

СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЯ ХРАМОВЫХ ЗДАНИЙ

К. В. Талантова, Л. В. Халтурина

В нашей стране в течение последних двадцати лет активно возрождается православие. Религия – одна из форм общественного сознания, духовная опора общества – одновременно является социальным институтом, для функционирования которого нужны специалисты – служители культа, здания для богослужений, предметы культа, литература. В советское время множество храмов было разрушено или перепрофилировано. На долгие годы был практически остановлен процесс создания культовых сооружений, богатые многовековые традиции строительства церквей в нашей стране не развивались и не обогащались современными архитектурными, конструкторскими и технологическими достижениями.

Храмовые постройки должны в максимальной степени соответствовать функциональным задачам определенной религии. Православная церковь, отличающаяся устойчивостью традиций, консервативностью, четко определяет объемно-планировочную структуру и функциональную взаимосвязь помещений и элементов храма, его предметную среду.

По заказу ООО «Ремстройпроект» был разработан вариант проекта Храма Покрова Божьей Матери в с. Волчиха Алтайского края. Работа выполнялась при участии студентов гр. ПГС -74 Д. М. Ислентьева и П. С. Харченко (руководитель – К. В. Талантова) в рамках дипломного проектирования. В представляемом варианте проекта была предпринята попытка синтезировать традиционные архитектурно-планировочные решения и современные конструкции, материалы и технологии. Архитектурно-планировочное решение Храма было выполнено по православным канонам и основано на лучших традициях русского православного зодчества [1, 2]. Оригинальность разработанного проекта состоит в том, что при традиционных планировочных решениях были предложены и разработаны современные тонкостенные пространственные конструкции покрытия церкви в виде оболочек, запроектированных в двух вариантах – типовом, с использованием железобетонных оболочек покрытия и с применением композици-

онного материала – сталефибробетона (СФБ). Применение СФБ гарантировало обеспечение архитектурной выразительности облика Храма, подготовленную внутреннюю поверхность оболочек под роспись. При проектировании авторы стремились органически связать церковь и весь комплекс со степным ландшафтом сельской местности и с окружающей одноэтажной малоплотной застройкой села. При работе над фасадами, их декоративном и цветовом решении, над организацией территории исходили из того, что храм в селе должен иметь совсем другое звучание, нежели в городской застройке. Сельские храмы издавна были «прекрасны той же таинственной красотой, что и окружающий их пейзаж», их отличала легкость, простота, изящество [9].

Храм, рассчитанный на 240 прихожан, запроектирован однефным, трехчастной структуры, вытянутым в плане с востока на запад с тремя главами в завершении, расположенными по одной оси. Наиболее высокая часть храма – надстроенная над притвором звонница в виде башни с открытыми проемами и восьмигранным покрытием в виде шатра, увенчанная главой с крестом – акцентирует внимание на центральный вход в церковь. Четырехстолпная средняя часть имеет высоту (без барабана и купола), соответствующую ее размерам в плане. К средней части с восточной стороны примыкает полукруглая апсида с покрытием в виде купола, переходящего в оболочку, а с южной и северной сторон – прямоугольные в плане тамбуры дополнительных входов. Над средней частью и алтарем на барабанах расположены главы луковичной формы, увенчанные крестами. Продольный разрез Храма представлен на рисунке 1. Простоту и легкость храму придают окрашенные в белый цвет оштукатуренные стены, голубые скаты крыш, позолоченные купола и кресты. Украшением фасадов служат не перегруженные деталями декоративные объемные элементы округлой формы, простое завершение стен, удачное решение арочных обрамлений оконных и дверных проемов, элегантные решетки на окнах.

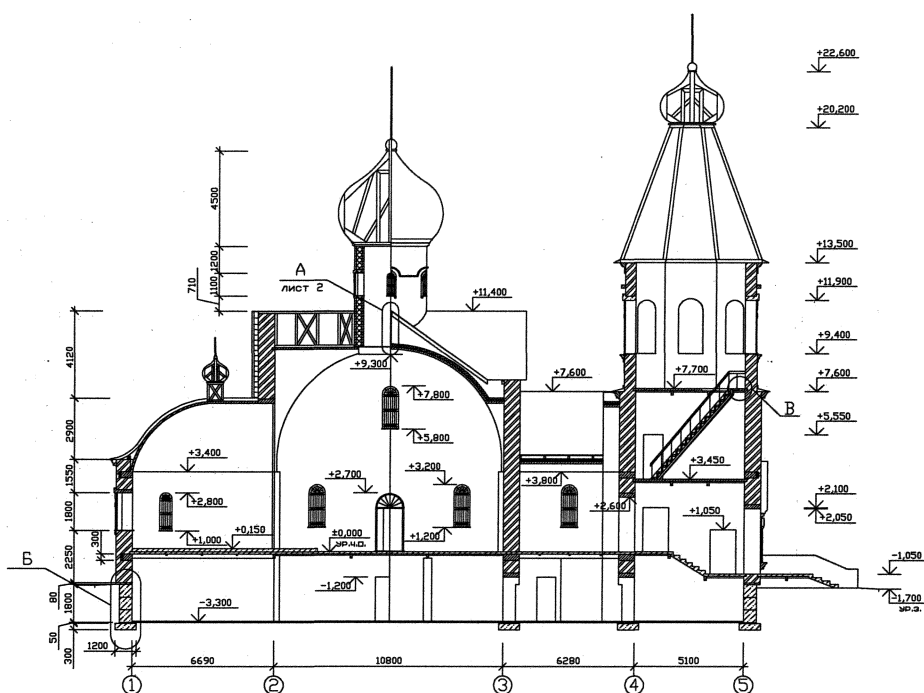


Рисунок 1 – Продольный разрез Храма

Под территорию церкви отведен участок площадью 2,26 га с размерами 67,7х37 м. (на пересечении улиц Ворошилова и Кирова села Волчиха). План расположения зданий и сооружений разработан в соответствии с рекомендациями, изложенными в СП 31-103-99 [1]. Территория храмового комплекса организована с учетом принципа функционального зонирования и условно поделена на 4 зоны: входную, храмовую, вспомогательного назначения, хозяйственную. Во входной зоне предусмотрен въезд для автотранспорта и вход для прихожан, церковный киоск, места для отдыха. За оградой, рядом с входной зоной предусмотрена автостоянка для автомобилей. В храмовой зоне с юго-восточной стороны от центрального входа расположено здание храма, положение которого определено церковным требованием - ориентация алтаря в восточном направлении. Для проведения культовых мероприятий вокруг храма обеспечен круговой обход с площадками напротив алтаря и перед боковыми входами.

Исходя из небольшого количества прихожан, однокорабная трехчастная планировка храма: алтарь – средняя часть – притвор с трапезной, определилась особенностями богослужения, обеспечением необходимых условий видимости и слышимости с фокусиров-

кой внимания на центральной алтарной части. Здание храма размерами в крайних осях 29,64х12,34 м, с надземным и цокольным этажом (стилобатом), надстроенной над притвором звонницей имеет высоты от уровня земли до верха луковиц глав: над алтарем – 7,7 м; над средней частью – 18,9 м; над звонницей – 22,6 м (рисунок 1). Надземный этаж имеет зальную систему планировки с последовательным расположением притвора с трапезной, центральной части и алтаря. Каждая часть имеет условные границы, обозначенные арочными проемами в стенах. В цокольном этаже расположены помещения богослужебного и вспомогательного назначения: крещальня, помещение для отпевания, и др. Этажи и звонница сообщаются между собой при помощи внутренних лестниц, из цокольного этажа имеются также дополнительные эвакуационные выходы наружу. При проектировании Храма учтены все специфические требования и рекомендации к уровню освещенности, направленности и месту источника освещения каждой структурной части храма.

Здание Храма запроектировано с поперечными и продольными несущими стенами, в средней части с колоннами по углам. Пространственная жесткость здания обеспечена жестким диском монолитного перекрытия цо-

кольного этажа, монолитными поясами, расположенными в уровнях перекрытия цокольного этажа и опирания конструкций покрытия, а также монолитными железобетонными колоннами (столпами) средней части и монолитными железобетонными обрамлениями проемов надземного этажа, которые объединены в единую пространственную систему.

Архитектурно-планировочное решение здания потребовало применения над каждой ее частью конструкций покрытия разной формы и размеров. Оболочка покрытия алтаря представляет собой тонкостенную составную пространственную конструкцию длиной 5,9 м, состоящую из купольной части радиусом 3,9 м, переходящей в цилиндрическую оболочку длиной 2,0 м. Ширина оболочки покрытия алтаря равна 7,8 м. Оболочка по контуру опирается на монолитный пояс, а также на арочную конструкцию проема между алтарем и средней частью.

Конструкция покрытия средней части представляет собой составную цилиндрическую оболочку (крестовый свод) размерами в плане 10,8×10,8 м и высотой подъема 5,9 м. Крестовый свод условно разделен на два основных элемента: отсеченные цилиндрические сегменты и опорный контур. Опорный контур состоит из четырех полуарок, в верхней части упирающихся в кольцо. Полуарки и верхнее кольцо выполнены из прокатных двутавров. Сегменты представляют собой тонкостенные пространственные сталефибробетонные (железобетонные) элементы, которые по торцам опираются на стены, по линиям отсечения - на полуарки опорного контура. Нижней частью полуарки опираются на колонны, расположенные по углам средней части здания. Возникающий в крестовом своде распор, передается на монолитный железобетонный пояс и колонны. Верхнее опорное кольцо служит также для опирания барабана, состоящего из двух цилиндрических оболочек, между которыми расположен утеплитель. Сверху на барабане устроена луковица (Глава).

Конструкции покрытия над алтарем и средней частью были разработаны в двух вариантах: из железобетона (ЖБ) и с применением сталефибробетона (СФБ). Применение СФБ в тонкостенных конструкциях покрытия Храма был рассмотрен как альтернативный вариант типовым решениям, позволяющий обеспечивать эксплуатационные характеристики элементов конструкций, снизив расход материалов, их стоимость и трудоемкость возведения [4,5,7,8,10,11,12]. Сталефибробе-

тон рекомендуется для применения в элементах конструкций, в которых наиболее эффективно могут быть использованы следующие его технические преимущества по сравнению с железобетоном: повышенная прочность при растяжении, трещиностойкость, ударная вязкость, морозостойкость; возможность использования более эффективных конструктивных решений тонкостенных конструкций без стержневой или сетчатой распределительной и поперечной арматуры; снижение трудозатрат на арматурные работы; возможность применения новых, более производительных приемов формования конструкций, например, метод гнутья свежесформованных листовых элементов конструкций.

Статический расчет оболочек выполнен методом конечных элементов средствами BK SCAD, который был предоставлен авторам ЗАО НПП «Стройинжиниринг, ЭРА - XXI век», сертификат соответствия № РОСС RU. СР 09. Н 000 26. Для описания расчетной схемы конструкции покрытия алтаря приняты конечные элементы (КЭ): № 42 – треугольный элемент оболочки и № 44 – четырехугольный элемент оболочки. Для описания расчетной схемы конструкции крестового свода приняты конечные элементы: в сегментах № 42 и № 44 и № 5 – пространственный стержень. Расчетные схемы оболочек представлены на рисунках 2 и 3. Жесткостные характеристики КЭ приняты в соответствии с выбранными материалами. Основными нагрузками, действующими на оболочки покрытия, являются собственный вес конструкции, вес утеплителя, вес стропильной конструкции и кровли, а также снеговая нагрузка. Нагрузка от веса барабана прикладывалась исходя из расчета на опрокидывание от ветрового воздействия.

Материалы для ЖБ вариантов оболочек покрытия алтаря и средней части приняты следующие: бетон класса В15 и арматура класса Вр-I (B500). Армирование ЖБ оболочек производилось в соответствии с картинами полей напряжений сетками из арматуры Вр-I диаметром 4 и 5 мм. Материал заполнения оболочек в нетиповом варианте – сталефибробетон на основе мелкозернистого бетона группы А, класса по прочности на сжатие В30. Армирование СФБ оболочек – дисперсное, стальной фиброй из малоуглеродистой проволоки общего назначения по ГОСТ 3282, длиной $l_f=60$ мм и диаметром $d_f=0,5$ мм производилось в соответствии с картинами полей напряжений, полученными в результате

статического расчета. Армирование СФБ оболочек осуществлялось так же как и ЖБ оболочек в соответствии с полученными в результате статического расчета картинами полей напряжений (рисунки 4 и 5). Кроме того, для выполнения комбинированного армирования использовалась регулярная арматура Вр-I (В-500) диаметром 4 мм.

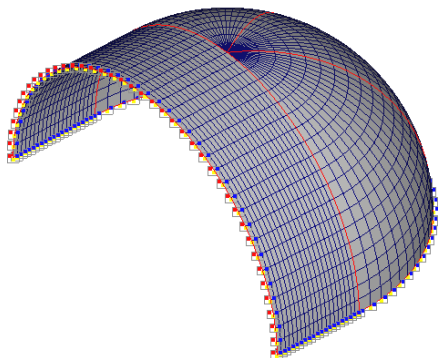


Рисунок 2 – Оболочка покрытия алтаря. Расчетная схема, полученная средствами BK SCAD

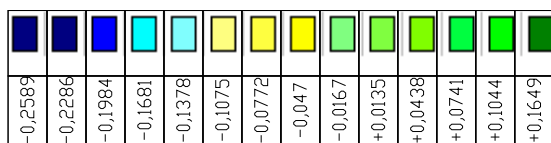
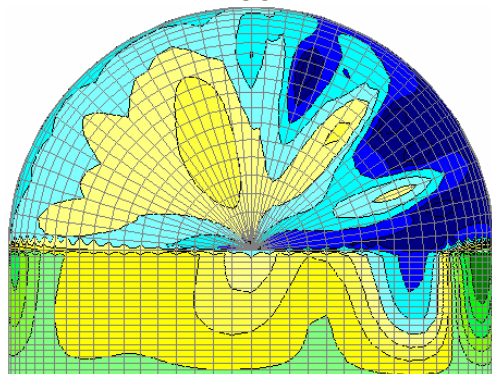


Рисунок 4 – Оболочка покрытия алтаря. Картина полей напряжений от совместного действия нагрузок

Конструктивные расчеты оболочек были выполнены на усилия от самых невыгодных загружений на сжатие и растяжение. Причем конструктивные расчеты СФБ вариантов необходимо было предварить определением прочностных характеристик сталефибробетона на сжатие и растяжению в соответствии с принятыми в России требованиями [4]. Коэффициент объемного фибрового армирования оболочки покрытия алтаря μ_{fv} в соответ-

ствии с результатом статического расчета (полученными картинами полей напряжений и максимальными значениями напряжений растяжения σ_t) принят 0,5 %, составной оболочки крестового свода - $\mu_{fv} = 1,5$ %. Ввиду того, что изгибающие моменты, действующие в сечениях оболочек, малы, прочностной расчет на сжатие производился как внецентренно-

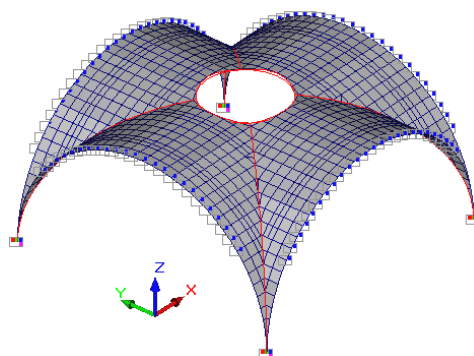


Рисунок 3 – Оболочка покрытия средней части Храма. Расчетная схема, полученная средствами BK SCAD

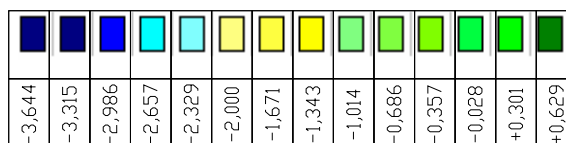
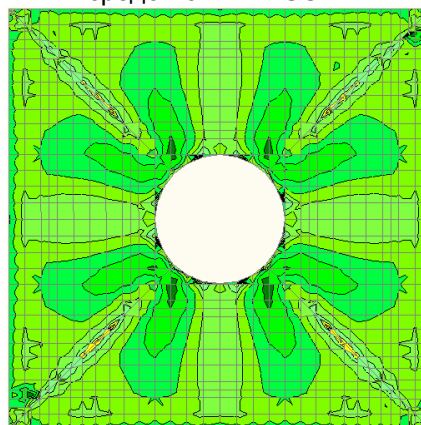


Рисунок 5 – Оболочка покрытия средней части храма. Картина полей напряжений от совместного действия нагрузок

сжатых элементов со случайным эксцентриситетом. Расчет на растяжение выполнялся с центральным приложением растягивающего усилия в двух направлениях. Кроме того, для оболочек были выполнены расчеты на устойчивость.

Расчетные схемы СФБ вариантов оболочек повторяют расчетные схемы ЖБ вариантов с необходимыми изменениями по размерам сечений элементов и модулям упругости материала. Помимо расчетов оболочек

покрытия выполнен проверочный расчет полуарок опорного контура.

В проекте было разработано предложение по технологии устройства СФБ оболочек покрытия, заключающееся в изготовлении сегментов СФБ оболочек на месте, их укрупнении и окончательной сборки на проектных отметках. Для приготовления раствора и бетонной смеси для нужд объекта, а также сталефибробетонной смеси для формирования сегментов оболочек покрытия на приобъектном полигоне запроектирован бетоно-растворо-смесительный узел. После набора прочности сегментов осуществляется их укрупненная сборка с последующим монтажом и окончательной сборкой в проектном поло-

жении. Для обеспечения жесткости гнутых сегментов СФБ оболочек при изготовлении они усиливаются ребрами жесткости по контуру.

Разработанные конструктивные решения тонкостенных оболочек покрытия и технологические приемы устройства СФБ вариантов покрытия позволили повысить технико-экономические показатели конструкций покрытия и всего объекта в целом (таблица 1).

Результаты, полученные в работе, свидетельствуют о перспективности применения СФБ оболочек покрытия для храмовых зданий, обеспечивающих архитектурную выразительность и технико-экономическую целесообразность предлагаемых решений.

Таблица 1 – Техничко-экономические показатели сравниваемых вариантов покрытия

Наименование конструкции	Показатели						
	Сметная стоимость возведения, тыс. руб	Нормативная трудоемкость, чел/час	Расход стальной фибры, кг	Расход арматурной стали, кг	Расход бетона, м ³	Масса конструкции, тонн	Стоимость 1-го м ³ , тыс. руб.
Железобетонная оболочка покрытия алтаря	68,7	126,2	-	153,9	5,1	12,8	1,65
Сталефибробетонная оболочка покрытия алтаря	57,3	75,7	82,7	30,3	2,1	4,8	1,38
Железобетонная оболочка покрытия средней части	148,6	273,8	-	761,7	12,8	32,0	3,60
Сталефибробетонная оболочка покрытия средней части	124,3	169,7	702,0	19,6	6,0	14,8	3,00

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- СП 31-103-99. Здания, сооружения и комплексы православных храмов.
- МДС 31-9.2003 Православные храмы и комплексы православных храмов. Пособие по проектированию и строительству (к СП 31-103-99 Здания, сооружения и комплексы православных храмов).
- Пособие по проектированию железобетонных пространственных конструкций покрытий и перекрытий/ НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1979. – 421 с.
- Рекомендации по проектированию и изготовлению сталефибробетонных конструкции. – М. : НИИЖБ Госстроя СССР. 1987. – 181 с.
- Рабинович Ф. Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции [Текст]: монография / Ф. Н. Рабинович. – М. : Издательство АСВ, 2004. – 560 с.
- Современные пространственные конструкции: Справочник / Ю. А. Дыховичный и др. : – М. : Высш. шк., 1991. – 543 с.
- Талантова К. В. Композит – сталефибробетон – перспективное направление усовершенствования строительных конструкций [Текст] / К. В. Талантова, Н. М. Михеев // Проектирование и строительство в Сибири. – 2001. – №12. – С. 27-29.
- Тонкостенные сталефибробетонные конструкции в гражданском строительстве. Обзорная информация // Конструкции жилых и общественных зданий, технология индустриального домостроения. Вып. 10. – М., 1987. – 54 с.
- Храмы. Монастыри / Вед. ред. Е. Ананьева. – М. : Аванта+, 2003. – 184 с.
- Dratkobetonove konstrukce. Smernice pro navrhovany, provadeny, kontrolu vyroby a zkouseni dratkobetonovych konstrukci. – Praha.- 1999. – Technical Manual. – 107 p.
- Colin D. Johnston. Steel fibre - reinforced concrete – present and future in engineering construction. Composites. – 1982, vol. 13. – N2. – P. 113-121.
- Walraven. J. The evolution of concrete. // Structural Concrete. Journal of the fib. // V.1, #1, March, 1999. – P. 3-11.