

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБКИХ МЕМБРАННЫХ ПОКРЫТИЙ В АРХИТЕКТУРЕ КУЛЬТОВЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УДК 726:69.033.1

ББК 38.708:86.2

И.С. Ожиганова

Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия

Аннотация

В статье рассматривается применение гибких мембранных покрытий, представляющих собой оболочки из плёочно-текстильных материалов. Выявляются возможности использования гибких мембранных покрытий при создании культовых сооружений, устройство которых требует соблюдения определённых канонов. Проведен анализ культовых зданий и сооружений с гибкими мембранными покрытиями с точки зрения особенностей, влияющих на их формообразование: конструктивная схема, материал, тип формы покрытия, гауссова кривизна, адаптивность, стационарность, тип сооружения (тентовое или пневматическое), цветовое решение. Сформулирована обоснованность используемых типов форм покрытий исследуемых объектов в соответствии с требованиями, которые необходимо выполнить в процессе их проектирования.

Ключевые слова: гибкие мембранные покрытия, культовая архитектура, типы форм покрытий

EXPERIENCE OF THE APPLICATION OF FLEXIBLE MEMBRANE COVERINGS IN RELIGIOUS ARCHITECTURE

I. Ozhiganova

Moscow Institute of Architecture (State Academy), Moscow, Russia

Abstract

The article discusses the use of flexible membrane coverings, which represent the shell of membrane and textile materials. There are identifies the opportunities of flexible membrane coverings for creation of religious buildings with the observance of certain canons. Shown analysis of buildings and structures to conduct religious activities from the point of view of features of form-building: there are structural scheme, material, type of covering forms, Gaussian curvature, adaptability, stationarity, type of structures (tent or pneumatic), color decision. Formulated the validity of the using types of covering forms of the research objects in accordance with the requirements and requests that needs to follow in their design process.

Keywords: flexible membrane coverings, religious architecture, forms of coverings

Исследование мировых тенденций применения гибких мембранных покрытий в крупномасштабном строительстве указывает на то, что во второй половине XX века тентовые и пневматические конструкции применялись в основном в сооружениях выставочного или спортивно-зрелищного назначения [1]. В настоящее время типология сооружений с гибкими мембранными покрытиями значительно расширилась: жилые, спортивно-зрелищные, транспортные, промышленные, административные, учебно-научные, торговые, выставочные, культурно-просветительские, объекты культового назначения, малые формы и т.п., вплоть до временных лагерей для беженцев.

Из всего типологического ряда сооружений с гибкими мембранными покрытиями особый интерес представляют культовые сооружения, так как именно они являются одним из наиболее редких случаев применения мембранных конструкций. В связи с этим целесообразно выявить возможности применения мембранных конструкций при создании планировочных решений, организации внутреннего пространства или же пластики фасада архитектурных объектов на основе мембранных систем из мировой практики проектирования и строительства рубежа XX-XXI веков, а также особенности их формообразования [2].

Одним из первых культовых сооружений, в котором использовались мембранные покрытия, стала возведенная в 1983 году *церковь Доброго Пастыря во Фресно* (США). В это время применение мембранной ткани рассматривалось ещё как новаторство, поэтому церковное общество долго и упорно обсуждало возможность использования такой лёгкой конструкции для стационарного сооружения, в отличие от традиционных технологий (рис. 1). Однако предложенное конструктивное решение, наоборот, позволило подчеркнуть особенность функционального назначения объекта.



Рис. 1. Церковь Доброго Пастыря во Фресно (США)

Основная конструкция состоит из трех жёстких и устойчивых деревянных балок, которые восходят к одной точке. Ткань крепится к опорным балкам, образующим форму треугольника, обозначающего «начало пути». Религиозный символ христианства (крест) находится выше этого треугольника. Эти смысловые символы олицетворяют то, что есть ещё что-то за пределами этой жизни. Помимо всего вышеперечисленного, форму

треугольника, поддерживаемую устойчивыми брусами, люди символизируют как поддержку друг друга, а также как нахождение этой поддержки в своей непоколебимой вере [3, с.54].

Три стальных троса, связанные с бетонными фундаментными блоками, обеспечивают напряжение до самого верха. Чтобы защитить здание от атмосферных осадков, это напряжение распределяется по мембранному покрытию. Использование PVC-ткани позволяет естественному свету проникать внутрь объема. Применение мембраны удешевило строительство по сравнению с традиционными материалами. Кроме того, этот материал способен удерживать тепло дольше, чем такие же традиционные материалы, что привело к экономии расходов на энергию. Таким образом, конструктивное решение сооружения представляет собой вантовую систему с конической формой покрытия.

Другим примером использования гибких мембранных покрытий в культовой архитектуре является расположенное в центре Буддистского комплекса *сооружение с алтарной комнатой* (рис. 2). В 1989 году началась разработка проекта жилого комплекса с гостевыми домами у подножия горы на западе префектуры Окаяма (Япония). Территория комплекса была отведена под восемь индивидуальных зданий, что послужило причиной назвать комплекс «Yu-hamlet» [4]. Площадь участка составила около 430 м², а суммарная площадь зданий, в свою очередь, равна 330 м². Все здания, кроме гостевых домов и дома приёмов, соединены коридорами. За счет этого из алтарной комнаты имеется доступ к чайной. Алтарная комната была запроектирована круглой в плане с помостом для буддийского образа, который был размещён в центре с ориентацией на запад.

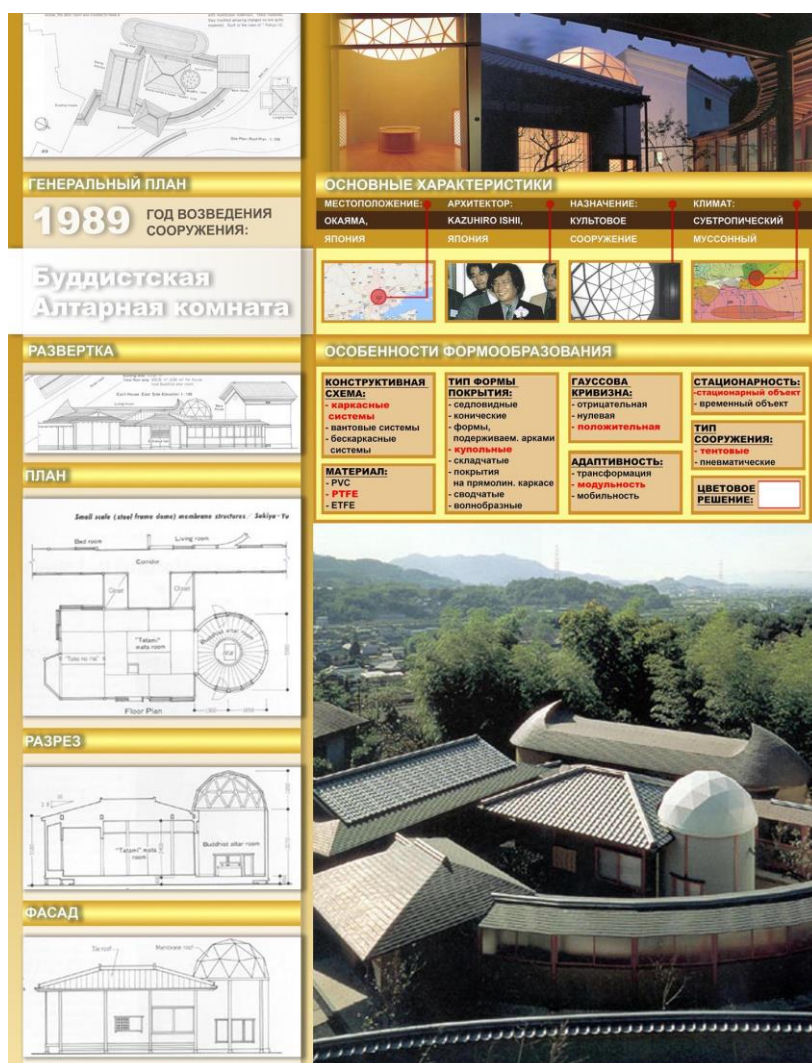


Рис. 2. Буддистская Алтарная комната

Алтарные комнаты выполняются, как правило, тёмными, чтобы человек мог уединиться, но желание владельца заключалось в том, чтобы в конечном итоге получился яркий интерьер. Для этого кровля была разработана в форме геодезического купола, покрытого PTFE-мембраной. Купол выполнен из плоских деревянных стержней толщиной 30 мм. Мембранные структуры, как правило, являются большепролетными конструкциями, в этом же проекте купол выполнен небольшого размера. Конструктивная схема купола – каркас, основанный на треугольных модулях.

В конце 2002 года баптистская церковь Форталезы столичного города штата Сеара на северо-востоке Бразилии решила построить мембранную кровлю, чтобы покрыть пространство открытого *амфитеатра* (рис. 3). Архитектурное решение, предложенное компанией «Nasser-Issa Arquitetos Associados» представляло собой покрытие из двух ассиметричных конусообразных мембран размером 70×50 м, удерживаемых с помощью двух мачт высотой 20 м. Стабилизация мембран осуществляется за счет двух колец диаметром 2 м на высоте 17 м. Крайние точки мембран крепятся на высоте 4-6 м. Незакрытое полностью покрытие достаточно для теплого климата этого региона, характеризующегося умеренными ветрами. Крыша из PVC-материала площадью около 2900 м² является национальным рекордом для подобных гибких мембран [5].



Рис. 3. Амфитеатр баптистской церкви в Форталезе (Бразилия)

Хотя в Бразилии имеется ряд малых и средних компаний, способных предоставить мембранную кровлю, но они, как правило, занимаются производством определенных вариантов оболочек. Поэтому для того, чтобы обеспечить реализацию оригинальной

концепции архитекторов с оболочкой, имеющей коническую форму, строительная компания обратилась к политехнической школе Университета Сан-Паулу с просьбой разработать более точную компьютерную модель.

Конструктивная схема представляет собой вантовую систему. Мембранная кровля баптистской церкви была произведена и собрана компанией «Formatto», стальные конструкции были разработаны местной компанией в течение первого полугодия 2003 года. На самом участке работы начались в июле 2003 года, конструкция же была установлена 10 октября 2003 года. После коррекции некоторых незначительных деталей стальных конструкций, возведение мембраны заняло около четырех часов и велось с использованием ручных подъёмников.

Реализованное мембранное покрытие баптистской церкви в Форталезе было представлено на торжественном открытии 27 ноября 2003 года во время инаугурации (рис. 3). В сумеречное время было достаточно всего двух прожекторов, чтобы создать теплую и приятную атмосферу. Процессы, происходившие в ходе работы над конструкцией этой мембранной кровли, способствовали улучшению методологии проектирования других мембранных структур, возводимых в последующем в Бразилии.

Выполненный в гибких мембранных пневматических конструкциях *навес для пребывания паломников* был разработан для общей молитвы молодых людей со всего мира (рис. 4). Эта встреча паломников осуществляется во «Всемирный день молодёжи», который в 2005 году выпал в период с 15-21 августа и был проведён в окрестностях Кельна. Ожидалось более 800 000 паломников, поэтому площадь участка составила около 2 км в ширину и 1,5 км в длину, включая 10-метровый холм, на вершине которого располагалась пневматическая структура для приёма главы всей Католической церкви [4].

Покрытие было выполнено из PVC-ткани на основе модульной системы конструкций из ферм, которая может быть легко адаптирована к другим событиям. Навес был разработан для временного пользования и впоследствии был демонтирован. Конструкция представляла собой каркасную систему, состоящую из четырех жестких опор и ферм кровли, установленных в два уровня: первый – из главных ферм высотой 1,8 м, второй – из подстропильных балок высотой 1,3 м. По углам кровли устанавливались специальные блоки, которые позволяли поднять эту конструкцию с земли при помощи электрических лебёдок.

Пневматическая структура была разделена на 5 отдельных подушек: одна большая подушка, лежащая на верхней части ферм и охватывающая площадь $39 \times 32 \text{ м}^2$ и четыре меньшие подушки образовывали пограничную зону длиной 22-27 м и шириной 6-6.5 м. Границы подушек были спрессованы зажимами. Общий объем всех подушек составил около 2500 м^3 с внутренним давлением 300 Па. Помимо этого, концепция проекта требовала особого освещения, чтобы получить эффект «светящегося облака» в ночное время или на рассвете. Для этого внутри подушек было установлено примерно 1800 люминесцентных ламп с теплым белым светом.

Полупрозрачная мембрана способствовала освещению навеса, при этом необходимо было учитывать нагрев подушек от источников света внутри них, а также от воздействия солнца. Было проведено экспериментальное моделирование, рассчитанное на теплый летний день с максимальным излучением солнца и безветренной погодой. После испытания стало ясно, что мембрана стабильно выдерживает до 80°C при естественном освещении и максимум около 40°C при искусственном освещении.

Чтобы избежать нагрева до более высоких температур был оставлен зазор в 50 мм между опоясывающей балкой и нижним зажимным контуром. В верхней подушке находились два перепускных клапана, обеспечивающих обмен воздуха до 4-х раз в час. Для этого применялись два вентилятора с производительностью по $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Чтобы

уменьшить шум в обычных условиях работал только один вентилятор на 50% мощности, а при высокой температуре включался второй вентилятор, работающий так же на 50% мощности. Если же температура продолжала расти, то оба настраивались на 100% мощности.

В процессе моделирования также была проанализирована работа подушек в течение дня: температура около 70°C может быть достигнута в 2 часа дня, и около 40°C между 7 и 8 часами, что является приемлемым показателем для запуска освещения на рассвете. Установка всей конструкции заняла 10 дней, включая дополнительные работы по размещению световых ламп. Демонтаж временного сооружения оценивался в двухдневный срок. В последующем конструкция могла быть использована и для других мероприятий.



Рис. 4. Навес для пребывания паломников

В 2007 году была введена в эксплуатацию *приходская церковь Св. Андрея, Петра и Павла* в голландском городе Масслэйс (рис. 5). Футуристическое здание возведено по проекту архитекторов Мари Баув и Рене Оливье. Каркас церкви, выполненный из стали, покрыт двойным слоем мембраны. Художнику по стеклу Стефу Хегемейер, бывшему ученику знаменитого голландского каллиграфиста Криса Бренда, было поручено разработать окно апсиды. Очарованный прологом к Евангелию от Иоанна, он решил воспроизвести текст на стекле этого окна [4].

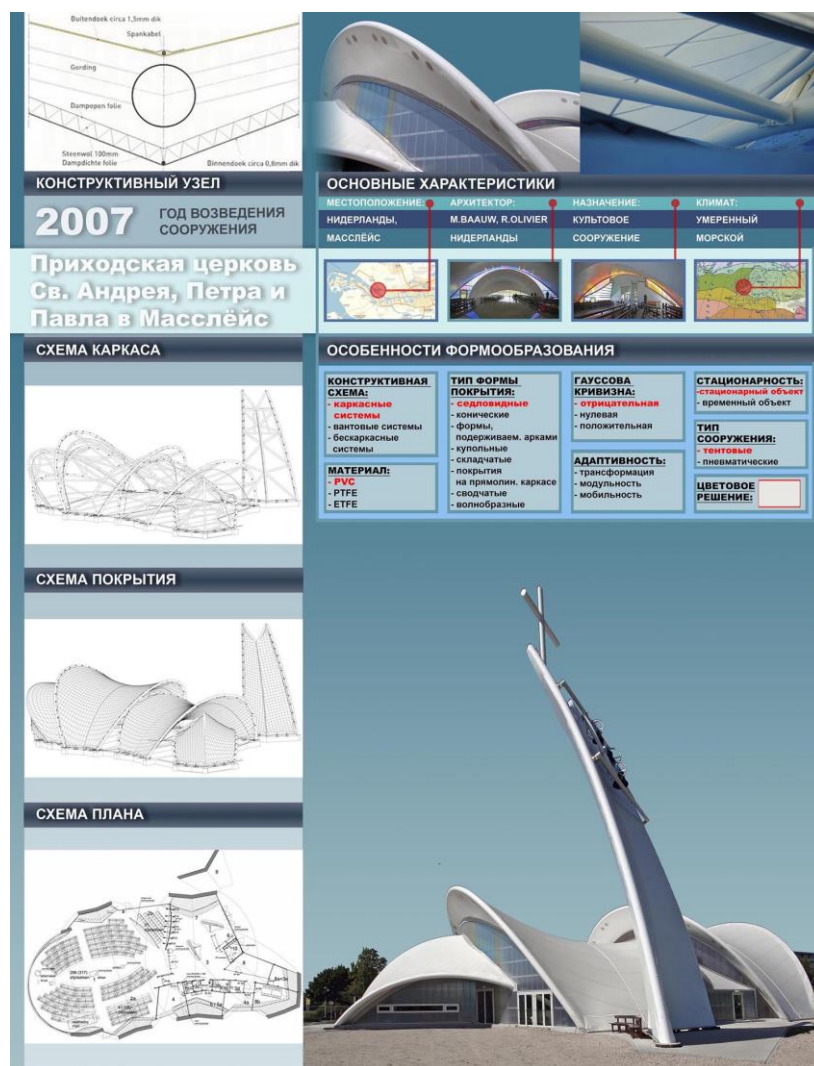


Рис. 5. Приходская церковь Св. Андрея, Петра и Павла в Масслэйс (Нидерланды)

Проект основан на инновационной функциональной планировке. Архитекторы ввели понятие сегментации: «игра» сегментов разных размеров должна быть и по горизонтали, и по вертикали: вширь, вглубь и в высоту. При этом, планировка должна быть комфортна как для одного человека, так и для групп людей, очень важно было создать ощущение «дышащего» пространства.

Эти концептуальные идеи отразились в физической модели, состоящей из пяти различных оболочек, сгруппированных вместе и частично перекрывающих друг друга. Благодаря этому вышеупомянутая сегментация стала возможна. Дневной свет попадает в здание через остекление, расположенное между оболочками. Таким образом, покрытие здания церкви состоит из пяти конструктивно независимых оболочек, образующих седловидную форму. Каждая оболочка опирается на три стальные арки, соединенные между собой балками. В верхней и нижней части каждой оболочки расположена PVC-мембрана.

Церковь Воскресения Христова (рис. 6) будет построена в память о 307 жертвах землетрясения, разрушившего главный город региона Абруццо в апреле 2009 года. Возведение объекта, по замыслу архитекторов, является безопасным мероприятием, нацеленным на реализацию концепции «нулевого воздействия» на окружающую среду с помощью, так называемых низкотехнологичных методов строительства. Конструкции объекта разработаны из деревянных балок, а покрытие – из трехслойной полупрозрачной

мембранной стеклоткани, которая обеспечивает хорошую теплоизоляцию, пропуская при этом естественный свет [6].

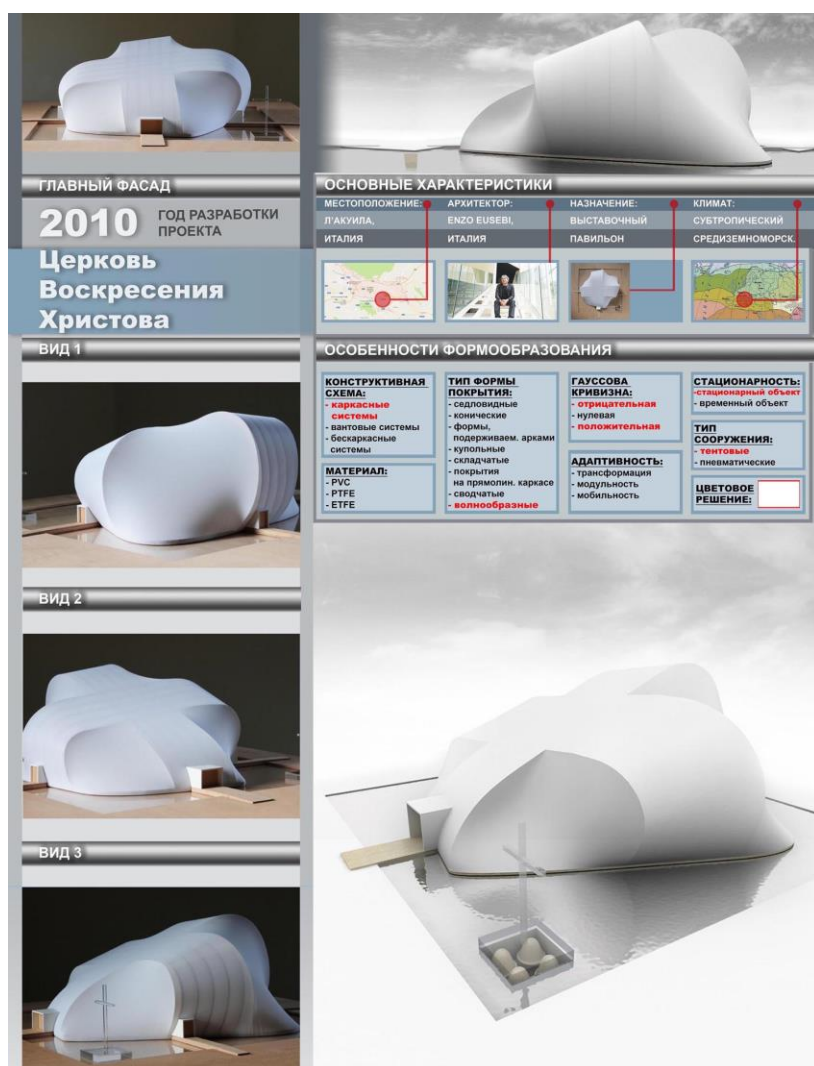


Рис. 6. Церковь Воскресения Христова

Следующим примером применения мембранных покрытий может послужить *реставрация церкви в городе Корбера-де-Эбро* (близ города Таррагона) в Испании (рис. 7), выполненная архитектором Vizoso Ferran. Возведенная конструкция заменила ранее не существовавшую (утраченную) кровлю (рис. 7). Одной из задач архитектора было сохранение открытого пространства, чтобы солнечные лучи, как и прежде, могли проникать внутрь церкви. Решение этой задачи было найдено в использовании ETFE-панелей, известных своей долговечностью, теплозащитными и светопропускающими свойствами. Эти панели создали своеобразную защитную прозрачную «плёнку» над всеми руинами. Благодаря предложенному решению на данный момент в церкви создан благоприятный микроклимат для пребывания в ней людей, при этом сохранен исторический вид [8].



Рис. 7. Реконструкция заброшенной церкви в Испании

Другой пример, но уже трансформируемых структур – установка около 250 *тентовых зонтов во дворах мечети Аль-Харам* в Мекке (рис. 8). Эти сооружения должны защитить паломников от солнечного зноя в дневное время. Зонты охватывают примерно 275 000 м² открытого пространства, окружающего мечеть. Сооружения запрограммированы складываться и раскрываться в такой последовательности, которая позволяет избежать столкновения между их движущимися элементами. Солнцезащитные зонты работают бесшумно и способны автоматически выравниваться в соответствии с изменениями суточной температуры. Они открываются каждое утро, образуя полупрозрачный навес, и складываются каждый вечер менее чем за 3 минуты [4].

Летом, когда раскрытые зонты защищают от избыточного солнечного воздействия, тепло, которое всё-таки проникает сквозь них, поглощается каменными стенами и полом. Зимой же, наоборот, когда температура воздуха относительно низка, зонты сложены в течение дня, чтобы согреть покрытие двора, и открыты ночью, чтобы сохранить это тепло.



Рис. 8. Двор мечети Аль-Харам

Причиной строительства *тентовой церкви в Кабу-Делгаду* (Мозамбик) стала потребность жителей в новом месте поклонения. Выбранный участок, находившийся за городом, представлял собой идеальное место для того, чтобы опробовать новые материалы и строительные системы. Архитектурная фирма Coello из Португалии в сотрудничестве с Moñita-Tectum из Испании предложили идею возведения церкви из алюминиевого каркаса с тентовым покрытием (рис. 9). Характеристики такой конструкции позволили сделать процесс строительства церкви быстрым, легким и дешевым [8].

Первоначальный подход заключался в классической организации церкви с планом в виде латинского креста, состоящий из двух объемов размером в плане 26×7,30 м и 21×7,30 м, выполненных из модульных алюминиевых конструкций. Проблема же заключалась в конструктивной жесткости из-за тонких алюминиевых стержней. Поэтому в конструкции были размещены внутренние утяжелители для того, чтобы противодействовать изгибу боковых стоек.

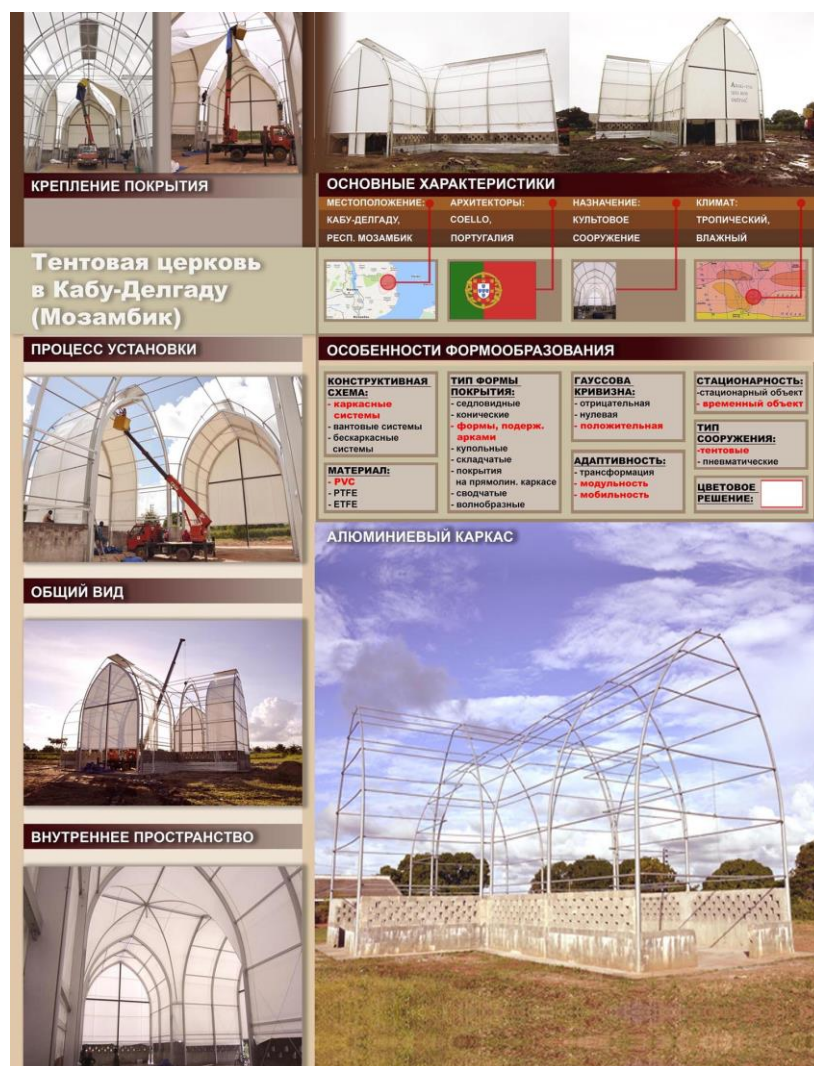


Рис. 9. Тентовая церковь в Кабу-Делгаду (Мозамбик)

Кровля церкви была выполнена из технической ткани с белым ПВХ покрытием, обладающей необходимой прочностью. Светопрозрачность мембраны придаёт внутреннему пространству церкви тёплую и лёгкую атмосферу. В верхней части кровли имеются участки с микроперфорацией для вентиляции внутреннего объема и снижения интенсивности процессов конденсации влаги. Ткань крепилась к алюминиевому профилю и растягивалась по продольным стальным трубам. На плоских участках фасада система натяжения была похожей – крепление выполнялось на крестообразную конструкцию. В центральной части необходимое напряжение было дано на кровлю за счет следующих приёмов: во-первых, в углах конструкции использовались стальные трубы; во-вторых, поперёк протягивались скрещенные между собой тросы, необходимые для стабилизации всей конструкции. Процесс установки церкви занял всего семь дней. Благодаря применению сборных элементов для возведения сооружения не потребовалось сложных механизмов.

Среди рассматриваемых архитектурных объектов представляют интерес проекты *временных религиозных сооружений для лагерей беженцев*, а именно – церкви, мечети и синагоги (рис. 10,11). Проектное предложение было разработано студентами Йельского университета, Лукасом Бойд и Чадом Гринли. Одним из условий реализации объектов было ограничение ресурсов, необходимых для строительства [9]. В рамках статьи рассматриваются только два из этих сооружений – мечеть и синагога, т.к. именно эти строения имеют гибкий изолирующий материал в качестве ограждений.

Одной из главных задач при проектировании явилось определение сфер религий, для которых будут разрабатываться концепции культовых сооружений. Выбор пал на христианство, ислам и иудаизм, несмотря на то, что в последние годы типология сакральных пространств стремится к многоконфессиональности для удовлетворения потребностей сразу нескольких религиозных групп населения. Тем не менее, многоконфессиональное пространство не является оптимальным решением, так как у любой религии есть свои конкретные символические идентификаторы. Исходя из особенностей каждой религии, были предложены проекты мечети и синагоги.

Мечеть. Проект требовал функционального решения, связанного с ежедневным использованием. Исходя из этого, сооружение приобрело конкретные формы. Основными правилами формообразования явились симметрия, сохранение продольной оси, ориентированной в соответствии с Кибла, а также квадратный или прямоугольный план. Таким образом, были создана уникальная структура из нескольких базовых модулей со сводчатыми покрытиями. Поверхность пола мечети была украшена строгим геометрическим орнаментом (рис. 10).

Синагога. Конструкция состояла из квадратного основания, к которому крепилась туго натянутая ткань (рис. 11). Форма позволила создать несколько входов в синагогу, а также открыть центральную часть кровли, что облегчило выполнение ряда ритуалов и правил, относящихся к иудейской практике. Работа архитекторов в создании этих проектов заключалась не только в осуществлении самого строительного продукта, но и в его упаковке. Для этого были напечатаны брошюры с инструкцией по возведению объектов с точными указаниями крепления элементов относительно друг друга.



Рис. 10. Религиозные сооружения для лагерей беженцев. Мечеть

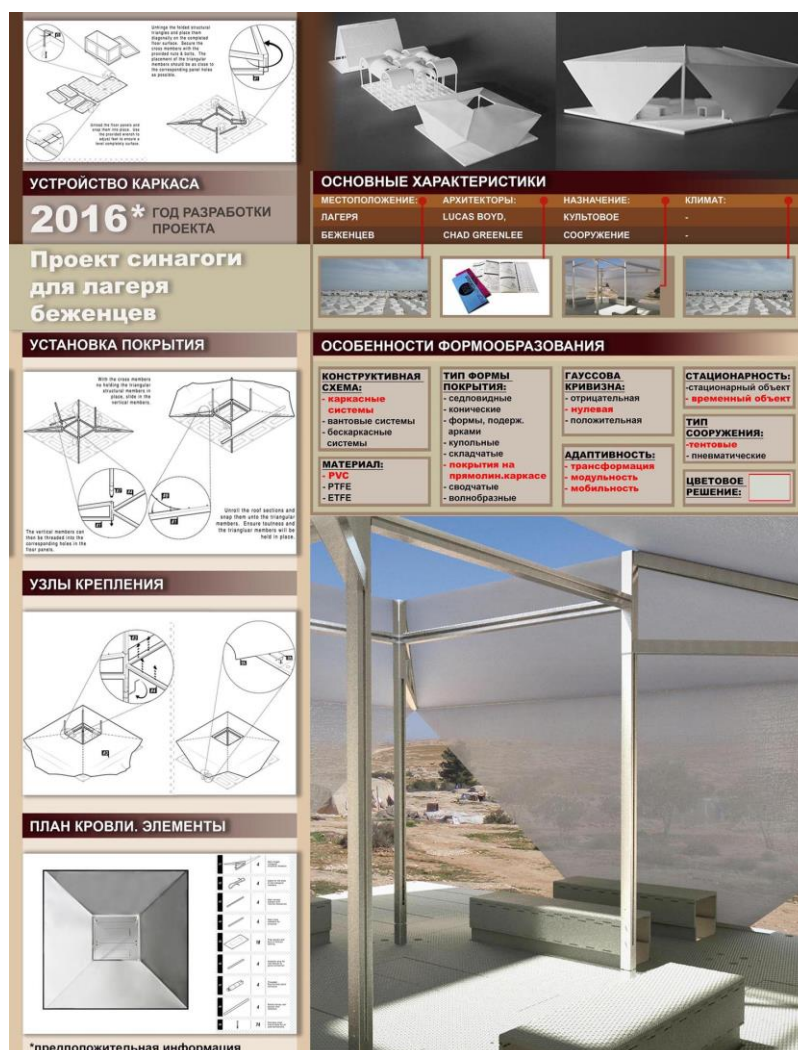


Рис. 11. Религиозные сооружения для лагерей беженцев. Синагога

В заключение предлагается определить обоснованность применяемых типов форм покрытий культовых сооружений, рассматриваемых в статье (таблица 1). Как видно из таблицы, наиболее чаще применяемые типы форм покрытия – конические и сводчатые. Возможно, эта закономерность продиктована религиозными знаками – «восхождением к единой вершине», а также образованием сводов, символизирующих небосклон.

Таблица 1. Обоснование применения типов формы покрытия

Наименование объекта	Тип формы покрытия	Обоснование
1	2	3
Церковь Доброго Пастыря во Фресно, США	конические	Предложенное конструктивное решение придало смысл сооружению, связанному с религией. В конструкции тремя жёсткими и устойчивыми деревянными балками, восходящими к одной точке, представлена вера в Троицу. Ткань крепится к опорным балкам, образующим форму треугольника, обозначающего «начало пути»

Таблица 1 (продолжение)

1	2	3
<i>Буддистская Алтарная комната гостевого комплекса у горы Окаяма, Япония</i>	купольные	Алтарная комната запроектирована круглой в плане с помостом для буддийского образа, который был помещен в центре с ориентацией на запад
<i>Амфитеатр баптистской церкви Форталезы, штат Сеара, Бразилия</i>	конические	Размер кровли продиктован уже существующей площадью амфитеатра, она составила 70 м в длину и 50 м в ширину. По форме навес представляет собой два ассиметричных конуса, удерживаемых с помощью двух мачт высотой 20 м. Мембраны стабилизируются двумя кольцами диаметром 2 м на высоте 17 м. Крайние точки мембран крепятся на высоте 4-6 м. Незакрытое полностью покрытие достаточно для климата этого региона – теплого с умеренными ветрами
<i>Навес для пребывания паломников в окрестностях Кёльна, ФРГ</i>	купольные	Для того, чтобы осуществить концепцию «облака», была применена пневматическая конструкция, состоящая из 5 отдельных подушек: одна большая подушка, лежащая на верхней части ферм и охватывающая площадь 39×32 м ² , четыре меньшие подушки образовывали пограничную зону длиной 22 - 27 и шириной 6-6.5 м. Также концепция требовала особого освещения, чтобы получить эффект «светящегося облака» в ночное время или на рассвете
<i>Приходская церковь Св. Андрея, Петра и Павла в Масслэйс, Нидерланды</i>	седловидные	Архитекторы ввели понятие сегментации: «игра» сегментов разных размеров по горизонтали и по вертикали: вширь, вглубь и в высоту. При этом планировка должна быть комфортна как для одного человека, так и для групп людей. Эта концепция отражена в физической модели, состоящей из пяти различных оболочек, сгруппированных вместе, частично перекрывающих друг друга и образующих седловидную форму. Дневной свет попадает в здание через остекление, расположенное между оболочками
<i>Церковь Воскресения Христового, Л'Акуила, Италия</i>	волнообраз- ные	Проект исходит из концепции «нулевого воздействия» на окружающую среду с помощью низкотехнологичных методов строительства: конструкции разработаны из слоистого дерева, покрытие - из трехслойной полу-прозрачной мембранной стеклоткани, обеспечивающей хорошую теплоизоляцию и естественное освещение
<i>Реконструкция заброшенной церкви в городе Корбера-де- Эбро, близ г. Таррагона, Испания</i>	сводчатые	Возведенная конструкция кровли, которой ранее не существовало. Одной из задач архитектора было сохранение открытого пространства для того, чтобы солнечные лучи, как и прежде, могли проникать внутрь. Решение было найдено в использовании ETFE-панелей, которые создали своеобразную защитную прозрачную «плёнку» над всеми руинами. Благодаря этому решению в церкви создан благоприятный микроклимат, при этом сохранен исторический вид

Таблица 1 (окончание)

1	2	3
<i>Двор мечети Аль-Харам в Мекке, Саудовская Аравия</i>	конические	Установлено около 250 тентовых зонтов, защищающих паломников от солнечного зноя. Сооружения складываются и раскрываются в последовательности, позволяющей избежать столкновения между движущимися элементами. Солнцезащитные зонты работают бесшумно и способны автоматически выравниваться в соответствии с изменениями суточной температуры. Они открываются утром, образуя полупрозрачный навес, и закрываются вечером
<i>Тентовая церковь в Меторо, Республика Мозамбик</i>	сводчатые	Первоначальный подход заключался в классической организации церкви с планом в виде латинского креста, состоящего из двух объемов 26х7,30 и 21х7,30 м, выполненных из модульных алюминиевых конструкций. Кровля выполнена из ткани с белым ПВХ покрытием, светопрозрачность которого придаёт внутреннему пространству церкви тёплую и лёгкую атмосферу
<i>Религиозные сооружения для лагерей беженцев. Мечеть, Синагога</i>	сводчатые; покрытия на прямолинейном каркасе	<i>Мечеть.</i> Сооружение приобрело конкретные формы, связанные с ежедневными частыми молитвами. Основными правилами формообразования явились симметрия, сохранение продольной оси, ориентированной в соответствии с Кибла, а также квадратный или прямоугольный план. Для этого создана структура из нескольких базовых модулей со сводчатыми покрытиями; <i>Синагога.</i> Конструкция состоит из квадратного основания, к которому крепится туго натянутая ткань. Форма позволила создать несколько входов и открыть центральную часть кровли, что облегчило выполнение ряда ритуалов и правил иудейской практики

Рассмотренные культовые архитектурные объекты с точки зрения особенностей формообразования имеют конструктивные схемы, представленные каркасными системами или вантами. Объекты, представленные в статье, в большинстве своём являются стационарными, что говорит о новых возможностях тентовой и пневматической архитектуры и о способности мембранных материалов служить длительный срок.

Литература

1. Мыскова О.В. Архитектура тентовых сооружений: проблемы формообразования (1990-2000гг.): дис. ...канд.арх. 18.00.01. Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия. – М.: РААСН, 2004. – 279 с.
2. Ожиганова И.С. Особенности формообразования архитектурных объектов на основе мембранных систем // Международный электронный научно-образовательный журнал АМИТ, 2 (35) 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.marhi.ru/AMIT/2016/2kvart16/ozhiq/abstract.php>
3. Di Tian. Membrane Materials and Membrane Structures in Architecture. The University of Sheffield, School of Architecture, 2011. – 93 с.
4. TensiNet association [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.tensinet.com>

5. R.M.O. Paulett, R.M.L.R.F. Brasil, R.A.A. Alvim. A Large Membrane Roof for the Baptist Church of Fortaleza: from Models to Realization. Escola Politecnica da Universidade de Sao Paulo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.lmc.ep.usp.br/people/pauletti/Publicacoes_arquivos/baptist_church.pdf
6. Enzo Eusebi + Partners. 2010 Church Of The Resurrection (309) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.enzoeusebi.it/work/2010-church-of-resurrection-309>
7. Designboom. Ferran Vizoso Preserves a Derelict Church in Spain [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.designboom.com/architecture/ferran-vizoso-architecture-frames-a-derelict-church>
8. Ezpazio. Faith in tensile structures [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.editorialespazio.com/proyectos/detalle/74>
9. Arch Daily. Yale Students Propose a Series of Pop-Up Religious Buildings to Sustain Culture in Refugee Camps [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.archdaily.com/789047/yale-students-propose-a-series-of-pop-up-religious-buildings-to-sustain-culture-in-refugee-camps>
10. Скопенко В.А. Тентовая архитектура: «оригинальный» эпилог // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН, 4/2010. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/tentovaya-arhitektura-originalnyy-epilog>
11. Сапрыкина Н.А. Основы динамического формообразования архитектурных объектов // Учебник для вузов. - М.: Архитектура-С, 2005. - 312 с.
12. Philip Drew. Tent Architecture. – London: Thames & Hudson, 2008. – 208 с.

References

1. Myskova O.V. *Arhitektura tentovyh sooruzhenij: problemy formoobrazovaniya (1990-2000gg.)* [Architecture of tensile structures: problems of form-building (1990-2000)]. Moscow, 2004, 279 p.
2. Ozhiganova I.S. *Osobennosti formoobrazovaniya arhitekturnyh ob#ektov na osnove membrannyh system* [The features of form-building of architectural objects based on membrane systems]. Available at: <http://www.marhi.ru/eng/AMIT/2016/2kvart16/ozhig/abstract.php>
3. Di Tian. Membrane Materials and Membrane Structures in Architecture. The University of Sheffield, School of Architecture, September 2011. – 93 p.
4. TensiNet association. Available at: <http://www.tensinet.com>
5. R.M.O. Paulett, R.M.L.R.F. Brasil, R.A.A. Alvim. A Large Membrane Roof for the Baptist Church of Fortaleza: from Models to Realization. Escola Politecnica da Universidade de Sao Paulo. Available at: http://www.lmc.ep.usp.br/people/pauletti/Publicacoes_arquivos/baptist_church.pdf
6. Enzo Eusebi + Partners. 2010 Church Of The Resurrection (309). Available at: <http://www.enzoeusebi.it/work/2010-church-of-resurrection-309>
7. Designboom. Ferran Vizoso Preserves a Derelict Church in Spain. Available at: <http://www.designboom.com/architecture/ferran-vizoso-architecture-frames-a-derelict-church>

8. Ezpazio. Faith in tensile structures. Available at: <http://www.editorialespazio.com/proyectos/detalle/74>
9. Arch Daily. Yale Students Propose a Series of Pop-Up Religious Buildings to Sustain Culture in Refugee Camps. Available at: <http://www.archdaily.com/789047/yale-students-propose-a-series-of-pop-up-religious-buildings-to-sustain-culture-in-refugee-camps>
10. Skopenko V.A. *Tentovaya arhitektura: «original'nyj» jepilog* [Tent architecture: "the original" epilogue"]. Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/tentovaya-arhitektura-originalnyy-epilog>
11. Saprykina N.A. *Osnovy dinamicheskogo formoobrazovaniya arhitekturnyh ob#ektov* [Foundations of dynamic formbuilding of architectural objects]. Moscow, 2005, 312 p.
12. Philip Drew. Tent Architecture. Thames & Hudson, London, 2008, 208 p.

ОБ АВТОРЕ

Ожиганова Ирина Сергеевна

Аспирант, кафедра «Основы архитектурного проектирования», Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия
e-mail: ozhiganova-irina@yandex.ru

ABOUT THE AUTHOR

Ozhiganova Irina

Postgraduate Student, Chair «Foundations of Architectural Design», Moscow Institute of Architecture (State Academy), Moscow, Russia
e-mail: ozhiganova-irina@yandex.ru