

Литература

1. Виртуальная обучающая среда Moodle // Дистанционные образовательные ресурсы Белорусского государственного аграрного технического университета. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.moodle2.batu.edu.by> – Дата доступа: 20.01.2016.

УДК 378

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

С.Ю. Куликова, старший преподаватель,
Т.Г. Куликова, старший 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 строящегося купола главного корпуса НГУ, на основе имеющихся данных показывается выполнение его развёртки и макета. 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 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 такое купол по определению. 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.

Благодаря аэродинамическому эффекту конструкции ветер огибает купол с меньшим сопротивлением. Искривленная поверхность внутри купола способствует натуральной циркуляции воздуха и эффективному воздухообмену в помещениях. Аэродинамический эффект конструкции экономит немалые средства на отоплении и кондиционировании.

При равных толщинах конструкции куполом можно перекрыть в несколько раз большие пролёты, чем плоскими плитами.

Возникший в VIII в. до н. э. в Месопотамии, где нет дерева и мало камня, купол как строительная конструкция, перекрывающая пролёты 40 и более мет-

ров, используется уже почти две тысячи лет. Хотелось бы привести примеры технических характеристик нескольких уникальных архитектурных сооружений, построенных в прошедшие тысячелетия.

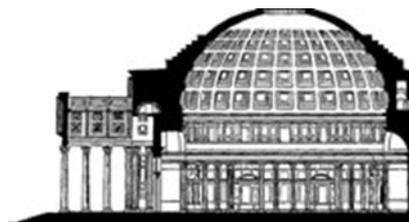


Рисунок 1 – Римский пантеон

125 г. н.э. $D = 43,4$ м. Рим. Бетонный (!) кессонированный купол Римского пантеона - самый прославленный, величественный, совершенный, лучше всех сохранившийся, чаще всех копируемый, грандиознее всех перекрытый. Построенный 1890 лет назад, стоит до сих пор - лучшего примера надежности не найти. Пролет купола в 43,4 м был превзойден только через 1800 лет. Бетон заливался вокруг деревянных кессонных форм, в основании слой бетона достигает 6 м, а наверху его толщина всего 1,5 м. Общая масса купола около 5 тыс. т. Полу-сферический купол имеет в центре круглое, обрамленное бронзовым бордюром отверстие диаметром 9 м — единственный источник освещения. Купол поднимается над ротондой на 22 м. Архитектор неизвестен.

537 г. $D = 31$ м. Константинополь. Храм Святой Софии. За необъятный, кажущийся невесомым купол его назвали восьмым чудом света. Проект математика Анфимия и архитектора Исидора (Рис. 2).

1462 г. $D = 42$ м. Флоренция. Купол Санта-Мария дель Фьоре (Рис. 3). Архитектор-инженер Филиппе Брунеллески. О проектировании и строительстве этого уникального сооружения известна практически вся информация. Сохранилось множество документов с описанием хода строительных работ, которые к настоящему времени проанализированы и частично опубликованы [2].



Рисунок 2 – Храм святой Софии в Константинополе



Рисунок 3 – Кафедральный собор Санта-Мария-дель-Фьоре во Флоренции

Флорентийский купол возведен из естественного камня и кирпича, построен без деревянных арок и кружал. Свод подобного пролета никогда не был повторен. Его автор Ф. Брунеллески так и не раскрыл секрет возведения кирпичного купола без кружал.

В 30-е годы XX века Бакминстер Фуллер разработал знаменитую пространственную конструкцию геодезического купола - полусферы, собранной из тетраэдров, которая стала одной из крупнейших конструктивных новаций минувшего столетия.

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

Обратимся к крупнейшему в Новосибирске и Сибири и одному из наиболее значительных театров России – Новосибирскому государственному академическому театру оперы и балета (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 Большого театра СССР М.И. Курилко, архитектора-художника Т.Я. Бардта, архитектора А.З. Гринберга театр должен был представлять собой Дом науки и культуры, грандиозное сооружение с уникальными размерами зрительного зала и параметрами сцены, с совмещением трех типов театра: со сценой-коробкой, сценой-ареной, планетарно-панорамного типа [3].

Предполагалось монументальное сооружение, где должны были происходить массовые действия, манифестации, праздничные торжества огромного масштаба и даже цирковые представления, в том числе и на воде.

Был объявлен огромный конкурс на декоративное оформление театра. Из 20 предложенных проектов был принят вариант архитектора Б.А. Гордеева. (Рис. 4 и 5).

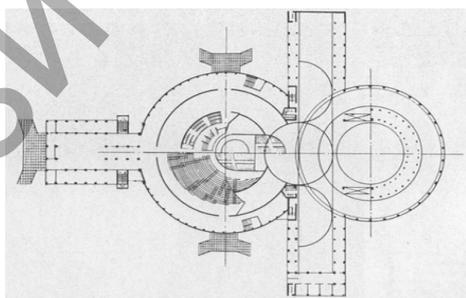


Рисунок 4 – Совмещённый план 1 и 2 этажей

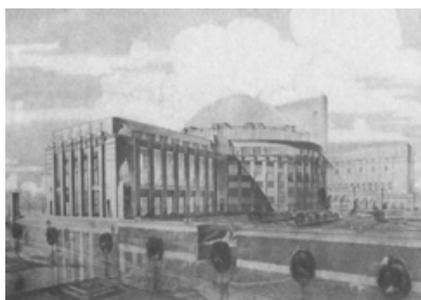


Рисунок 5 – Эскиз оперного театра

К 1933 г. сооружение в основных конструкциях поднялось над городом в самом его центре (Рис.6).

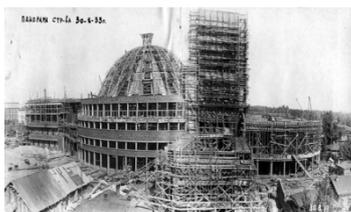


Рисунок 6 – Панорама строительства

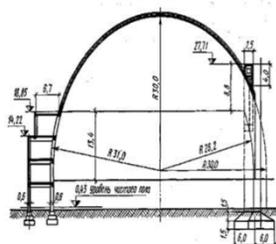


Рисунок 7 – Купол НГАТОиБ

В 1941 году здание театра было практически готово, но с началом войны строительство законсервировали. Во время войны в здании хранились сокровища музеев Москвы и Ленинграда.



Рисунок 8 – Монтаж ферм купола



Рисунок 9 – НГАТОиБ

С точки зрения инженерного искусства театр является исключительно сложным сооружением. Купол - самая уникальная часть здания, диаметром 60 м, высотой 35 м, имеющий толщину в среднем 8 см. Кровля купола — тысячи железных чешуек серебристого цвета. Сложные монолитные железобетонные конструкции здания и купол диаметром в 60 м поручили разрабатывать московскому институту Гипрооргстрой, где группу инженеров-конструкторов возглавил профессор П.Л. Пастернак. П.Л. Пастернак разработал для театра оригинальную конструкцию монолитного железобетонного гладкого купола, свободно лежащего на опорном железобетонном кольце, опирающемся на стоящие по кругу колонны.

Купол с опорным кольцом у своего основания лежит свободно на круговой балке, которая в свою очередь покоится на опорах и связывает между собой внутренние железобетонные стойки радиально расположенных рам кулуаров, окружающих зрительный зал театра. Между опорным кольцом купола и круговой балкой проложено два слоя оцинкованной стали, смазанной тавотом. Но, к сожалению, красоту самой конструкции увидеть нельзя — она скрыта с внешней стороны металлической «фигурной» кровлей, уложенной по деревянным

стропильным конструкциям и обрешётке. Здание театра достроили в 1945г., а уже в 1948 г. эксперты пришли к выводу, что ему необходим капитальный ремонт. В 1970г. здание было объявлено памятником архитектуры и, соответственно, речь шла уже о реставрации.

Серьезной проблемой являлось восстановление чешуйчатого покрытия купола НГАТОБ (Рис.10). Первоначальное покрытие было выполнено из кровельной стали: элементы выколачивались вручную по шаблонам. К 90-м годам специалистов такого уровня просто не существовало в стране. Было принято решение изготовить чешую купола на производственном объединении им. Чкалова по технологии, применяемой при изготовлении самолетов. В 1992–1994 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, технология, применяемая в авиации, не оправдала себя в условиях строительства: из-за разницы температур на поверхностях нижнего и верхнего слоев возникали линейные деформации, купол потек. Уже в 2004–2005 гг. по этой причине вновь пришлось снять покрытие и выполнить его по иной технологии.

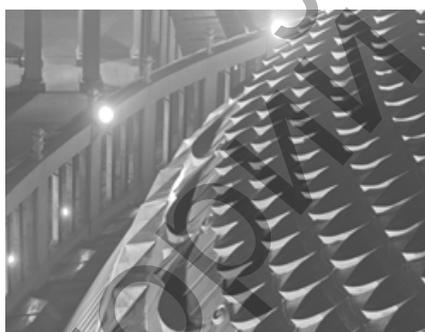


Рисунок 10 – Чешуйки купола

В апреле группа специалистов компании "Сибирские фасады" приступила к завершающему этапу работы по реконструкции купола. На смонтированную осенью предыдущего года двухслойную кровлю начали крепить декоративные элементы, повторяющие рисунок оригинальной кровли, запроектированной в 1934 г. Биркенбергом, Куровским и Гордеевым [4].

Работы по реконструкции и реставрации здания на этом не закончились. В дальнейших планах - реставрация фасадов, благоустройство территории, строительство вспомогательного корпуса за зданием, превращение концертного зала в полноценный театральный зал (Рис. 11).



Рисунок 11 – Современный вид НГАТОиБ

В наши дни в Новосибирске появилась ещё одна купольная конструкция, которая будет возвышаться над Новосибирским академгородком (Рис.12 и 13). 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.

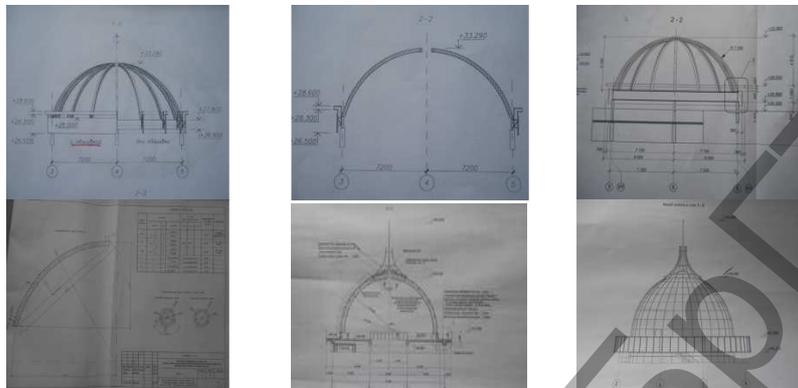


Рисунок 12 – Чертежи купола главного корпуса НГУ



Рисунок 13 – Здание нового главного корпуса НГУ

Диаметр купола 16 м. Купол выполнен по ребристо-кольцевой схеме. Ребра расположены в радиальном направлении под углом 22,5 градуса 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.

Ребра купола - стальные составные двутавры с перфорированной стенкой из стали. Опорные кольца – составные двутавры из стали.

Расчет несущих конструкций купола выполняется по пространственной схеме с использованием программного комплекса SCAD Office (Рис. 14).



Рисунок 14 – Общий вид расчётной схемы

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.

Постоянные нагрузки на купол покажем в виде таблицы, где приведены расчёты нагрузок:

№ п/п	Наименование нагрузки	Нормативная нагрузка, кг/м ²	Гf	Расчётная нагрузка, кг/м ²
1	Обшивка-композитные панели	10	1.2	12.0
2	Подконструкции обшивки	10	1.05	10.5
3	Всего	20		22.5

Купол со стелой покрыт двухкамерным стеклопакетом (тонированное стекло). Верхнее стекло - термоупрочнённое, а внутреннее - триплекс.

Далее приведём технические характеристики материалов, облицовывающих купол.

Наименование материала	Общая толщина пластины, мм	Основное применение	1)масса, кг 2)площадь витража, м ²	Коэффициент линейного теплового расширения, °С
Алюминиевые композитные панели	От 2 до 6	Наружная облицовка с использованием технологии вентилируемого фасада	От 5,5 до 7,8	$7 \cdot 10^{-6}$
Двухкамерный стеклопакет	От 2 до 3	Остекление стеклопрозрачной части купола	345,6	---

На основании имеющихся чертежей выполним развёртку поверхности купола и стелы (рис. 15 - 17).

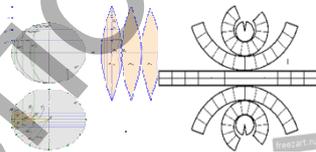


Рисунок 15 – Условная развёртка сферы

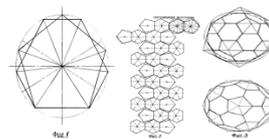


Рисунок.16 – Условная развёртка сферы (икосаэдр)

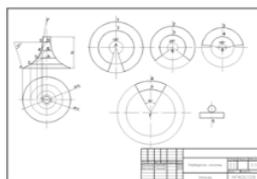


Рисунок 17 – Развёртка стелы



Рисунок. 18 – Макеты

На рис. 19 показаны макеты купола, для наибольшей достоверности выполненные из материалов, имитирующих реальные.



Рисунок 19 – Макет купола и стелы главного корпуса НГУ

Литература

1. Качуровский, А. Конструктивное решение легкой структурной оболочки большепролетного купола [Текст] / А. Качуровский, Е. Лизогуб [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.ais.by. архитектурно-строительный портал. – Дата доступа: 22.02.2006 10:51
2. Журнал “Кровли”, интернет-издание № 2, 2004 г.
3. Ложкин, А.Ю. Оперный. История проектирования, строительства и реконструкции [Текст] / А.Ю. Ложкин, А.М. Архипова // 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. [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.youtube.com/watch?v=_Qrd-5pK6TU АВТОР: ТЕЛЕКАНАЛ ОТС. Сюжет от 30.06.2015г.
8. Когда сдадут корпус НГУ / ГТРК. Сюжет от 16.10.2015г.

УДК 004.925

ВНЕДРЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНЫЙ КУРС «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МЕТОДИКИ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ

В.А. Лодня, к.т.н., доцент, **О.В. Никитин**, старший преподаватель

*Белорусский государственный университет транспорта,
г. Гомель, Республика Беларусь*

Ключевые слова: инженерная подготовка, технологии проектирования, учебный курс, детализирование сборочного чертежа, программный продукт, библиотеки компонентов, интеграция в современные технологии.

Аннотация: в докладе рассматриваются основы практико-ориентированного подхода к внедрению компьютерных технологий в учебный курс «Инженерная графика».

Особенность инженерной подготовки в техническом вузе состоит в необходимости практико-ориентированного подхода к обучению будущих инженерных кадров. У выпускника вуза зачастую отсутствует «адаптационный период» на интеграцию в реальности современного производственного процесса, что в