

Влияние соблюдения проектной технологии сборки каркасных купольных покрытий на качество построенного объекта и его эксплуатационные свойства

Ю.С. Кунин, И.Л. Абрамов, О.Б. Забелина

Московский государственный строительный университет

Аннотация: В статье исследовано влияние соблюдения технологии сборки каркасных купольных покрытий, заданной по проекту, на качество построенного объекта. Тема эта достаточно актуальна, поскольку покрытия зданий, возведенных по указанной технологии, часто встречаются в современных бизнес-кластерах. Естественно, что потенциальные инвесторы заинтересованы в безупречном качестве и надежных эксплуатационных свойствах подобных конструкций строительных объектов. Авторами рассмотрены особенности возведения каркасно-купольных конструкций, отмечены их плюсы и минусы; проведен анализ технического обследования одного из торгово-развлекательных центров, на примере которого показано, к каким последствиям приводит неточное соблюдение заданной технологии монтажа конструкций. На основании результатов технического обследования здания даны рекомендации по безопасной эксплуатации несущих конструкций купола.

Ключевые слова: стальные конструкции, каркасно-купольные объекты, монтаж купольных покрытий, техническое обследование купольных покрытий, дефекты сферических оболочек.

Большое количество современных объектов общественного назначения (торговые центры, спортивные сооружения, выставочные залы и т.п.) имеет каркасно-купольную конструкцию. Все чаще застройщики останавливают свой выбор именно на таком архитектурном решении [1, 2]. Возрастающую популярность каркасных купольных зданий и сооружений можно объяснить рядом преимуществ, которыми они обладают:

1. Наиболее рациональное использование пространства. Меньшая поверхность стен по сравнению с прямоугольными строениями.
 2. Поскольку каркасно-купольная конструкция имеет небольшой вес, снижаются затраты на устройство фундамента.
 3. В строениях с покрытием купольного типа удобно устраивать систему вентиляции, отопления и кондиционирования. Округлая форма
-

конструкции способствует естественному перемешиванию воздуха.

4. Такая конструкция ветроустойчива за счет своей обтекаемой формы.

5. Не нужно создавать дополнительные опоры (поскольку сама конструкция является несущим элементом). Это позволяет осуществлять свободную планировку внутри здания.

6. Каркасные купольные строения обладают высокой энергоэффективностью (за счет меньшей площади отдачи тепла). Кроме того, в сферическом здании нет холодных углов и потолочных стыков, через которые происходят большие потери тепла.

7. Конструкция имеет хорошую сейсмическую устойчивость.

8. Современный и оригинальный дизайн.

9. Доступная технология сборки. Монтажники собирают каркасы на земле, после чего конструкция монтируется специализированной техникой в проектное положение. За счет сокращения работ на высоте установка сборных конструкций происходит в максимально сжатые сроки.

Однако ни одна технология не идеальна. Есть недостатки и у каркасно-купольной конструкции зданий. Следует знать о них и принимать во внимание:

1. Провести расчеты для такого типа сооружения довольно сложно, поскольку они ведутся не в двух, а в трех плоскостях.

2. Небольшой выбор материалов для внешней отделки. Многие материалы из-за их формы или жесткости неудобно использовать.

3. Из-за округлых стен ограничен выбор материалов для внутренней отделки.

Технология устройства купольного покрытия сооружения предполагает возведение несущего каркаса одного из двух типов:

1. Геодезический купол.

2. Стратодезический купол.

Геодезический купол представляет собой каркас в форме сферы, который собирается из треугольных ячеек. Чем больше ячеек в куполе, тем больше несущая способность конструкции. Треугольники соединяются между собой крепёжным элементом особой формы - коннектором.

Этот вид каркасно-купольного строительства часто применяется в зданиях, где при минимальном весе необходимо получить максимальный объём помещения (стадионы, производственные здания, склады, выставочные центры и т.д.) [3-5].

Стратодезический купол имеет осевую симметрию и образован гнутыми дуговыми стойками, сходящимися в одной точке. Горизонтальные перемычки опоясывают каркас по кругу. Отличие от геодезических куполов заключается в том, что параллельно со сборкой каркаса должна осуществляться обшивка стен, иначе необходимой устойчивости у здания не будет. Без обшивки каркас сложится.

Соединение балок стратодезического купола происходит за счёт их врезки друг в друга с помощью замков, коннекторы при этом не используются. Стыки дополнительно фиксируются болтами и нагелями.

Необходимо строго соблюдать технологию строительства каркасно-купольных конструкций. Любое отступление может повлечь за собой ухудшение качества и эксплуатационных свойств всего объекта [6].

Так, например, при проведении технического обследования одного из торгово-развлекательных центров были выявлены нарушения технологии монтажа конструкций, ставшие причиной возникновения ряда дефектов.

Конструкции купола этого здания выполнены в виде пространственного стального каркаса, из секций с шагом 9х9 м [7]. Главные балки шарнирно опираются на эластомеры, которые крепятся к монолитному железобетонному опорному кольцу. Металлические главные балки соединены сварными швами. Связь между главными балками и прогонами

осуществляется при помощи цилиндров $\varnothing 650$ мм и малых цилиндров $\varnothing 219$ мм. Соединения пространственных решеток секций выполнены на высокопрочных болтах М16х85 мм. По проекту для создания повышенной жесткости узлов соединения должны быть фрикционными, то есть работающими на трение при затяжке болтов (рис.1).

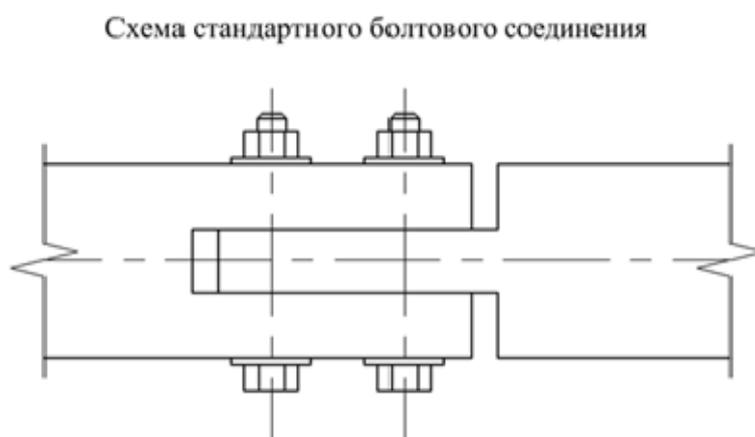


Рис. 1. – Схема стандартного болтового соединения

При монтаже купольного покрытия были использованы светопрозрачные конструкции из алюминиевого профиля. По проекту алюминиевые профили покрытия крепятся к стержням решетки при помощи уголков и пластин. В осях поверх прогонов уложен профилированный стальной лист.

В результате обследования узлов конструкций купола путем визуального осмотра были отмечены следующие дефекты и повреждения [8]:

- нарушение соосности соединяемых элементов (рис. 2);
- зазоры между пластинами в болтовом соединении, в отдельных местах не затянуты или отсутствуют гайки (рис. 3);

Нарушение соосности соединяемых деталей

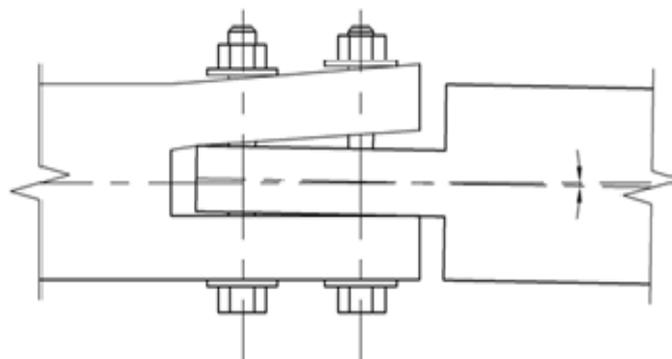


Рис. 2. – Нарушение соосности соединяемых деталей

Зазор между пластинами в узле

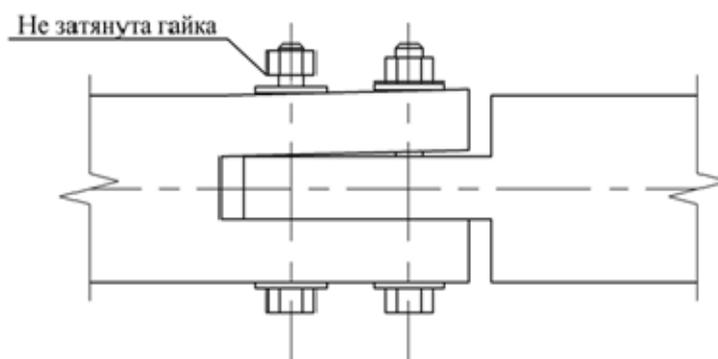


Рис. 3. – Зазор между пластинами в узле

- в отдельных местах при монтаже для уменьшения зазора и для создания фрикционного соединения между пластинами был установлен набор тонких пластин, что привело к уменьшению зазора, но не создало фрикционного соединения (рис. 4);

- трещины в боковых и центральных пластинах болтовых соединений, в отдельных местах трещины заварены во время монтажа (рис. 5);

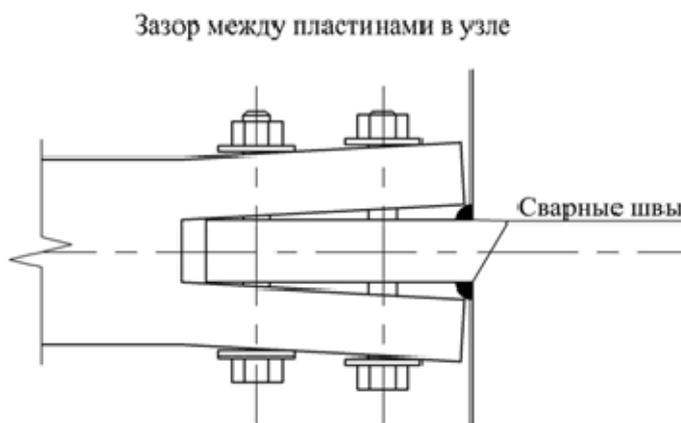


Рис. 4. – Зазор между пластинами в узле с применением дополнительных тонких пластин

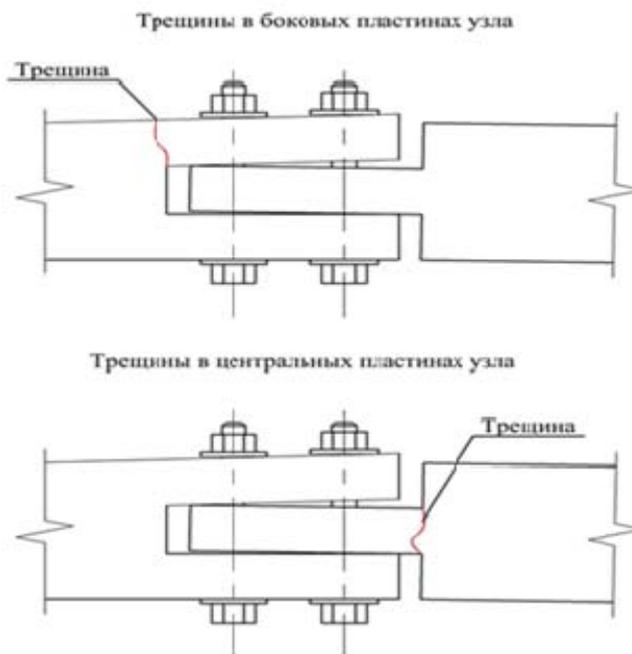


Рис. 5. – Расположение трещин в соединениях

- трещины в стеклах светопрозрачных панелей купола;
- поверхностная коррозия стальных элементов узлов решетки купола с повреждением лакокрасочного покрытия из-за протечек через швы между светопрозрачными панелями. Повсеместное повреждение и разрушение уплотнителя в швах между светопрозрачными панелями.

В результате обследования узлов конструкций купола путем визуального контроля были отмечены следующие отклонения от проекта:

- изменение геометрии отдельных элементов купола при монтаже (удлинение и укорочение стальных стержней решетки и пластин болтовых соединений, смещение положения пластин);
- смещение (создание эксцентриситета) опорных пластин крепления светопрозрачных панелей купола от осей до 120 мм (рис. 6).

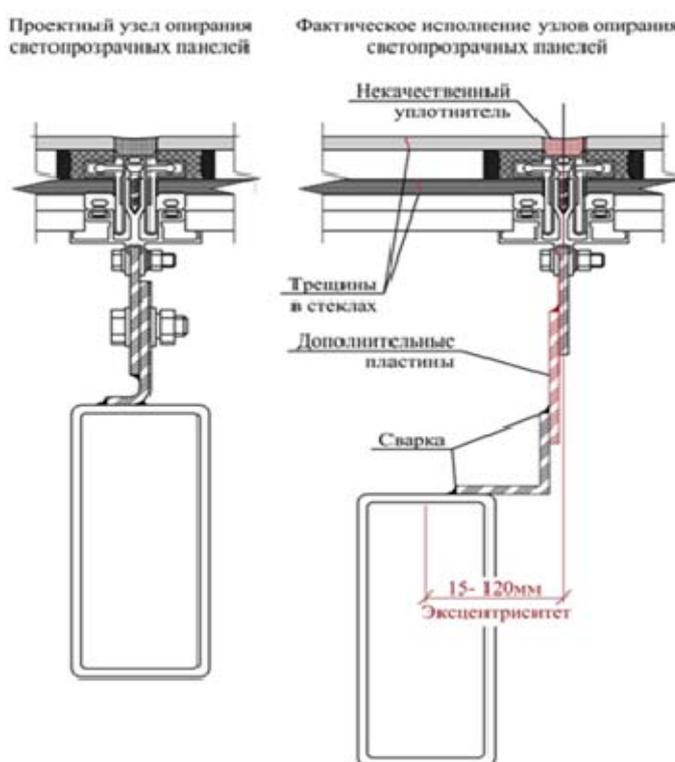


Рис. 6. – Смещение опорных пластин крепления светопрозрачных панелей купола от осей

Заключение

Болтовые соединения стержней решетки купола выполнены с отклонением от проекта, не было создано фрикционное болтовое соединение пластин, выявлены зазоры, смещения, в отдельных узлах отсутствовали или не были затянуты гайки, на момент обследования болты работали на срез. Также были установлены некачественные уплотнители в швах между светопрозрачными панелями. В результате чего за год эксплуатации материал швов потерял упругопластические свойства, что привело к повсеместным протечкам и повреждению лакокрасочного покрытия с поверхностной коррозией узлов стальных элементов купола [9].

Для дальнейшей безопасной эксплуатации несущих конструкций купола рекомендуется:

1. Выполнить болтовые фрикционные соединения пластин согласно проекту.
2. Заменить треснувшие светопрозрачные панели и уплотнители швов.
3. Выполнить усиление узлов крепления светопрозрачных панелей со смещением более 310 мм.
4. Восстановить поврежденное лакокрасочное покрытие.
5. Выполнить проверочный расчет конструкций с учетом отмеченных дефектов.

Следует еще раз подчеркнуть, что только при условии неукоснительного соблюдения технологии монтажа стальных сферических конструкций можно избежать негативных последствий в виде снижения качества и эксплуатационных характеристик здания [10, 11, 12, 13].

Литература

1. Маклакова Т.Г., Шарапенко В.Г., Банцера О.Л., Рылько М.А. Архитектурно-конструктивное проектирование зданий. М.: АСВ, 2017. 432 с.
 2. Ким Д.А. Роль купольных зданий в архитектуре будущего // Инженерный вестник Дона. 2018. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4687.
 3. Травуш В.И., Антошкин В.Д., Святкина А.Ю. Геодезические купола из парных арок одного радиуса // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. №6. С. 98-106.
 4. Лахов А.Я. Двухконтурные геодезические оболочки с пятигранными пирамидами // Инженерный вестник Дона. 2019. №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2019/6021.
 5. Hay D.A., Adam F.M., Bish G., Calo F., Fray M.J., Jones P., Paradowski M., Parsons G.C., Proctor K.J.W., Pryde D.S., Smith N.N., Dixon R., Hitchin J. A flexible synthesis of c-6 and n-1 analogues of a 4-amino-1,3-dihydroimidazo[4,5-c]pyridin-2-one core // Tetrahedron letters. 2011. № 44. S. 5728-5732.
 6. Казаков Ю.Н., Адам Ф.М., Концепция технологии монтажа быстровозводимых и трансформирующихся конструкций // Архитектура-Строительство-Транспорт. Материалы 73-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. 2017, С. 53-60.
 7. Горев В.В., Уваров Б.Ю., Филиппов В.В., Белый Г.И, Валь В.Н., Енджиевский Л.В., Крылов И.И., Ольков Я.И., Сабуров В.Ф. Металлические конструкции. Том 2: Конструкции зданий. М.: Высш. шк., 2002. 528 с.
 8. Ерёмин К.И., Кунин Ю.С., Матвеюшкин С.А., Алексеева Е.Л. Атлас дефектов и повреждений эксплуатируемых строительных конструкций. Магнитогорск, 2010. 162 с.
-

9. Адам Ф.М. Современные проблемы обследования технического состояния зданий и сооружений // Вестник гражданских инженеров. 2005. № 4 (5). С. 66-69.

10. Шрейбер К.А. Технология производства ремонтно-строительных работ. М.: АСВ, 2014. 264 с.

11. Ершов М.Н., Ишин А.В., Олейник П.П., Лapidус А.А., Теличенко В.И., Туманов Д.К., Фельдман О.А. Технологические и организационные аспекты реконструкции зданий // Технология и организация строительного производства. 2014. №3. С. 10-17.

12. Казарян Р.Р., Шатрова А.И., Чулков В.О. О некоторых аспектах календарного планирования процессов и результатов переустройства строительных объектов // БСТ: бюллетень строительной техники. 2018. №8. С. 67-68.

13. Abramov I.L., Stepanov A., Ibrahim J. Advantages of pre-fabricated reinforced concrete construction in Iraq // MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 117. Article num. 00001. P 6. DOI: 10.1051/matecconf/201711700001.

References

1. Maklakova T.G., Sharapehko V.G., Bancerova O.L., Rylko M.A. Arkhitekturno-konstruktivnoe proektirovanie zdaniy [Architectural and structural design of buildings]. Moscow: АСВ, 2017. 432 p.

2. Kim D.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4687.

3. Travush V.I., Antoshkin V.D., Svyatkina A.J. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2018. № 6. pp. 98-106.

4. Lakhov A.Y. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N6y2019/6021.

5. Hay D.A., Adam F.M., Bish G., Calo F., Fray M.J., Jones P., Paradowski M., Parsons G.C., Proctor K.J.W., Pryde D.S., Smith N.N., Dixon R., Hitchin J. Tetrahedron letters. 2011. № 44. pp. 5728-5732.

6. Kazakov Yu.N., Adam F.M. Architecture-Construction-Transport. Materials of the 73rd scientific conference of professors, teachers, researchers, engineers and graduate students of the university. 2017, pp. 53-60.

7. Gorev V.V., Uvarov B.Yu., Filippov V.V., Bely G.I., Val V.N., Endzhievsky L.V., Krylov I.I., Olkov Y.I., Saburov V.F. Metallicheskie konstruktsii. Tom 2: Konstruktsii zdaniy [Metal constructions. Volume 2: Building structures]. Moscow, 2002. 528 p.

8. Eryomin K.I., Kunin Yu.S., Matveyushkin S.A., Alekseeva E.L. Atlas defektov i povrezhdeniy ekspluatiruemykh stroitel'nykh konstruktsiy [Atlas of defects and damages of the operating building structures]. Magnitogorsk, 2010. 162 p.

9. Adam F.M. Bulletin of civil engineers. 2005. No. 4 (5). pp. 66-69.

10. Schreiber K.A. Tekhnologiya proizvodstva remontno-stroitel'nykh rabot [Technology of performing of repair and construction works]. Moscow: ACB, 2014. 264 p.

11. Ershov M.N., Ishin A.V., Oleinik P.P., Lapidus A.A., Telichenko V.I., Tumanov D.K., Feldman O.A. Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'nogo proizvodstva. 2014. №3. pp. 10-17.

12. Ghazaryan R.R., Shatrova A.I., Chulkov V.O. BST: byulleten' stroitel'noy tekhniki. 2018. № 8. pp. 67-68.

13. Abramov I.L., Stepanov A., Ibrahim J. MATEC Web of Conferences. 2017. Vol. 117. Article num. 00001. P 6. DOI: 10.1051/matecconf/2017111 700001.