

Academia. Архитектура и строительство, № 2, стр. 157–172.

Academia. Architecture and Construction, no. 2, pp. 157–172.

Исследования и теория

Научная статья

УДК 711.168

DOI: 10.22337/2077-9038-2024-2-157-172

Выбор организационно-технологических решений с учетом влияния концептуальных подходов реконструкции футбольных стадионов

Король Елена Анатольевна (Москва). Доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН. Кафедра жилищно-коммунального комплекса Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26. НИУ МГСУ). Эл. почта: professorkorol@mail.ru

Дудина Анна Геннадьевна (Москва). Кандидат технических наук. Кафедра жилищно-коммунального комплекса Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26. НИУ МГСУ). Эл. почта: dudinaag@mgsu.ru

Аннотация: В данной статье рассматриваются вопросы взаимосвязи предпосылок, концептуальных подходов к реконструкции футбольных стадионов и организационно-технологических решений. Проведён анализ проектов реконструкции двух футбольных стадионов, являющихся исторически значимыми объектами и «символами» своих городов – БСА «Лужники» (Москва) и «Сантьяго Бернабеу» (Мадрид), в которых нашли отражение различные концептуальные идеи к проектированию реконструкции. В рамках проведённого анализа двух проектов были выявлены характерные технологические процессы реконструкции футбольных стадионов. В качестве результатов исследования была проведена декомпозиция концептуальных подходов к реконструкции стадионов по затрагиваемым структурным элементам сооружения и обобщены возможные организационно-технологические процессы реконструкции.

Ключевые слова: реконструкция, футбольные стадионы, концептуальные подходы, организационно-технологические решения, технологические процессы реконструкции

Для цитирования. Король Е.А., Дудина А.Г. Выбор организационно-технологических решений с учётом влияния концептуальных подходов реконструкции футбольных стадионов // Academia. Архитектура и строительство. – 2024. – № 2. – С. 157–172. – DOI: 10.22337/2077-9038-2024-2-157-172.

Selection of Organizational and Technological Solutions Taking into Account the Influence of Conceptual Approaches to the Reconstruction of Football Stadiums

Korol Elena A. (Moscow). Doctor of Sciences in Technology, Professor, Corresponding Member of RAACS. Head of the Department of Housing and Communal Utility of the National Research Moscow State University of Civil Engineering (Russia, 129337, 26, Yaroslavskoye Shosse, Moscow, Russia. NRU MGSU). E-mail: professorkorol@mail.ru

Dudina Anna G. (Moscow). Candidate of Sciences Technology. The Department of Housing and Communal Utility of the National Research Moscow State University of Civil Engineering (Russia, 129337, 26, Yaroslavskoye Shosse, Moscow, Russia. NRU MGSU). E-mail: dudinaag@mgsu.ru

Abstract. The article deals with the issues of the interrelation of prerequisites, conceptual approaches to the reconstruction of football stadiums, and organizational and technological solutions. The analysis of reconstruction projects of two football stadiums, which are historically significant objects and "symbols" of their cities – BSA "Luzhniki" (Moscow) and "Santiago

Bernabéu" (Madrid), which reflect different conceptual ideas for reconstruction design, has been carried out. Within the framework of the conducted analysis of the two projects, characteristic technological processes of football stadium reconstruction were identified. As the results of the study, a decomposition of conceptual approaches to the reconstruction of stadiums by the affected structural elements of the structure was carried out and possible organizational and technological processes of reconstruction were summarized.

Keywords: reconstruction, football stadiums, soccer, conceptual approaches, organizational and technological solutions, technological processes of reconstruction.

For citation. Korol E.A., Dudina A.G. Selection of Organizational and Technological Solutions Taking into Account the Influence of Conceptual Approaches to the Reconstruction of Football Stadiums. In: *Academia. Architecture and Construction*, 2024, no. 2, pp. 157–172, doi: 10.22337/2077-9038-2024-2-157-172.

Введение

Спорт является важной составляющей жизни общества, а спортивные объекты служат не только местом для занятия спортом, но и являются центрами социокультурной деятельности. По мере того, как требования, предъявляемые к существующим спортивным объектам¹, развиваются и становятся более комплексными и системными, возрастает необходимость их реконструкции и модернизации. Современные решения при строительстве и реконструкции спортивных объектов включают в себя применение новейших технологий и материалов, а также учёт современных требований к комфорту и безопасности спортсменов и зрителей [1]. Одним из ключевых направлений в современной реконструкции спортивных объектов является увеличение их функциональности и универсальности.

К основным причинам необходимости проведения реконструкции футбольных стадионов без учёта предъявляемых требований различных футбольных ассоциаций к организации проведения футбольных турниров можно отнести: физический и моральный износ инженерно-технических систем объекта, не соответствующих требованиям энергоэффективности, или вовсе их отсутствие; нерациональную организацию подтрибунных пространств; отсутствие IT-инфраструктуры стадиона; несоответствие систем безопасности современному уровню угроз; низкую функциональность спортивного объекта и прилегающей территории стадиона [2]; низкую адаптацию чаши стадиона к доступу маломобильных групп населения; отсутствие гармонизации функциональных элементов стадиона с природно-климатическими условиями.

Так, обновление и модернизация каждого из элементов футбольного стадиона направлены на повышение функциональности, технической оснащённости, безопасности, комфортности [3] и энергоэффективности в соответствии с мировыми требованиями к спортивным объектам.

В настоящее время проектирование футбольных стадионов регламентируется нормативно-технической базой² с

учётом руководящих документов, стандартов и требований организаторов международных и национальных футбольных турниров и соревнований, а также различных футбольных ассоциаций, таких как РФС, УЕФА и ФИФА. С учётом данных нормативно-технических основ в области строительства и реконструкции футбольных стадионов не только системы безопасности, но и вся конструкция сооружения должна соответствовать современным требованиям безопасности зданий и сооружений, тем самым проект реконструкции требует детальной проработки концептуальных идей и дальнейших проектных и организационно-технологических решений по каждому элементу объекта.

Разработка и реализация проектов реконструкции футбольных стадионов основывается на анализе истории строительства и опыта предыдущих реконструкций объекта, изучении объёмно-планировочных, конструктивных и инженерно-технических особенностей сооружения, а также на анализе положений современных нормативно-технических требований [4] и индивидуальных требований и целей организаторов и владельцев, предъявляемых к объекту реконструкции. В результате проведённого анализа формируются различные концептуальные подходы к осуществлению реконструкции стадиона, базирующиеся на техническом состоянии, архитектурных и конструктивных особенностях объекта и целях реконструкции. Такие подходы могут быть направлены как на бережное сохранение архитектурной структуры [5] стадионов, относящихся к объектам культурного и исторического наследия, в стилистике городской застройки [6], так и на полную модернизацию облика стадиона в соответствии с принятыми инновационными решениями.

В свою очередь утверждённые проектные решения формируют направленность организационно-технологических процессов, необходимых для реализации того или иного решения. Далее для анализа факторов, влияющих на выбор организационно-технологических решений, при рекон-

¹ СП 332.1325800.2017 «Спортивные сооружения. Правила проектирования» (<https://docs.cntd.ru/document/556793895>); СП 59.13330.2020 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения» (<https://docs.cntd.ru/document/573659328>).

² СП 285.1325800.2016 «Стадионы футбольные. Правила проектирования» (<https://docs.cntd.ru/document/456085751>).

струкции стадионов были рассмотрены примеры успешно проведённой реконструкции – это БСА «Лужники» (Москва, Россия) и стадион «Сантьяго Бернабеу» (Мадрид, Испания). Выбор данных объектов обусловлен тем, что оба объекта уникальны и исторически значимы и являются символами

своих городов, а также сопоставимы по дате строительства и по количеству предшествующих реконструкций. На данный момент эти стадионы соответствуют всем достигнутым в процессе реконструкции современным требованиям, предъявляемым к спортивным сооружениям.



Рис. 1³. Процесс ведения реставрационных работ фасадной стены стадиона БСА «Лужники»



Рис. 2. Процесс устройства «наращиваемой» консольной части кровли над трибунами



Рис. 3. Сварное соединение блока козырька с внутренним контуром существующей конструкции крыши

Реконструкция БСА «Лужники» (Москва, Россия)

БСА «Лужники» была полностью обновлена в рамках подготовки к Чемпионату мира по футболу 2018 года. Основные особенности проекта включают в себя увеличение вместимости (до 81 000 зрителей), обновление инфраструктуры, в том числе строительство новых входов и организацию коммерческих площадей в подтрибунном пространстве, а также использование современных технологий при реконструкции поля и кровли стадиона.

Проектные решения по фасаду БСА «Лужники» предусматривали реставрационные работы (рис. 1) с сохранением первоначального исторического облика стен фасада и колоннады при добавлении декоративного фриза и замене устаревших материалов на более современные и долговечные, такие как композитные панели, стекло и металл. Помимо этого, при производстве работ была обеспечена устойчивость существующих фасадов и кровли при демонтаже трибун и конструкций подтрибунных помещений, а также фундамента сооружения.

Вместимость стадиона была увеличена до требуемого значения за счёт смещения трибун ближе к полю стадиона в пределах исторического фасада [5]. Это обусловило увеличение площади уникального большепролётного стального купольного покрытия стадиона за счёт монтажа дополнительного козырька, вынесенного на 11,5 м (рис. 2, 3), в конструкции кровли для покрытия зоны обновлённой трибуны от атмосферных осадков [7–9].

Также проект реконструкции кровли БСА «Лужники» включал установку системы дренажа для эффективного сбора и отведения воды с кровли с целью предотвращения возможных протечек и повреждений, разработку дополнительных мер по защите от солнечных лучей и ультрафиолетового излучения, по антикоррозионной защите для увеличения срока службы кровли, установку солнечных батарей на кровле для экологически чистой генерации электроэнергии и снижения затрат на электричество.

Старое поликарбонатное покрытие кровли было заменено на новое с улучшенными эксплуатационными характеристиками, такое же покрытие было предусмотрено и для консольной части кровли (рис. 4).

Для обеспечения устойчивости покрытия стадиона было принято организационно-технологическое решение по устройству временных вертикальных трубчатых связей между существующими основными колоннами [7; 9] (см.

³ Все иллюстрации в статье, кроме особо оговорённых, взяты из открытого доступа сети Интернет.

рис. 1). Инженерно-техническое оснащение реконструируемой кровли предусматривало монтаж спортивного освещения и архитектурного освещения из светодиодов для создания динамического медийного экрана на покрытии кровли [10].

Инженерно-техническое обеспечение функционирования травяного газона даже при отрицательных температурах и поддержания его целостности включало устройство системы инженерных коммуникаций, глубина которых достигала полутора метров (рис. 5, 6). За счёт этого были решены следующие



а)



б)

Рис. 4. Новое поликарбонатное покрытие кровли стадиона: а) общий вид; б) вид сверху

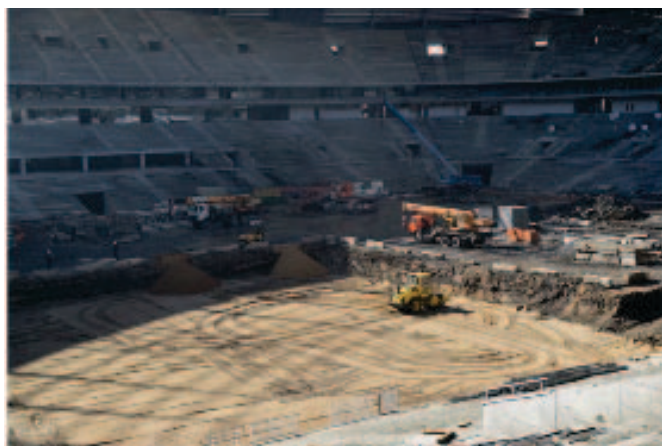


Рис. 5. Подготовка основания для устройства футбольного поля



Рис. 6. Процесс устройства многослойного инженерного «пирога» из систем дренажа, аэрации, подогрева и мониторинга агротехнических характеристик для обслуживания футбольного поля



а)



б)

Рис. 7. Работы по демонтажу: а) старого каркаса трибун; б) конструкций подтрибунных помещений

щие проектные задачи: улучшены дренажная система поля для обеспечения быстрого стока влаги и предотвращения заболачивания пространства; система обогрева поля для обеспечения необходимой для существования газона в холодное время года температуры; укрепление основания поля синтетическими нитями и обновление верхнего покрытия для

увеличения прочности и долговечности игровой поверхности; установка современных систем орошения для поддержания необходимого уровня влажности на поле.

В БСА «Лужники» были полностью изменены объёмно-планировочные параметры чаши стадиона. Для обеспечения устойчивости исторического фасада в последних пролётах старых трибун в радиальном и кольцевом направлениях была установлена система вертикальных стальных связей [9] (рис. 8).

При этом последний пролёт каркаса трибун был демонтирован только после наращивания монолитной конструкции трибун и соединения нового каркаса двухуровневых трибун с фасадной стеной [8]. Устройство новой чаши стадиона, в том числе фундаментной плиты и каркаса трибун (стен, колонн, перекрытий, лифтовых шахт и лестничных клеток) (рис. 9–11), позволило увеличить подтрибунное пространство сооружения и улучшить обзор футбольного поля. Так, во внутреннем пространстве чаши стадиона в результате реконструкции было смонтировано 44 новых каскадных пешеходных лестницы [11] (рис. 12), было увеличено количество выходов со стадиона, а также были оборудованы различные общественные бизнес-зоны и зоны культуры и отдыха, тем самым расширив функциональный потенциал стадиона.



Рис. 8. Укрепление фасадной стены стадиона при демонтаже и устройстве новой чаши (фрагмент)



Рис. 9. Процесс устройства железобетонного каркаса трибун



Рис. 11. Монтаж сборного железобетонного покрытия нижнего яруса трибун



Рис. 10. Монтаж арматуры при устройстве чаши стадиона



Рис. 12. Устройство каскадных пешеходных лестниц

Помимо этого, функциональная составляющая футбольного стадиона повысилась за счёт монтажа осветительного и звукового оборудования, а также специального покрытия газона для возможности организации концертных мероприятий.

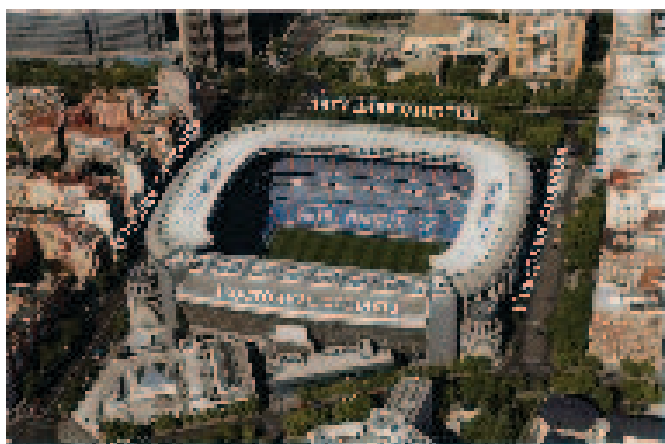
Обновление инженерных сетей и коммуникаций включало полную замену систем и обеспечение спортивного объекта в том числе водоснабжением, электричеством и отоплением. Модернизация системы безопасности на БСА «Лужники» предусматривала устройство контрольно-пропускных пунктов транспортного и пешеходного типов, монтаж камер наружного видеонаблюдения, установку радиационных мониторов, детекторов взрывчатых веществ и опасных жидкостей, а также других специальных средств антитеррористической безопасности [12].

Развитие инфраструктуры спортивного комплекса включало обновление и благоустройство прилегающей территории с целью формирования функциональной парковой зоны при сохранении имеющегося природно-антропогенного ландшафта.

Реконструкция стадиона «Сантьяго Бернабеу» (Мадрид, Испания)

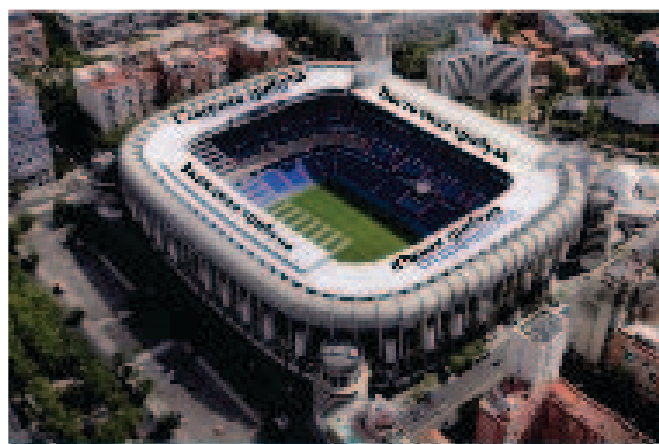
Масштабная реконструкция «Сантьяго Бернабеу» (рис. 13) в Мадриде для создания футбольного стадиона нового поколения началась в мае 2019 года. Основные изменения затронули все структурные элементы исторического объекта: от конструкции крыши до инфраструктуры прилегающей территории. Полная реконструкция была направлена на преобразование старого стадиона в современную технологичную и многофункциональную спортивную арену, обеспечивающую повышение качества обслуживания посетителей и улучшение условий для спортивных команд. При проведении реконструкции «Сантьяго Бернабеу» были использованы инновационные технологии в области проектирования спортивных сооружений.

Одним из главных структурных элементов, затронутых в процессе реконструкции, являлась конструкция крыши, которая в результате была адаптирована к изменению природно-климатических условий и к требованиям по проведению раз-



а)

Рис. 13. Внешний вид стадиона «Сантьяго Бернабеу» до реконструкции: а) с восточной стороны; б) с юго-западной стороны



б)

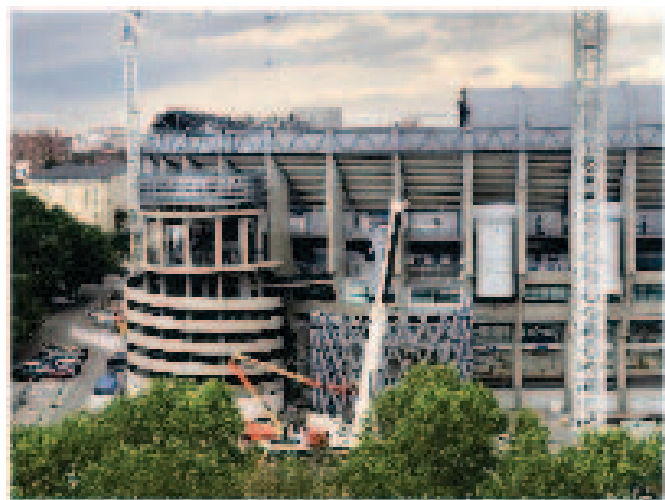


Рис. 14. Монтаж каркаса новой эвакуационной башни С с западной стороны



Рис. 15. Демонтаж старой эвакуационной башни В



Рис. 16. Демонтаж северо-восточной башни



Рис. 17. Монтаж новой северо-восточной башни вокруг опоры под конструкцию крыши



Рис. 18. Демонтаж верхнего яруса эвакуационной башни А с восточной стороны



Рис. 19. Процесс демонтажа старой крыши

личных массовых мероприятий помимо футбольных матчей.



Рис. 20. Вид на стадион с южной стороны

Конструкция раздвижной крыши открывается и закрывается в направлении север-юг, скользя по направляющим, установленным под продольной частью фиксированной крыши.

Покрытие выдвижной крыши состоит из двойного слоя мембраны из ткани ПТФЭ, покрытой фторполимером, что обеспечило лёгкость к складыванию крыши и упростило процесс подъёма и монтажа конструкции, а при эксплуатации снизило энергопотребление двигателей при работе раздвижного механизма [13].

Для устройства новой конструкции крыши над стадионом были применены следующие организационно-технологические решения:

1) возведены две новые эвакуационные башни В и С с западной стороны стадиона (рис. 14), которые воспринимают нагрузку от основных ферм новой конструкции крыши западной части стадиона, а также потом были демонтированы старые башни В и С (рис. 15), которые будут воспринимать нагрузку от основных ферм новой конструкции крыши на западе стадиона. Помимо этого, новые башни стали иметь расширенную конфигурацию за счёт устройства круговых пандусов, эскалаторов и лифтов, которые обеспечивают безопасную и быструю эвакуацию на западной стороне [14];

2) Демонтированы башни с восточной стороны (рис. 16), расположенные рядом с круглыми эвакуационными башнями А и D. На их месте для передачи нагрузки от новой конструкции крыши были установлены две опорные колонны с северо-восточной и юго-восточной сторон. Вокруг колонн были смонтированы новые башни для эвакуации (рис. 17) и сопряжены между собой восточной пристройкой. В свою очередь в башнях А и D были демонтированы верхнего яруса (рис. 18) для установки на них дополнительных опор под свес конструкции кровли.

3) демонтированы старое кровельное покрытие и конструкции крыши стадиона (рис. 19, 20).

4) монтаж конструкции новой крыши из различных металлических модулей и кровельного покрытия стадиона из четырёх слоев – от гофрированного металлического листа до алюминиевой оболочки (рис. 21);

Внешний вид стадиона подвергся серьезной реконструкции – проектом было предусмотрено покрытие стадиона изгибающейся металлической оболочкой (рис. 22, 23). Изогнутые ламели из нержавеющей стали обтекают конструкции разных периодов строительства и реконструкции стадиона, придавая объекту асимметричный и динамичный вид, а полупрозрачная система ламелей обеспечивает и контролирует в совокупности естественное освещение и защиту от солнца чаши стадиона и внутренних пространств. Помимо этого на фасаде производилось устройство светодиодного регулируемого освещения для создания крупномасштабного мультимедийного экрана с мягким и меняющимся светом [15].

Перед устройством фасадной оболочки ограждающие конструкции и каркас стадиона были усилены для повышения их безопасности и устойчивости (рис. 24), а также было произведено выравнивание первых стоек западной



Рис. 21. Возведение кровли стадиона «Сантьяго Бернабеу» в процессе реконструкции: а) монтаж первых сегментов северной и южной ферм конструкции крыши с опорой на новые башни В и С; б) монтаж внешних секций южных и северных ферм с устройством противовесов с креплением к земле для их стабилизации; в) вид на стадион с восточной стороны при монтаже северной и южной ферм; г) процесс «замыкания» южной фермы; д) перенос смонтированного модуля крыши с помощью передвижных тележек с западной на восточную сторону; е) перемещение в проектное положение западной фермы; ж) монтаж «коронной» балки по замкнутому внешнему периметру для расширения внутренних коридоров стадиона; з) устройство верхнего слоя кровельного покрытия – алюминиевой оболочки; и) конструкция раздвижной крыши стадиона (вид изнутри); к) вид крыши стадиона со стороны посадочных мест после реконструкции



Рис. 22. Монтаж стальных ламелей по направляющим



Рис. 23. Фасад стадиона после завершения монтажа металлической оболочки

стороны по высоте и устройство анкеров и стоек софитов для монтажа направляющих под решётчатую оболочку стадиона (рис. 25).

Конструкция выдвижного футбольного поля стадиона «Сантьяго Бернабеу» – инновационная многофункциональная система автоматического складывания и хранения газона в подземном хранилище глубиной более 25 м (рис. 26 а, б) – разделена на шесть платформ, перемещающихся с помощью гидравлических домкратов [16] (рис. 26 в). Футбольное поле разделено в продольном направлении на шесть равных лотков размером 107×11,67 м. Подземное

хранилище, представляющее собой шесть уровней, обеспечено управляемыми системами контроля и поддержания состояния газона в оптимальном состоянии: вентиляция, климат-контроль, система орошения и ультрафиолетовое освещение, а также имеются боковые проходы для технического обслуживания [17; 18]. Во время футбольного матча пять из шести платформ с газоном (рис. 26 г, д) будут располагаться на опорной плите, а шестой лоток будет опираться на выдвижные решётки (рис. 26 е), которые выдвигаются из-под западной трибуны для поддержки последнего лотка [14].



Рис. 24. Усиление ребер северного и южного торца стадиона



Рис. 25. Установка направляющих по периметру стадиона



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рис. 26. Конструкция выдвижного футбольного поля стадиона: а) устройство основания под подземное хранилище на западной стороне; б) устройство подземного хранилища футбольного поля; в) монтаж гидравлического подъемного механизма для перемещения платформ в подземном хранилище; г) подготовка платформ футбольного поля для устройства газона; д) процесс работы механизированного футбольного поля; е) выдвижные решётки, отвечающие за поддержку платформы, расположенной над подземным хранилищем во время матча



Рис. 27. Монтаж подземной парковки на месте демонтируемого торгового центра

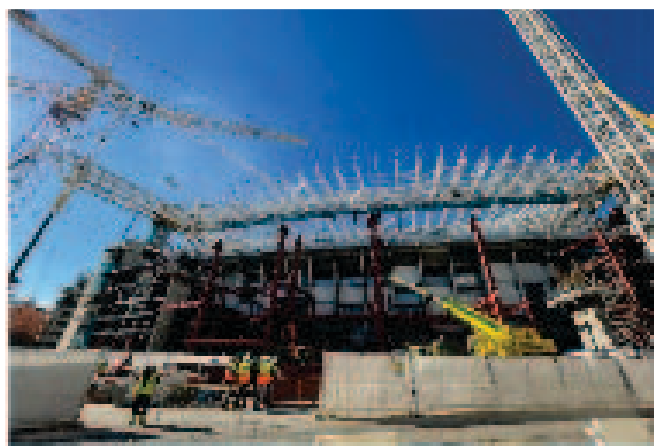


Рис. 28. Монтаж каркаса пристройки с восточной стороны



а)
Рис. 29. Устройство новых трибун: а) демонтаж верхнего яруса восточной трибуны; б) новые трибуны на месте демонтированных



б)



Рис. 30. Устройство каркаса складной трибуны на восточной стороне с внутреннего пространства



Рис. 31. Подготовка к бетонированию ступеней восточной трибуны нижнего сектора

Проект реконструкции чаши стадиона был направлен:

- на увеличение вместимости стадиона за счёт расширения восточной трибуны в верхней её части, а также устройство складных трибун для обеспечения сообщения между игровым полем и подземной парковкой через логистический тоннель;
- на переустройство западной трибуны для обеспечения работы автоматизированного футбольного поля;
- на обновление и расширение внутренних пространств чаши стадиона с восточной и западной сторон для создания новых коммерческих и общественно-культурных зон, а также зелёных зон внутри стадиона с учётом обеспечения и улучшения доступности для людей с ограниченными возможностями.
- на устройство нового логистического тоннеля.

При реконструкции восточной стороны стадиона производился снос существующего торгового центра и офисно-складского здания, в том числе были демонтированы и подземные этажи для строительства подземной парковки (рис. 27) и входов в логистический тоннель в структуре нового фасада. Возведение пристройки с восточной стороны (рис. 28) про-

изводилось над подземной парковкой и служит местом для размещения новых мест отдыха, магазинов и интерактивного музея футбольного клуба.

Реконструкция восточной трибуны осуществлялась посредством демонтажа (рис. 29 а) и устройства новой верхней части (рис. 29 б); устройства складной трибуны (рис. 30) для транспортных и инженерных коммуникаций между подземной парковкой и игровым полем через логистический тоннель; демонтажа и устройства железобетонного каркаса нижнего сектора восточной трибуны (рис. 31).

Важным элементом в переустройстве внутреннего подтрибунного пространства являлось строительство логистического тоннеля, который проходит по нижнему периметру стадиона и имеет вертикальные коммуникации для обеспечения водоснабжением всех уровней стадиона, а также обеспечивает транспортную взаимосвязь внутри стадиона (рис. 32).

Конструкция западных трибун перестроена (рис. 33 а) и сделана консольной для устройства под ними пространства для размещения выдвижных решёток (см. рис. 26 е) и транс-



а)



б)

Рис. 32. Логистический туннель: а) устройство подвода к футбольному полю; б) прокладка коммуникаций



а)



б)

Рис. 33. Западные трибуны: а) процесс реконструкции; б) возведение западных трибун нижнего сектора консольного типа

портных тележек системы автоматизированного футбольного поля (рис. 33 б).

На западной стороне стадиона внутренние пространства в границах нового фасада обустроены новыми общественными зонами за счёт монтажа «коронной» балки конструкции крыши (см. рис. 21 ж). Ещё одной особенностью реконструкции является устройство смотровой площадки-террасы по периметру стадиона под навесом из конструкции возводимой крыши (см. рис. 23), на которой будут расположены зоны отдыха и общественного питания.

Модернизация инженерных систем стадиона основывалась на принципах энергоэффективности и энергосбережения, которые достигались путём создания уникальной системы автоматического регулирования температуры и влажности внутри стадиона для снижения нагрузки на системы кондиционирования воздуха и отопления и установки солнечных батарей на кровле стадиона

Технологическое обеспечение стадиона включало в себя устройство новейшей системы безопасности, современных аудиовизуальных, осветительных и других систем для трансляции футбольных матчей, а также установку панорамного светодиодного экрана вокруг поля для повышения визуальных и звуковых качеств работы стадиона.

При обновлении инфраструктуры прилегающей территории были предусмотрены удобные подъездные пути, подземная парковка. При этом зоны отдыха, общественного питания и торговли, имеющиеся до реконструкции вокруг стадиона, были интегрированы в структуру стадиона, тем самым облегчая и оптимизируя общественное пространство вокруг стадиона и реализуя всеобщую доступность через устранение архитектурных барьеров.

Результаты исследования

Под реконструкцией футбольных стадионов понимается комплекс организационно-технологических процессов, направленных в соответствии с принятыми по проекту концептуальными подходами на изменение различных параметров сооружения, в том числе основных структурных элементов стадиона – чаши, кровли, фасада, футбольного поля, инженерно-технического и технологического обеспечения, а также на развитие инфраструктуры территории стадиона – с целью формирования многофункционального объекта, соответствующего современным требованиям по безопасности, комфортности и энергоэффективности при эксплуатации сооружения.

Выбор организационно-технологических решений для производства работ в процессе реконструкции стадиона может быть обусловлен различными концепциями, затрагивающими структурные элементы сооружения, среди которых:

- необходимость сохранения исторического облика;
- улучшение и создание современного архитектурного облика;
- увеличение вместимости;
- улучшение обзора футбольного поля с трибун;

– изменение функциональной составляющей подтрибунных помещений и внутреннего пространства;

– оптимизация транспортных, людских и инженерных потоков в пределах стадиона;

– адаптация конструкции кровли к природно-климатическим и нормативно-техническим условиям;

– необходимость совмещения процесса реконструкции с проведением футбольных матчей;

– изменение технических характеристик футбольного поля и повышение его функциональности;

– необходимость обеспечения безопасного нахождения и передвижения посетителей и транспорта в пределах стадиона, а также оптимизация транспортных и людских потоков;

– необходимость обновления инженерно-технических коммуникаций в соответствие с энергоэффективными и эксплуатационными требованиями;

– повышение уровня технологического оснащения;

– снижение негативных последствий от работы спортивного объекта на жителей близлежащих домов, в том числе от шумового и светового воздействия;

– развитие и функциональное зонирование прилегающей территории стадиона.

Реализация концептуальных подходов, перечисленных выше, при реконструкции стадионов может затрагивать следующие структурные элементы:

футбольное поле; чашу стадиона, включающая в себя трибуны, подтрибунные помещения и внутренние пространства стадиона; фасад; кровлю и крышу; инженерно-техническое и технологическое обеспечение, в том числе системы безопасности; инфраструктуру прилегающей территории. В таблице 1 концептуальные подходы к реконструкции стадионов дифференцированы / распределены по затрагиваемым структурным элементам, а также обобщены возможные организационно-технологические процессы реконструкции.

Выводы

Сооружение футбольного стадиона является сложно структурированной системой элементов, функционирование которой направлено на качественное и безопасное проведение массовых и спортивных мероприятий. Современные тенденции в проектировании крупных футбольных стадионов носят разносторонний и сопряжённый характер [19] одновременно, при этом эти подходы также находят своё отражение и в проектах реконструкции стадионов, включая применение инновационных технологий, направленных на обеспечение принципов экологически устойчивого развития [20]. В процессе реконструкции исторически значимых стадионов за счёт реализуемых концептуальных идей и подходов формируется и закрепляется положение объекта в сложившейся городской среде. В дальнейшем принятая концепция реконструкции определяет выбор комплекса организационно-технологических решений по её реализации. При этом достижение той или иной идеи может осуществляться

Таблица 1. Вариация организационно-технологических решений в зависимости от концептуальных подходов к реконструкции футбольных стадионов

№ п/п	Структурный элемент	Концептуальный подходы к реконструкции	Организационно-технологические решения
1	Фасад и ограждающие конструкции стадиона	Необходимость сохранения исторического облика стадиона	Реставрация фасадных стен; восстановление декоративных элементов; усиление ограждающих конструкций; замена устаревших конструкций
		Улучшение и создание современного архитектурного облика стадиона	Монтаж новой фасадной оболочки стадиона с сохранением существующих ограждающих конструкций; усиление ограждающих конструкций; замена устаревших конструкций
		Снижение последствий функционирования объекта для благосостояния жителей вблизи стадиона, в том числе шумового и светового воздействия	Монтаж светодиодного регулируемого освещения на фасаде стадиона
2	Крыша и кровля	Адаптация конструкции кровли к природно-климатическим и нормативно-техническим условиям	Монтаж козырька / устройство новой конструкции крыши над трибунами (демонтаж старой конструкции крыши и монтаж новой); расширение зоны покрытия конструкции крыши за пределами стадиона; замена кровельного светопрозрачного покрытия
		Снижение последствий функционирования объекта для благосостояния жителей вблизи стадиона, в том числе шумового и светового воздействия	Монтаж раздвижной крыши; устройство светодиодного медийного экрана на кровле
3	Футбольное поле	Изменение технических характеристик футбольного поля и повышение его функциональности	Замена газонного покрытия поля на натуральное; устройство инженерно-технических систем обеспечения поля под покрытием; монтаж механизированного футбольного поля с устройством подземного хранилища
4	Чаша стадиона, в том числе		
	трибуны	Увеличение вместимости стадиона	Надстройка новых ярусов трибун; перепланировка имеющихся трибун (демонтаж старых трибун, монтаж новых)
		Улучшение обзора футбольного поля с трибун	Изменение конфигурации трибун (демонтаж старых трибун, монтаж новых)
	подтрибунные помещения и внутренние пространства	Изменение функциональной составляющей подтрибунных помещений и внутреннего пространства стадиона	Перепланировка помещений подтрибунного пространства с учётом функционального назначения; пристройка дополнительных площадей с внешней стороны стадиона; устройство смотровых площадок и террас по периметру стадиона
		Оптимизация транспортных, людских и инженерных потоков в пределах стадиона	Монтаж дополнительных эвакуационных и пешеходных лестниц; устройство дополнительных эвакуационных выходов и контрольно-пропускных пунктов различного типа; демонтаж старых эвакуационных башен и устройство новых расширенной конфигурации; устройство в подтрибунном пространстве логистического тоннеля
		Необходимость обеспечения безопасного нахождения и передвижения посетителей и транспорта в пределах стадиона, а также оптимизация транспортных и людских потоков	
		Необходимость совмещения процесса реконструкции с проведением футбольных матчей	Монтаж временных выходов; устройство временного футбольного покрытия
5	Инженерно-техническое обеспечение	Необходимость обновления инженерно-технических коммуникаций в соответствие с энергоэффективными и эксплуатационными требованиями	Модернизация и замена инженерных систем с применением систем автоматического регулирования; монтаж оборудования по использованию возобновляемых источников энергии
6	Технологическое обеспечение, в том числе системы безопасности	Необходимость обеспечения безопасного нахождения и передвижения посетителей и транспорта в пределах стадиона, а также оптимизация транспортных и людских потоков	Модернизация системы безопасности; монтаж систем видеонаблюдения; устройство новейших систем безопасности, соответствующих современному уровню угроз
		Повышение уровня технологического оснащения стадиона	Монтаж современных аудиовизуальных, осветительных и других систем для трансляции футбольных матчей, в том числе панорамных видеозэкранов, цифрового табло
7	Инфраструктура прилегающей территории	Развитие и функциональное зонирование прилегающей территории стадиона	Устройство подъездных путей; парковочных мест; парковой территории с зонами для отдыха и спорта; строительство подземной парковки

через различные организационно-технологические процессы, последующий выбор которых должен предполагать анализ обоснованности и оценку эффективности принятия организационно-технологических решений [21] при реконструкции футбольных стадионов.

Принятые сокращения

РФС – Российский футбольный союз

УЕФА (UEFA) – Союз европейских футбольных ассоциаций

ФИФА (FIFA) – Международная федерация футбола

Список источников

1. Буш, Д.В. Уроки проектирования стадионов Чемпионата мира по футболу 2018 года / Д.В. Буш. – Текст : непосредственный // Academia. Архитектура и строительство. – 2018. – № 2. – С. 5–10.
2. Давыдова, Д.А. Концепция развития территории стадиона «Молот» в городе Перми / Д.А. Давыдова, Е.П. Кузнецова. – DOI: 10.15593/2224-9826/2017.1.01. – Текст : непосредственный // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8, № 1. – С. 5–17.
3. Князева, А.И. Современные тенденции и принципы модернизации стадионов / А.И. Князева, Е.В. Шарова. – Текст : непосредственный // Ползуновский альманах. – 2022. – Т. 1, № 2. – С. 114–116.
4. Перспективы развития стадиона как многофункционального спортивного объекта / В.И. Шумейко, А.И. Евтушенко, А.А. Кудлаева, О.В. Ким. – Текст : электронный // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 2. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4111 (дата обращения 16.04.2024).
5. Океанов, Г.В. Архитектурное формирование уникальных объектов в условиях противоречивых задач и субъективных факторов (на примере спортивных арен футбольных стадионов) / Г.В. Океанов. – DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-5-53-67. – Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2023. – Т. 25, № 5. – С. 53–67.
6. Буш, Д.В. Найти компромисс. Спортивные мегапроекты. ЧМ-2018. Каталог проектов / Д.В. Буш ; под ред. Е. Янина. – Текст : непосредственный. – Екатеринбург : Устойчивое развитие, 2015. – 96 с.
7. Ведяков, И.И. Научно-техническое сопровождение проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации при реконструкции Большой спортивной арены «Лужники» в г. Москве к Чемпионату мира по футболу в 2018 году / И.И. Ведяков, М.И. Фарфель. – Текст : непосредственный // Вестник НИУ «Строительство». – 2019. – № 3 (22). – С. 27–41.
8. Особенности реконструкции Большой спортивной арены стадиона «Лужники» к Чемпионату мира по футболу в 2018 году / М.И. Фарфель, М.И. Гукова, Д.Ю. Коняшин [и др.]. – Текст : непосредственный // Вестник НИЦ «Строительство». – 2017. – № 14. – С. 74–92.
9. Фарфель, М.И. История создания и реконструкций Большой спортивной арены стадиона «Лужники» / М.И. Фарфель. – DOI: 10.37538/2224-9494-2023-3(38)-82-105. – Текст : непосредственный // Вестник НИЦ «Строительство». – 2023. – № 3 (38). – С. 82–105. – URL: <https://vestnik.cstroy.ru/jour/article/view/336> (дата обращения 16.04.2024).
10. Океанов, Г.В. Адаптация архитектурных решений большепролетных светопрозрачных покрытий футбольных стадионов России к работе в режиме «наследие» / Г.В. Океанов. – DOI: 10.33622/0869-7019.2019.05.04-13. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 5. – С. 4–13.
11. Реконструкция БСА «Лужники» // Мосинжпроект : Официальный сайт. – URL: <https://mosinzhpriekt.ru/project/rekonstrukciya-bsa-luzhniki/> (дата обращения 16.04.2024). – Текст : электронный.
12. Казённое предприятие города Москвы «Большая спортивная арена «Лужники» : Официальный сайт. – URL: https://kp-sport.ru/objects/gsa_luzhniki. (дата обращения 16.04.2024). – Текст : электронный.
13. «A Composite Roof for the Stadium of Real Madrid» Wins the JEC Innovation Award // Gavazzi S.p.A. – URL: <https://www.gavazzispa.it/en/news/a-composite-roof-for-the-stadium-of-real-madrid-wins-the-jec-innovation-award/> (дата обращения 16.04.2024). – Текст : электронный.
14. Nuevo Estadio bernabeu : Официальный сайт. – URL: <https://www.nuevoestadiobernabeu.com> (дата обращения 16.04.2024). – Текст : электронный.
15. A Look at the Revamped Santiago Bernabéu Stadium // Designboom. – URL: <https://www.designboom.com/architecture/gmp-architekten-shares-construction-progress-of-real-madrid-revamped-santiago-bernabeu-stadium-09-14-2023/> (дата обращения 16.04.2024). – Текст : электронный.
16. Video Shows Underground Retractable Pitch Being Constructed at Real Madrid Stadium // Dezeen Limited. – URL: <https://www.dezeen.com/2022/08/31/video-retractable-pitch-real-madrid-bernabeu-stadium-revamp/>. – Текст : электронный.
17. «Реал» кардинально перестраивает стадион. Теперь газон хранят на шести этажах под землёй // Чемпионат.com : Новости спорта. – URL: <https://www.championat.com/football/article-5232633-madridskij-real-pokazal-video-s-vydvizhnym-polem-gazon-na-santiago-bernabeu-skladyvaetsya-blokami-pod-zemlyoj.html?ysclid=lta2o6k9pc26510827> (дата обращения 16.04.2024). – Текст : электронный.
18. Real Madrid Unveils Stunning New Roof at Bernabeu: a Game-Changer for Sports Fans! // Hype : Sports Innovation. – URL: <https://www.hypesportsinnovation.com/real-madrid-unveils-stunning-new-roof-at-bernabeu-a-game-changer-for-sports-fans/> (дата обращения 16.04.2024). – Текст : электронный.
19. Скоблицкая, Ю.А. Тенденции архитектурного формирования и градостроительного размещения крупнейших

стадионов / Ю.А. Скоблицкая. – DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-73-82. – Текст : непосредственный // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2023. – № 9. – С. 73–82.

20. Павлов, К.С. Инновационные технологии в экологически устойчивом строительстве спортивных / К. С. Павлов, А. С. Олифер, А. М. Казиахмедов. – Текст : непосредственный // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2023. – № 7. – С. 87–92.

21. Бацаева, М.И. Оценка эффективности организационно-технологических решений при реконструкции зданий / М.И. Бацаева, А.В. Котляревская. – DOI: 0.55287/22275398-2023-2-59. – Текст : непосредственный // Системные технологии. – 2023. – № 2 (47). – С. 59–65.

References

1. Bush D.V. Uroki proektirovaniya stadionov Chempionata mira po futbolu 2018 goda [The Lessons of 2018 FIFA World Cup Stadium Design]. In: *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and Construction], 2018, no. 2, pp. 5–10. (In Russ., abstr.in Engl.)

2. Davydova D.A., Kuznetsova E.P. Kontseptsiya razvitiya territorii stadiona «Molot» v gorode Permi [Concept of "Molot" Stadium Development in Perm]. In: *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura* [Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Construction and Architecture], 2017, Vol. 8, no. 1, pp. 5–17, DOI: 10.15593/2224-9826/2017.1.01. (In Russ., abstr. in Engl.)

3. Knyazeva A. I., Sharova. E. V. Sovremennye tendentsii i printsipy modernizatsii stadionov [Modern Trends and Principles of Stadium Modernization]. In: *Polzunovskii al'manakh* [Polzunovsky almanac], 2022, Vol. 1, no. 2, pp. 114–116. (In Russ.)

4. Shumeiko V.I., Evtushenko A.I., Kudlaeva A.A. Kim O.V. Perspektivy razvitiya stadiona kak mnogofunktsional'nogo sportivnogo ob'ekta [Prospects for the Development of the Stadium as a Multifunctional Sports Facility]. In: *Inzhenernyi vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don], 2017, no. 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4111 (Accessed 04/16/2024). (In Russ.)

5. Okeanov G.V. Arkhitekturnoe formirovanie unikal'nykh ob'ektov v usloviyakh protivorechivyykh zadach i sub'ektivnykh faktorov (na primere sportivnykh aren futbol'nykh stadionov) [Unique architecture in conditions of conflicting objectives and subjective factors (stadium case studies)]. In: *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta* [Journal of Construction and Architecture], 2023, Vol. 25, no. 5, pp. 53–67, DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-5-53-67. (In Russ., abstr.in Engl.)

6. Bush D.V. Naiti kompromiss. Sportivnye megaproekty. ChM-2018. Katalog proektov [To Find a Compromise. Sports Megaprojects. World Cup 2018. Catalog of projects], E. Yanin (ed.). Ekaterinburg, Ustoichivoe razvitie Publ., 2015, 96 p. (In Russ.)

7. Vedyakov I.I., Farfel' M.I. Nauchno-tekhnicheskoe soprovozhdenie proektirovaniya, izgotovleniya, montazha i ekspluatatsii pri rekonstruktsii Bol'shoi sportivnoi areny «Luzhniki» v g. Moskve k Chempionatu mira po futbolu v 2018 godu [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]. In: *Vestnik NIU «Stroitel'stvo»* [Bulletin of Science and Research Center of Construction], 2019, no. 3 (22), pp. 27–41. (In Russ., abstr.in Engl.)

8. Farfel' M.I., Gukova M.I., Konyashin D.Yu. [et al.] Osobennosti rekonstruktsii Bol'shoi sportivnoi areny stadiona «Luzhniki» k Chempionatu mira po futbolu v 2018 godu. In: *Vestnik NITs «Stroitel'stvo»* [Bulletin of Science and Research Center of Construction], 2017, no. 14, pp. 74–92. (In Russ., abstr. in Engl.)

9. Farfel' M.I. Istoriya sozdaniya i rekonstruktsii Bol'shoi sportivnoi areny stadiona «Luzhniki» [History of Creation and Reconstruction of the Grand Sports Arena of the Luzhniki Stadium]. In: *Vestnik NITs «Stroitel'stvo»* [Bulletin of Science and Research Center of Construction], 2023, no. 38 (3), pp. 82–105. DOI: 10.37538/2224-9494-2023-3(38)-82-105. URL: <https://vestnik.cstroy.ru/jour/article/view/336> (Accessed 04/16/2024). (In Russ., abstr.in Engl.)

10. Okeanov G.V. Adaptatsiya arkhitekturnykh reshenii bol'sheproletnykh svetoprozrachnykh pokrytii futbol'nykh stadionov Rossii k rabote v rezhime «nasledie» [Adaptation of Architectural Solutions of Large-Span Translucent Coverings of Football Stadiums of Russia to Work in the "Heritage" Mode]. In: *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2019, no. 5, pp. 4–13, DOI: 10.33622/0869-7019.2019.05.04-13. (In Russ., abstr. in Engl.)

11. Rekonstruktsiya BSA «Luzhniki» [Reconstruction of the Luzhniki BSA Mosinzhproekt : Ofitsial'nyi sait [Mosinzhproekt, Official website]. URL: <https://mosinzhproekt.ru/project/rekonstruktsiya-bsa-luzhniki/> (Accessed 04/16/2024). (In Russ.)

12. Kazennoe predpriyatie goroda Moskvy «Bol'shaya sportivnaya arena «Luzhniki» : Ofitsial'nyi sait [The State Enterprise of the City of Moscow "Grand Sports Arena "Luzhniki", Official website]. URL: https://kp-sport.ru/objects/gsa_luzhniki (Accessed 04/16/2024). (In Russ.)

13. «A Composite Roof for the Stadium of Real Madrid» Wins the JEC Innovation Award. Gavazzi S.p.A. URL: <https://www.gavazzispa.it/en/news/a-composite-roof-for-the-stadium-of-real-madrid-wins-the-jec-innovation-award/> (Accessed 04/16/2024). (In Engl.)

14. Nuevo Estadio bernabeu, Official website. URL: <https://www.nuevoestadiobernabeu.com> Accessed 04/16/2024). (In Engl.)

15. GMP Shares Construction Progress of real Madrid's Revamped Santiago Bernabéu Stadium. Designboom. URL: <https://www.designboom.com/architecture/gmp->

architekten-shares-construction-progress-of-real-madrid-revamped-santiago-bernabeu-stadium-09-14-2023/ (Accessed 04/16/2024). (In Engl.)

16. Video Shows Underground Retractable Pitch Being Constructed at Real Madrid stadium // Dezeen Limited. URL: <https://www.dezeen.com/2022/08/31/video-retractable-pitch-real-madrid-bernabeu-stadium-revamp/> (Accessed 04/16/2024). (In Engl.)

17. «Real» kardinal'no perestraivaet stadion. Teper' gazon khranyat na shesti etazhakh pod zemlei [Real Madrid is Radically Rebuilding the Stadium. Now the Lawn is Stored Six Floors Underground]. *Chempionat.com : Novosti sporta* [Championat.com, Sports News]. URL: <https://www.championat.com/football/article-5232633-madridskij-real-pokazal-video-s-vydvizhnym-polem-gazon-na-santiago-bernabeu-skladyvaetsya-blokami-pod-zemlyoj.html?ysclid=lta2o6k9pc26510827> (Accessed 04/16/2024). (In Russ.)

18. Real Madrid Unveils Stunning New Roof at Bernabeu: a Game-Changer for Sports Fans! HYPE : Sports Innovation. URL: <https://www.hypesportsinnovation.com/real-madrid-unveils-stunning-new-roof-at-bernabeu-a-game-changer-for-sports-fans/> (Accessed 04/16/2024). (In Engl.)

19. Skoblitskaya Yu.A. Tendentsii arkhitekturnogo formirovaniya i gradostroitel'nogo razmeshcheniya krupneishikh stadionov [Trends of Architectural Formation and Urban Planning Arrangement of the Largest Stadiums]. In: *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova* [Bulletin of BSTU Named after V.G. Shukhov], 2023, no. 9, pp. 73–82, DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-9-73-82. (In Russ., abstr. in Engl.)

20. Pavlov K.S., Olifer A.S., Kaziakhmedov A.M. Innovatsionnye tekhnologii v ekologicheski ustoichivom stroitel'stve sportivnykh [Innovative Technologies in Environmentally Sustainable Construction of Sports Facilities]. In: *Vestnik Altaiskoi akademii ekonomiki i prava* [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law], 2023, no. 7, pp. 87–92. (In Russ.)

21. Batsaeva M.I., Kotlyarevskaya A.V. Otsenka effektivnosti organizatsionno-tekhnologicheskikh reshenii pri rekonstruktsii zdaniy [Evaluation of the Effectiveness of Organizational and Technological Solutions in the Reconstruction of Buildings]. In: *Sistemnye tekhnologii*, 2023, no. 2 (47), pp. 59–65, DOI: 0.55287/22275398-2023-2-59. (In Russ.)