

ПРИМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ КУПОЛА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ВОЗВЕДЕНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ: КЛАССИКА И СОВРЕМЕННОСТЬ

С.Ю. Куликова, ст. преподаватель, **Т.Г. Куликова**, ст. преподаватель, **С.С. Кремлёв**, студент, **Д.А. Соколов**, студент.

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), г. Новосибирск, Российская Федерация

Ключевые слова: купол, развёртка, поверхность, пролёт, конструкция, покрытие, сооружение.

Аннотация. В статье рассматривается история создания и реконструкции купола здания Новосибирского государственного театра оперы и балета, а также купола главного корпуса НГУ, показывается выполнение его развёртки и макета на основе имеющихся данных. Анализируются достоинства конструкции куполов.

В 2015 году широко отмечалось 70-летие победы советского народа над фашизмом в Великой Отечественной войне. Новосибирский государственный академический театр оперы и балета (НГАТОиБ) является ровесником победы – его открытие состоялось 12 мая 1945 года оперой М.И. Глинки «Иван Сусанин». В этой связи нам показалось интересным вспомнить историю создания этого уникального сооружения и узнать, при возведении каких современных зданий используется покрытие в виде купола.

Для начала напомним, что купол – это поверхность, образованная вращением одной непрерывной выпуклой кривой вокруг вертикальной оси. Кривая, равная четверти окружности, производит при вращении полный сферический купол [1].

Сфера имеет наименьшее отношение площади наружных стен к внутреннему объёму здания среди всех фигур одинаковой емкости. Чем меньше общая площадь стен и крыши, тем выше КПД энергозатрат на контроль климата в помещении. При равных толщинах конструкции куполом можно перекрыть в не-

сколько раз большие пролеты, чем плоскими плитами. Благодаря аэродинамическому эффекту конструкции ветер обгибает купол с меньшим сопротивлением. Поверхность внутри купола способствует натуральной циркуляции воздуха и эффективному воздухообмену в помещениях. Аэродинамический эффект конструкции экономит средства на отоплении и кондиционировании.

Возникший в VIII в. до н. э. в Месопотамии, где нет дерева и мало камня, купол как строительная конструкция, перекрывающая пролёты 40 и более метров, используется уже почти 2000 лет. Приведём примеры нескольких уникальных архитектурных сооружений, построенных в прошедшие тысячелетия.



Рисунок 1. Римский пантеон, храм святой Софии в Константинополе и кафедральный собор Санта-Мария дель Фьоре во Флоренции

Рим. 125 г.н.э. $D = 43,4$ м. Бетонный кессонированный купол Римского пантеона - самый известный, отлично сохранившийся, грандиозно перекрытый (Рис. 1), поднимается над ротондой на 22 м. Стоит уже 1890 лет. Купол большего пролёта был построен только через 1800 лет. Архитектор неизвестен.

Константинополь. 537 г. $D = 31$ м. Храм Святой Софии. Огромный, невесомый купол назвали восьмым чудом света. Проект математика Анфимия и архитектора Исидора. (Рис. 1).

Флоренция. 1462 г. $D = 42$ м. Купол Санта-Мария дель Фьоре (Рис. 1). Архитектор - инженер Филиппе Брунеллески. О проектировании и строительстве этого уникального сооружения сохранилось множество документов с описанием хода строительных работ.[2]. Автор так и не раскрыл секрет построения кирпичного купола без деревянных арок и кружал. Свод подобного пролета никогда не был повторен.

В 30-е годы XX века Бакминстер Фуллер разработал пространственную конструкцию геодезического купола - полусферы, состоящей из тетраэдров - крупнейшее конструктивное новшество XX века.

Конструкции куполов, возведённых в XX и XXI веках, имеют диаметры 100, 200 и даже 300 метров. Перечень их внушителен.

Вернёмся к крупнейшему в Новосибирске и Сибири и одному из наиболее значительных театров России – НГАТОиБ – одному из символов города.

28 августа 1930 г. был отведён участок для строительства театра на центральной площади города. Возведение театра было начато 22 мая 1931 г. По первоначальному проекту художника М.И. Курилко, архитектора-художника Т.Я. Бардта, архитектора А.З. Гринберга театр должен был представлять собой Дом науки и культуры, грандиозное монументальное сооружение с уникальными размерами зрительного зала и параметрами сцены: со сценой-коробкой, ареной, планетарно-панорамного типа [3]. В театре предполагалось проведение массовых действий, демонстраций, масштабных торжеств и даже цирковых представлений, в том числе и на воде. Из 20 конкурсных проектов на декоративное оформление театра был принят вариант архитектора Б.А. Гордеева. (Рис. 2).

К 1933 г. сооружение в основных конструкциях поднялось над городом в самом его центре (Рис.3). В 1941 году строительство практически готового здания театра законсервировали. Во время войны в нём хранились сокровища музеев Москвы и Ленинграда.

Театр - исключительно сложное инженерное сооружение. Купол диаметром 60 м, высотой 35 м, толщиной в среднем 8 см. – самая уникальная часть здания. Купольное перекрытие без контрфорсов и ферм было применено впервые в строительной практике Европы. Кровля купола - тысячи железных чешуек серебристого цвета. Профессор Гипрооргстроя П.Л. Пастернак разработал для театра оригинальную конструкцию монолитного железобетонного гладкого купола, свободно лежащего на опор-

ном железобетонном кольце, опирающемся на стоящие по кругу колонны.



Рисунок 2. Совмещённый план 1 и 2 этажей, эскиз оперного театра и чертёж купола НГАТОиБ.



Рисунок 3. Панорама строительства, монтаж и обрешетка ферм купола.

Но, к сожалению, красоту самой конструкции увидеть нельзя - она скрыта с внешней стороны металлической «фигурной» кровлей, уложенной по деревянным стропильным конструкциям и обрешётке (Рис.3). Здание театра достроили в 1945 г., а уже в 1948 г. эксперты пришли к выводу, что ему необходим капитальный ремонт. В 1970 г. здание было объявлено памятником архитектуры.

Проблемой являлось восстановление чешуйчатого покрытия купола НГАТОБ (Рис.4). К 90-м годам специалистов, выколачивавших элементы из кровельной стали вручную по шаблонам в стране просто не было. В 1992–94 гг. купол по деревянной обрешетке был покрыт алюминием, сверху на него «обратной клепкой» крепились алюминиевые декоративные чешуйки. К сожалению, при этом полностью сохранить рисунок поверхности не удалось. Более того, применявшаяся технология себя не оправдала. Поэтому уже в 2004–2005 гг. вновь пришлось снять покрытие и выполнить его по другой технологии.

В апреле специалисты компании "Сибирские фасады" приступили к завершающему этапу работы по реконструкции купола. На смонтированную осенью двухслойную кровлю начали крепить декоративные элементы, повторяющие рисунок оригинальной кровли, запроектированной в 1934 г [4].



Рисунок 4. Чешуйки купола и современный вид НГАТОиБ

В планах реконструкции здания - реставрация фасадов, благоустройство территории, строительство вспомогательного корпуса за зданием, превращение концертного зала в полноценный театральный зал (Рис. 4).

В наши дни в Новосибирске появилась ещё одна купольная конструкция, возвышающаяся над Новосибирским академгородком (Рис.5 и 6). Строительство главного корпуса Новосибирского государственного университета началось еще в 2008 году, сдача корпуса была осуществлена 1 сентября 2015года (официальное открытие – 01.11.2015г.) [5], [6]. За ходом строительства можно было наблюдать online. Проект подготовила фирма ИНЖТЭКС.

Диаметр купола 16 м. Купол выполнен по ребристо кольцевой схеме. Ребра расположены в радиальном направлении под углом 22,5 градусов относительно друг друга. Общее количество основных опорных ребер составляет 16 шт. Стрела подъема - 5,35. В меридиональном направлении расположено два опорных кольца. Нижнее опорное кольцо выполняет функцию затяжки, а также служит для крепления подконструкций обшивки купола. Верхнее опорное кольцо является конструктивным элементом, облегчающим сведение ребер купола.

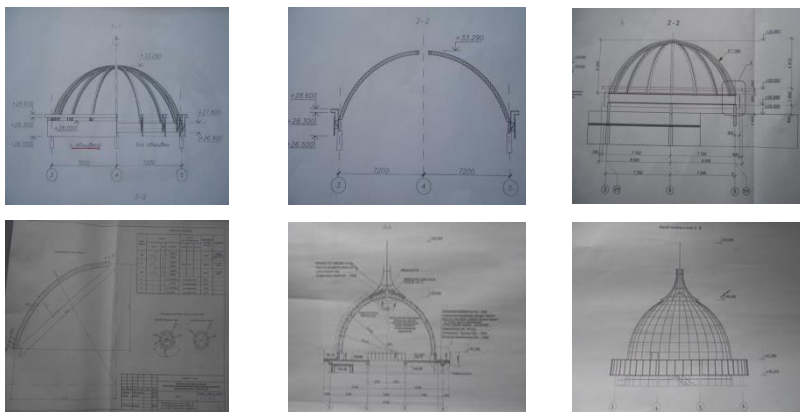


Рисунок 5. Чертежи купола главного корпуса НГУ



Рисунок 6. Здание главного корпуса НГУ и общий вид расчётной схемы

Ребра купола - стальные составные двутавры с перфорированной стенкой из стали. Опорные кольца стальные составные двутавры из стали. Расчет несущих конструкций купола выполняется по пространственной схеме с использованием программного комплекса SCAD Office (Рис. 6).

Расчёт купола производится на действие следующих нагрузок: - собственный вес металлоконструкций каркаса, автоматически рассчитанный программным комплексом; - временная ветровая нагрузка; - временная снеговая нагрузка; - постоянные нагрузки от обшивки (алюминиевых композитных панелей) и подконструкций обшивки.

Купол со стелой покрыт двухкамерным стеклопакетом (тонирующее стекло) для остекления стеклопрозрачной части купола. Верхнее стекло - термоупрочнённое, а внутреннее - три-

плекс. Наружная облицовка выполнена с использованием технологий вентилируемого фасада.

Весной 2015 года строительство корпуса НГУ ещё не было закончено. Увидеть конструкцию купола можно было только в виде электронного макета. Нами было предложено, а студентами с интересом подхвачено предложение изготовить макет возводимого купола. Для осуществления поставленной задачи необходимо было выполнить развёртку макетируемой поверхности. Зная, что существует несколько типов разверток: точная, приближенная и условная, ребята выяснили, что при проектировании и строительстве таких архитектурных конструкций, как купол, применим метод условных развёрток.

Были рассмотрены несколько способов построения условной развёртки на примере сфер. Для её построения применялся метод аппроксимаций. На основании имеющихся чертежей были выполнены развёртки поверхностей купола и стелы (Рис. 7).

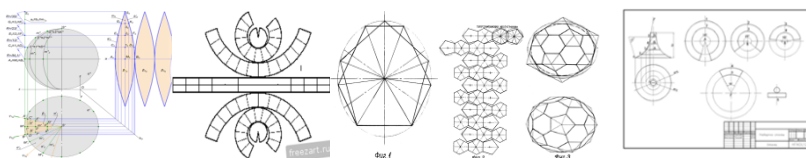


Рисунок 7. Условная развёртка сферы, в т. ч. Икосаэдр, развёртка стелы

На рисунке 8 показаны макеты купола, для наибольшей достоверности, выполненные ребятами из материалов, имитирующих реальные.



Рисунок 8. Макет купола и стелы главного корпуса НГУ.

Литература

1. Качуровский А., Лизогуб Е. Конструктивное решение легкой структурной оболочки большепролетного купола [Текст] /А. Качуровский, Е. Лизогуб //www.ais.by. архитектурно-строительный портал, 22.02.2006 10:51
2. Купол Флорентийского собора. Ежедневное интернет издание «Кровли» № 2, 2004 г. [Электронный ресурс] Режим доступа: www.krovlirossia.ru/rubriki/issue/zhurnal-krovli-2
3. Ложкин А.Ю. Оперный. История проектирования, строительства и реконструкции [Текст] / А.Ю. Ложкин, А.М. Архипова// журнал ПРОЕКТ СИБИРЬ. 2005. №22.
4. История проектирования Новосибирского театра оперы и балета [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://gelio.livejournal.com/166974.html>
5. История строительства Новосибирского театра оперы и балета [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://gelio.livejournal.com/167189.html>
6. Новосибирский театр оперы и балета сегодня [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://gelio.livejournal.com/168334.html>
7. Новый главный корпус НГУ. ТЕЛЕКАНАЛ ОТС. Сюжет от 30.06.2015г. [Электронный ресурс] Режим доступа: www.youtube.com/watch?v=_Qrd-5pK6TU
8. Новый главный корпус НГУ официально откроют 1 ноября. ГТРК Новосибирск. Сюжет от 16.10.2015г. [Электронный ресурс] Режим доступа: www.youtube.com/watch?v=PuCdEUmdj6M

