

Технологический аспект рационализации решений вантовых покрытий большепролетных объектов спортивного назначения

А.А. Карамышева¹, М.А. Колотиенко¹, Д.В. Гранкина¹,

А.Н. Сотникова²

¹*Донской Государственный Технический Университет, Ростов-на-Дону*

²*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург*

Аннотация: Работа является продолжением исследования вантовых покрытий большепролетных объектов спортивного назначения, в ней сделан акцент на технологический аспект возведения стадионов и дворцов спорта. Благодаря введенному критерию местоположения сборки конструкций, проведена систематизация технологий возведения объектов, на данный момент введенных в эксплуатацию. Итогом работы является сравнительная таблица, позволяющая рационализировать выбор методов укрупнительной сборки и монтажа.

Ключевые слова: вантовое покрытие, большепролетное здание, стальной канат, вант, пилон, спортивный объект, стадион, висячая кровля, монтаж вант, укрупнительная сборка, домкрат, раскружаливание.

В первой части работы обоснована необходимость систематизации ведущих технологических, конструктивных и архитектурных решений, рационализирующих строительство спортивных объектов с применением вантовых покрытий. В результате была сформирована единая таблица, содержащая основные положения по каждому из аспектов возведения сооружений, в зависимости от поставленной на стадии проектирования задачи [1]. Анализируя данную таблицу, а также введенные в эксплуатацию стадионы, возможно заключить, что процесс возведения, в разрезе технологического подхода, неразрывно связан и работает совместно с архитектурными и целевыми особенностями объекта.

К примеру, спортивные объекты, имеющие округлую форму в плане, определяют движение технологических процессов по радиально расположенным захваткам (Дворец Спорта «Юбилейный» (Санкт-Петербург, РФ)). Стадионы, имеющие значительные безбарьерные внутренние пространства, располагают к проведению укрупнительных сборочных работ

непосредственно на территории объекта («Волгоград Арена» (Санкт-Петербург, РФ)). Расположение объекта строительства (зачастую в точках транспортных развязок, в парковых зонах) обеспечивает возможность совмещения сборочных и иных видов работ, путем выноса первых за объект на требуемое расстояние («Olympic Stadium of Athens Spyros Louis» (Athens, Greece)), а так же применения современных компоновочных решений строительной площадки («Зенит-Арена» (Санкт-Петербург, РФ)) [2]. Для систематизации рассматриваемых объектов, введем критерий местоположения сборки конструкций.

1. Укрупнительная сборка с применением устройств и сооружений временного назначения, располагаемых в непосредственной близости к ведению смежного потока работ.

Удачным примером совмещения бетонных и сборочных работ является строительство «Зенит-Арена» (Санкт-Петербург, РФ). Сжатые сроки, предъявляемые к возведению, обусловили отсутствие возможности укрупнительной сборки на «площадке» внутри объекта. Новаторским решением стало устройство специализированной стапельной платформы. Установка в проектное положение смонтированных элементов производилась путем попарной надвигки, после чего была произведена окончательная сборка опорного кольца крыши. Следующие этапы заключались в монтаже пилонов и опорных элементов ферм, обеспечивающих динамическое устройство покрытия. Монтаж вант был произведен перед раскружаливанием (комплекс мероприятий по равномерному удалению лесов и последующему удалению несущей опалубки) и монтажом настила. Окончательным этапом послужил демонтаж специальных временных сооружений и устройств вспомогательного назначения (СВСиУ далее). Усложнение технологической схемы производства работ было вызвано тем, что проведение бетонных работ

затрудняло устройство требуемого количества временных опор. Решение передвигать блоки по накаточным путям являлось удачной комбинацией мер по оптимизации технологи и архитектурных возможностей радиально-кольцевой конструкции кровли [3]. Сама конструкция вантового покрытия примечательна тем, что способна находиться в «открытом» или «закрытом» состояниях, благодаря применению специальных передвижных приводных механизмов. Разработка уникального проекта принадлежит институту «Гипростроймост» (Санкт-Петербург, РФ), а её воплощение стало возможным благодаря проектированию производства работ одновременно с проектированием конструктивных и архитектурных решений объекта.

В данном контексте необходимо упомянуть, что монтаж вантовых покрытий зачастую затруднен отсутствием систематизированной и универсальной нормативной базы, а сложность и уникальность возводимых конструкций подразумевает разработку индивидуальных проектов работ для каждого объекта.

2. Укрупнительная сборка с созданием дополнительной строительной площадки, за основными пределами объекта строительства.

С целью конкретизации и углубления вопроса укрупнительной сборки на приобъектных дополнительных площадках, рассмотрим детально процесс возведения ранее упомянутого олимпийского стадиона имени Спиридона Луи «Olympic Stadium of Athens Spyros Louis» (Athens, Greece) [1,4]. Реконструирование объекта проводилось в сжатых временных рамках, что отразилось на проекте производства работ [5, 6]. На модернизируемый стадион за 14 месяцев требовалось установить новую кровлю, с целью обеспечить его соответствие требованиям, предъявляемым к олимпийским объектам. Устройство конструкции весом порядка 19 000 тонн, помимо ванн, включало монтаж: парных арок диаметрами 3,2 м. и 3,6 м; четырех опор

удерживающих вес конструкции (20 м. на 16 м.); 5000 листов поликарбонатных листов (толщина 16 мм.) на стальном каркасе. По окончании работ было установлено покрытие общей площадью 24 000 м. кв. Общий вес новой конструкции, а также обнаруженные в ходе геологических работ карманы мягких почв (некоторые из геотехнических испытаний были проведены на глубине порядка 100 м.) стали причиной включения в график работ усложненного варианта укрепления фундамента. В кратчайшие сроки были установлены 4 группы буронабивных свай под опоры арок, а так же фундаменты под временные стальные опоры, служащие для сборки конструктивных элементов кровли и покрытия. Проводимые параллельно работы по реставрации стадиона определили требуемое расстояние от места укрупнительной сборки до основной строительной площадки –70 м. Помимо параллельной компоновки процессов, данное решение обусловлено неспособностью изначально возведенного стадиона воспринять нагрузки от новой конструкции, до проведения работ по усилению. Последующая сборка арочных элементов позволила доставить их судоходным способом, разбив на 62 части верхнюю трубу и на 40- нижнюю. Доставленные элементы верхней арки комплектовались у подножья башен, для последующего подъема домкратами и соединения дополнительными деталями на болтовом крепеже. Расстояние до проектной оси составило 71 м. Арка большего диаметра была разбита на три блока, сваренных на нулевой отметке. Первой была размещена на монтажной башне центральная часть, затем сваркой к ней были прикреплены два боковых блока. Расстояние до проектной отметки составило 61 м. Различный метод сборки обусловлен различием в весе и сечении конструкций, а именно- повышенной концентрацией скручивающих усилий в трубе большого диаметра. Перемещение арок производилось путем плавного скольжения по бетонным балкам длиной 70 м., на которых располагался передвижной рельсовый механизм на базе домкрата. Под

рельсы так же был устроен свайный фундамент [4]. В процессе перемещения (порядка трех дней) проводился непрерывный мониторинг деформативных явлений в конструкциях.

3. Укрупнительная сборка внутри объекта строительства.

Благодаря значительным размерам безбарьерного пространства внутри спортивных объектов удобен способ монтажа конструкций кровли, к примеру для стадионов, подъемом от площадки игрового поля. Примером эффективной работы архитектурных решений направленной на оптимизацию сборочных и монтажных работ является строительство дворца спорта «Юбилейный» (Санкт-Петербург, РФ). Выбор двухпоясных безраскосных вантовых ферм позволил упростить монтаж и повысить удобство проведения работ по предварительному напряжению конструкций покрытия [7]. Площадка внутри дворца имеет диаметр более 90 м., что позволило разместить на ней предварительно укрупненные по средствам сборки элементы. Покрытие состоит из радиальной системы 48 вантовых ферм, пояса которых включают вертикальными распорками. Жесткость покрытия обеспечена вертикальными связями, расположенными совместно с распорками, а узел крепления вант выполнен с заливкой. Подробный анализ конструктивных решений будет произведен в третьей части исследования. Возвращаясь к технологическим аспектам строительства, следует отметить, что процесс возведения покрытия так же представляет интерес, главным образом- своей технологической простотой. Сборка вантовых элементов производилась на нулевой отметке в деревянных кондукторах, с последующим подъемом крановой траверсой (монтажной фермой) в проектное положение к опорному контуру. Внутреннее кольцо покрытия располагалось на монтажной башне. Натяжение стабилизирующих вант было выполнено системой синхронизированных домкратов у верхнего внутреннего кольца [8], процесс был разбит на 12 захваток. Монтаж

покрытия произведен после монтажа наружных колонн с консолями, сборных секторов опорного кольца и бетонирования с последующим замоноличиванием стыковых швов.

Основой для разработки технологии возведения спортивного объекта с вантовым покрытием, должно служить комплексное решение, согласованное с функциональным назначением объекта, его архитектурой, требованиями оптимизации изготовления и монтажа конструкций [9]. Итоговый проект должен отвечать повышенным требованиям к технической, экономической и эксплуатационной обоснованности [10]. В составленной таблице дана сравнительная характеристика основных вариантов организации строительной площадки для сборки и монтажа вантовых покрытий спортивных объектов разработок (таблица №1).

Таблица № 1

Сравнительная характеристика различных методов организации строительной площадки для проведения укрупнительной сборки и монтажа вантовых покрытий большепролетных объектов спортивного назначения

Метод	Оптимизирующие решения	Сопутствующие затруднения
Первый	1. Возможность параллельного ведения двух (оптимально) процессов; 2. Сокращение сроков строительства; 3. Рациональность применения метода «надвига».	1. Повышение количества бригад; 2. Необходимость в согласовании процессов: 2.1. надвига и сборки; 2.2. двух ведущих процессов.
Второй	1. Возможность параллельного ведения двух и более процессов;	1. Потребность в проектировании процесса транспортировки

	<p>2. Доступ техники и транспорта к месту сборки;</p> <p>3. Значительное сокращение сроков;</p> <p>4. Применимость на объектах значительных габаритов в плане;</p> <p>5. Оптимальность при работах по реконструкции объектов;</p> <p>6. Рациональность сборки элементов на проектной отметке с последующей установкой в проектное положение путем перемещения катучих опор по рельсовым путям.</p>	<p>конструкции от места сборки;</p> <p>2. Значительное повышение количества бригад;</p> <p>3. Большой объем затрат на монтаж и демонтаж СВСиУ;</p> <p>4. Потребность в увеличении длины временных линий снабжения площадки;</p> <p>5. Значительное увеличение размеров строительной площадки за счет приобъектных площадей</p>
Третий	<p>1. Простота исполнения и проектирования;</p> <p>2. Снижение количества рабочих бригад;</p> <p>3. Удобство при устройстве радиальных вант;</p> <p>4. Удобство при строительстве в условиях плотной приобъектной застройки;</p> <p>5. Минимальный объем СВСиУ.</p>	<p>1. Повышение временных затрат;</p> <p>2. Отсутствие возможности ведения параллельного процесса;</p> <p>3. Затруднение в доступе техники к месту сборки и монтажа;</p> <p>4. Применимость ограничена на сравнительно малых</p>



		объектах.
--	--	-----------

Литература

1. Карамышева А.А., Строев Д.А., Колотиенко М.А. Рационализация технологических, конструктивных и архитектурных решений вантовых покрытий большепролетных объектов спортивного назначения // Инженерный вестник Дона, 2019, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2019/5930.
2. Шумейко В. И., Евтушенко А.И., Кудлаева А.А. Перспективы развития стадиона как многофункционального спортивного объекта // Инженерный вестник Дона, 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4111.
3. Юркень Н.В., Колюшев И.Е., Скорик О. Г. Формула Моста. РФ: Origami Books, 2018. С. 130-133.
4. Spiro Pollalis N. The roof of the olympic stadium for the 2004 athens olympic games // Harvard Design School, 2006, №6. URL: gsd.harvard.edu/wp-content/uploads/2016/06/pollalis-case-OACA-v1.pdf
5. Pedersen P.M., Thibault L. Contemporary Sport Management. UK: Human Kinetics, 2018. 340 p.
6. Traganou J., Mitrasinovic M. Travel, Space, Architecture. Design and the Built Environment. UK: Ashgate Publishing, 2012. pp. 216-2017.
7. Muttoni A. The Art of Structures: Introduction to the Functioning of Structures in Architecture. Switzerland: EPFL Press, 2011. p. 82.
8. Zoltowski K. Large roofing // XIII International Conference on Metal Structures in Poland «Recent Progress in Steel and Composite Structures USA: CRC Press, 2016. pp. 41-47.
9. Cox P. S. Cox Architects and Planners. USA: Images Publishing, 2008. pp. 18-20.



10. Еремеев П. Г. Особенности проектирования уникальных большепролётных зданий и сооружений // Современное промышленное и гражданское строительство. 2006. № 1. С. 5-15.

References

1. Karamysheva A.A., Stroyev D.A., Kolotiyenko M.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2019, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2019/5930.

2. Shumeyko V. I., Yevtushenko A.I., Kudlayeva A.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4111.

3. Yurken' N.V., Kolyushev I.Ye., Skorik O. G. Formula Mosta [Formula of the Bridge]. RF: Origami Books, 2018. pp. 130-133.

4. Spiro Pollalis N. Harvard Design School (USA), 2006, №6. URL: gsd.harvard.edu/wp-content/uploads/2016/06/pollalis-case-OACA-v1.pdf.

5. Pedersen P.M., Thibault L. Contemporary Sport Management. UK: Human Kinetics, 2018. 340 p.

6. Traganou J., Mitrasinovic M. Travel, Space, Architecture. Design and the Built Environment. UK: Ashgate Publishing, 2012. pp. 216-2017.

7. Muttoni A. The Art of Structures: Introduction to the Functioning of Structures in Architecture. Switzerland: EPFL Press, 2011. p. 82.

8. Zoltowski K. Large roofing. XIII International Conference on Metal Structures in Poland «Recent Progress in Steel and Composite Structures USA: CRC Press, 2016. pp. 41-47.

9. Cox P. S. Cox Architects and Planners. USA: Images Publishing, 2008. pp. 18-20.

10. Yeremeyev P. G. Sovremennoye ppromyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo. 2006. № 1. pp. 5-15.