%D0%99%D0%A1%D0%A2%D0%92%D0%98%D0%AF%20%D0%90%D0%9A%D0%A2%D0%A3%D0%90%D0%9B%D0%98%D0%97%D0%98%D0%A0%D0%9E%D0%92%D0%90%D0%9D%D0%9D%D0%90%D0%AF%20%D0%A0%D0%95%D0%94%D0%90%D0%9A%D0%A6%D0%98%D0%AF%20%D0%A1%D0%9D%D0%98%D0%9F%2002.01.07-85%20%D0%A1%D0%9F%2020.13330.2016%202022-05-30.pdf>
5. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* [с Изменениями № 1, № 2 и № 3, № 4 и № 5] [интернет]. Режим доступа: <https://nostroy-sdo.ru/staticcontent/56.%20%D0%A1%D0%9F%2016.13330.2017%20%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8.%20%D0%90%D0%BA%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%D0%A1%D0%9D%D0%B8%D0%9F%20II-23-81.pdf>
6. Микулин В.Б., Одесский П.Д., Лебедева И.В., Оспенников А.Г., Отставнов В.А., Попов Н.А. и др. Покрытие Большой спортивной арены стадиона «Лужники» (проектирование, научные исследования и строительство). Москва: Фортэ; 1998.
7. Фарфель М.И., Гукова М.И., Коняшин Д.Ю., Кущенко А.Е., Любарцев А.В. Особенности реконструкции Большой спортивной арены стадиона «Лужники» к Чемпионату мира по футболу в 2018 году. Вестник НИЦ Строительство. 2017;(3):74–92.

8. Микулин В.Б., Фарфель М.И., Ханджи А.В. Покрытие Большой спортивной арены Олимпийского комплекса в Лужниках. В: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко 80 лет: сборник статей. Москва: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко; 2007, с. 46–55.
9. Микулин В.Б., Попов Н.А., Отставнов В.А., Фарфель М.И. Расчет покрытия Большой спортивной арены Олимпийского комплекса «Лужники». Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2003;(6):38–42.

References

1. Farfel M.I. Ensuring trouble-free operation of the unique long-span covering of the Large sports arena of the Olympic stadium "Luzhniki". *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii* = Structural Mechanics and Analysis of Constructions. 2012;(6):56–61. (In Russian).
2. Vedyakov I.I., Farfel M.I. Scientific and technical support of design, manufacture, installation and operation during the reconstruction of Grand Sports Arena "Luzhniki" in Moscow to the football World Cup in 2018. *Vestnik NIC Stroitel'stvo* = Bulletin of Science and Research Center of Construction. 2019;(3):27–41. (In Russian).
3. SP 15.13330. Masonry and reinforced masonry structures. Updated version of SNiP 22-81*. [internet]. Available at: http://stroy.adm44.ru/i/u/_15.13330.2012__II-22-81____2.pdf (in Russian).
4. SP 20.13330.2016. Loads and actions. Updated version of SNiP 2.01.07-85* (with Changes No. 1, No. 2 and No. 3, No. 4). [internet]. Available at: <https://tk-expert.ru/uploads/files/docs/%D0%A1%D0%9F%D0%9D%D0%90%D0%93%D0%A0%D0%A3%D0%97%D0%9A%D0%98%D0%92%D0%9E%D0%97%D0%94%D0%95%D0%99%D0%A1%D0%A2%D0%92%D0%98%D0%AF%D0%90%D0%9A%D0%A2%D0%A3%D0%90%D0%9B%D0%98%D0%97%D0%98%D0%A0%D0%9E%D0%92%D0%90%D0%9D%D0%9D%D0%90%D0%AF%D0%A0%D0%95%D0%94%D0%90%D0%9A%D0%A6%D0%98%D0%AF%D0%A1%D0%9D%D0%98%D0%9F%D0%02.01.07-85%D0%A1%D0%9F%D0%20.13330.2016%D0%2022-05-30.pdf> (in Russian).
5. SP 16.13330.2017. Steel structures. Updated version of SNiP II-23-81* (with Changes No. 1, No. 2 and No. 3, No. 4 and No. 5) [internet]. Available at: <https://nostroy-sdo.ru/staticcontent/56.%D0%A1%D0%9F%D0%16.13330.2017%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8.%D0%90%D0%BA%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F%D0%90%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%D0%D0%A1%D0%9D%D0%B8%D0%9F%D0%20II-23-81.pdf> (in Russian).
6. Mikulin V.B., Odessky P.D., Lebedeva I.V., Ospennikov A.G., Retiring V.A., Popov N.A. et al. Covering of the Large Sports Arena of the Luzhniki Stadium (design, research and construction). Moscow: Forte Publ.; 1998. (In Russian).
7. Farfel M.I., Gukova M.I., Konyashin D.Yu., Kuschenko A.E., Lyubarsky A.V. Particularities of the reconstruction of the Grand Arena of the stadium "Luzhniki" to the football World Cup in 2018. *Vestnik NIC Stroitel'stvo* = Bulletin of Science and Research Center of Construction. 2017; (3):74–92. (In Russian).
8. Mikulin V.B., Farfel M.I., Khandzhi A.V. Covering the Large sports arena of the Olympic Complex in Luzhniki. In: V.A. Koucherenko TSNIISK 80 years old. Collection of articles. Moscow: TSNIISK named after V.A. Koucherenko; 2007, pp. 46–55. (In Russian).
9. Mikulin V.B., Popov N.A., Retignov V.A., Farfel M.I. Calculation of the coverage of the Large sports arena of the Olympic complex "Luzhniki". *Seismostoikoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii* = Earthquake engineering. Constructions safety. 2003;(6):38–42. (In Russian).

Информация об авторах / information about the authors

Олег Иванович Пономарев[✉], канд. техн. наук, заведующий лабораторией кирпичных, блочных и панельных зданий ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: 1701088@mail.ru
тел.: +7 (499) 170-10-59

Oleg I. Ponomarev[✉], Cand. Sci (Engineering), Head of the Laboratory of Brick, Block and Panel Buildings, TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: 1701088@mail.ru
tel.: +7 (499) 170-10-59

Арман Арамаисович Минасян, канд. техн. наук, заведующий сектором железобетонных конструкций лаборатории кирпичных, блочных и панельных зданий ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: 1747210@mail.ru
тел.: +7 (499) 174-77-94

Arman A. Minasyan, Cand. Sci (Engineering), Head of the Reinforced Concrete Structures Sector, Laboratory of Brick, Block and Panel Buildings, TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: 1747210@mail.ru
tel.: +7 (499) 174-77-94

Михаил Анатольевич Забегин, заведующий сектором прочности крупнопанельных и блочных конструкций лаборатории кирпичных, блочных и панельных зданий ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: lerus2@mail.ru
тел.: 8 (926) 591-77-29

Mikhail A. Zabegin, Head of the Sector of Large-Panel and Block Structures Strength, Laboratory of Brick, Block and Panel Buildings, TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: lerus2@mail.ru
tel.: 8 (926) 591-77-29

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author