

Архитектурные особенности современных стадионных конструкций покрытия

Тютин Анастасия Дмитриевна, магистр 1 курса
Ахматов Исмаил Даниялович, магистр 1 курса
Леонтьев Юрий Андреевич, магистр 1 курса
Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону)

Данная статья посвящена особенностям современных стадионных конструкций покрытия. Авторы рассмотрели все существующие на сегодняшний день основные структурные формы стадионных крыш подробно описав их конструктивные особенности и возможные варианты используемых материалов. Особое внимание в статье уделено рассмотрению как положительных, так и отрицательных качеств конструкций покрытия. В работе содержатся выводы, основанные на сравнении описаний различных форм стадионных крыш.

Ключевые слова: строительство, архитектура, кровля, крыша, стадион, большепролетное здание.

Стадионы – это больше, чем просто объекты для организованного спорта. Эти места предлагают место сбора для людей с общими интересами, обеспечивают экономические выгоды для окружающего общества [1].

Крыша стадиона является важнейшей частью его конструкции. Сами стадионы существуют уже тысячи лет. Фактически первый стадион был построен в Греции еще в восьмом веке до нашей эры. Однако, только в 1965 году, на стадионе в Хьюстоне была впервые применена крыша для проведения спортивных мероприятий. Такие конструктивные решения стали следствием промышленной революции девятнадцатого века, позволившей увеличить выпуск стали и использовать большепролетные конструкции, в частности, для куполов и ферм. Ниже приведены описания некоторых наиболее распространенных форм стадионных крыш.

1. Конструкция из столбов и балок.

Столб и балка – это простейшая конструктивная система, состоящая из двух элементов. Сначала устанавливают колонны и большими балками соединяют столбцы. Затем между большими балками помещаются балки меньшего размера, которые поддерживают верхнюю конструкцию крыши. По сравнению с более сложной структурной системой, система стоек и балок дешевле и проще в строительстве. Основным недостатком использования конструкции столбов и балок является то, что она ограничивает геометрию стадиона до формы с линейными краями. Кроме того, в зависимости от расположения столбов, они могут затруднять обзор для зрителей [2].

2. Конструкция стойки ворот.

Такая конструкция очень похожа на предыдущую, состоящую из стоек и балок, за исключением того, что она имеет только колонны по периметру. Это означает, что каждая секция крыши опирается на одну балку. Подобно конструкции столбов и балок стадионы, построенные с использованием стоек ворот, ограничены прямоугольной формой. Еще одним недостатком этой системы является необходимость регулярного осмотра и технического обслуживания, поскольку вся крыша зависит от одной балки. Такая конструкция, как правило, относительно недорога, хотя стоимость в значительной степени зависит от пролета, который должен быть покрыт, и размера основных балок. Система работает оптимально, когда

вокруг игрового поля построены отдельные секции для сидения и нет необходимости в сидячих местах на стыковых площадках.

3. Консольная конструкция.

Консольные конструкции крыши опираются на внешний конец и свободно нависают над трибунами. Как и в случае простой консольной балки, нагрузка переносится на поддерживаемую кромку. Основным преимуществом консольной крыши является беспрепятственный обзор, гарантируемый зрителям. Консольные крыши не ограничиваются прямоугольными формами. Они зачастую находят применение на круглых и эллиптических стадионах. Консольные крыши могут покрывать любую длину. Как и любая другая конструкционная система, консольные крыши имеют свои недостатки. Одна из проблем – фактор стоимости; когда длина кантилевера становится слишком большой, стоимость элементов конструкции становится чрезмерно высокой [3]. Повышенная чувствительность к силе ветра – еще одно важное, ограничивающее применение соображение консольных крыш. В том случае, когда ожидается высокая ветровая подъемная сила, опоры на внешних краях должны быть относительно большими, чтобы выдерживать создаваемое усилие. Это, в свою очередь, снижает возможность применения тонкого профиля, к которому стремятся дизайнеры.

4. Конструкция бетонной оболочки.

Бетон представляет собой материал, которому можно придать различные изгибы и геометрические формы. Инженерные достижения последних лет повысили прочность бетона, что позволяет использовать его для создания оболочек, представляющих собой структуры с тонкой поверхностью, имеющих изгиб в одном или нескольких направлениях. Бетонные оболочки крыш наиболее примечательны своей эстетикой. Чтобы помочь повысить их визуальную элегантность, конструкции часто имеют самоочищающиеся поверхности сверху и снизу. Негативными аспектами использования бетонных оболочек являются относительно высокая стоимость и повышенные требования к квалификации инженерного персонала [4]. Для оболочечных конструкций рекомендуется использовать предварительно отлитые изделия.

5. Тороидальная конструкция.

Такая конструкция крыши подходит только для круглых или эллиптических стадионов и представляет собой двухкольцевую систему сжатия и растяжения. Данная крыша состоит из компрессионного кольца снаружи и натяжного кольца внутри, что придает ей форму тора. Эти два кольца соединены с радиальными элементами, несущими кровельное покрытие. Крыши, использующие эту конструктивную систему, могут легко перекрывать большие глубины. Современные стадионы модифицировали простую кольцевую систему, что позволило добиться уникального дизайна. Это было достигнуто применением ткани в конструкции крыши, созданием различных геометрии радиальных элементов, а также путем размещения колец в плоскости друг друга так, чтобы создавались объемные кровли [5].

6. Вантовые конструкции.

Подобные структуры состоят из двух частей: структурной трехмерной стальной сетки из стальных тросов и тканевого покрытия. Покрытие, как правило, состоит из пластика: акрил, ПВХ, поликарбонат и другие ткани. Математический анализ и часто используется для определения оптимального расположения стальных тросов, чтобы конструкция находилась в полном напряжении. По этой причине для систем вантовых покрытий требуются проектировщики, которые специализируются на анализе методом конечных элементов.

7. Мембранная конструкция.

В отличие от вантовых, кровельное покрытие мембранной конструкции обеспечивает как крышу, так и корпус стадиона. Эта система дает возможность создать высокоэстетичную форму, с большими пролетами, что создает исключительные характеристики освещения, часто недостижимые с использованием обычных материалов и систем. Два самых популярных материала для выбора мембраны – полиэфирная ткань с ПВХ – покрытием и стекловолоконная ткань с тефлоновым покрытием. Можно использовать стеклоткань с покрытием PTFE. Последний вариант более дорогой, но имеет гораздо более длительный срок службы [6]. Покрытие из ПВХ со временем становится липким и требует частой очистки при эксплуатации. Тефлон обеспечивает самоочищаемость поверхности. В некоторых странах есть запрет на использование стекловолокна с покрытием из ПТФЭ, поскольку оно выделяет токсичные пары в случае пожара. По этой причине для таких кровельных систем требуются опытные проектировщики и

пожарные. Основным преимуществом мембранных структур является то, что они могут применяться к любой геометрической форме стадиона. Они также обеспечивают более воздушный и открытый вид, поскольку не нуждаются в плотном стальном каркасе. В зависимости от выбора материала мембраны имеется также безусловное преимущество естественного освещения. Типичное пропускание дневного света составляет от 9% до 18%, что значительно снижает необходимость искусственного освещения. Мембранные материалы также обладают высокой отражающей способностью, возвращая 75-85% тепла и света снаружи. Это отражающее качество также применимо к внутреннему освещению, поэтому снижение интенсивности светового потока, необходимого в ночное время, составляет более чем 40%.

8. Конструкции крыш с воздушной опорой.

Последняя конструкция крыши, которую стоит обсудить, это крыша с воздушной опорой: пластиковая мембрана, образующая кожух и поддерживаемая внутренним давлением, создаваемым вентиляторами или компрессорами. Конструктивная целостность кровли обеспечивается сжатием воздуха и это позволяет конструкции находиться в рабочем состоянии до тех пор, пока осуществляется его непрерывная подача воздуха. Крыши с воздушной опорой имеют низкие капитальные затраты на их производство, монтаж и содержание, однако у них короткий расчетный срок службы и вероятность механических повреждений [7].

9. Объединение конструкций.

По мере того, как дизайнеры становятся более изобретательными и пытаются создавать новые структурные формы, они склонны комбинировать разные системы. Большинство обсуждаемых систем можно модифицировать и объединять вместе для создания кровельных конструкций. Например, система колец сжатия и растяжения может быть совмещена с мембранной тканью или бетонной оболочкой для создания целостной конструкции.

Стадионная крыша является наиболее важной ее частью, требующей пристального внимания. В настоящее время существует достаточное количество разнообразных стадионных кровель, имеющих широкий диапазон свойств, отвечающих самым взыскательным требованиям. Наиболее перспективными в настоящий момент являются комбинированные или объединенные конструкции покрытия.

Литература:

1. 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
2. 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.
3. ZUK, Willian and H.Clark, Roger.Kinetic Architecture. New York : Van Nostrand Reinhold Company, 1970.
4. Fox, Micheal and Kemp, Miles.Interactive Architecture. New York : Princeton Architectural Press, 2009. ISBN 978-1-56898-836-8
5. Tzoins, Alexander.Architecture Record : Santiago Calatrava Gold Medalist. USA : Mcgraw Hill Company, May 2005.
6. Holgate, Alan. The Art Of Structural Engineering : The Work Of Jorg Schlaich And His Team. Stuttgart : Edition Axel Menges, 1997. ISBN 3-930698-67-6.

www.esa-conference.ru

7. Friedman, Noémi and Farkas, György. Roof Structures in Motion: On retractable and deployable roof Structures. Concrete Structures. Hungary : Hungarian group of FIB, 2011. Vol. 12.