

СБОРНО-МОНОЛИТНЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ,  
ИЗГОТАВЛИВАЕМЫЕ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ОПАЛУБКИ

Азизов Т.Н. Уманский государственный педагогический университет  
имени Павла Тычины

АНОТАЦИЯ:

**АННОТАЦИЯ:** В статье приводится способ изготовления и монтажа пространственных конструкций в виде сводов и конических оболочек, изготавливаемых без применения лесов и опалубки. Приводятся преимущества таких конструкций как с точки зрения экономии материалов, так и при их изготовлении и монтаже.

ABSTRACT:

**Постановка задачи и анализ публикаций.** Тонкостенные пространственные покрытия имеют ряд преимуществ по сравнению с покрытиями из плоскостных конструкций. На изготовление пространственных конструкций расходуется на 25-40% меньше материалов [спекурс]. Однако изготовление пространственных конструкций связано с большими сложностями при монтаже сборных конструкций и большим расходом металла на закладные детали [брош.] или достаточно большой стоимостью опалубки при изготовлении монолитных пространственных конструкций. Так, по данным [спекурс] при производстве 1 кубометра монолитного железобетона стоимость опалубки составляет 18% общей стоимости, а трудоемкость установки опалубки 41%.

Толщина монолитных оболочек даже относительно небольшого пролета должна приниматься не менее 60 мм из условий обеспечения качественного бетонирования на месте строительства [спекурс, Вахненко], хотя при малых пролетах по условиям прочности может быть достаточной толщина 25-40 мм.

Таким образом, при явных преимуществах пространственных конструкций с одной стороны, сложность их изготовления и монтажа ограничивает их применение и приводит к удорожанию.

**Целью настоящей статьи** является разработка способа изготовления и монтажа тонкостенных пространственных конструкций с существенным уменьшением стоимости опалубочных работ.

**Изложение основного материала.** Рассмотрим метод изготовления сборно-монолитного железобетонного свода без использования сложной опалубки.

Свод может изготавливаться как на заводе, так и на строительной площадке. Способ изготовления заключается в следующем (рис. 1). На бетонируемую поверхность (ровный пол или опалубочная форма) укладываются деревянные нижние прокладки 1 толщиной, равной половине толщины стенки полой балки. Ширина прокладок может составлять 50 мм при толщине свода 40-80 мм. Шаг прокладок подбирается в зависимости от количества и ширины панелей, составляющих свод. Ширина панели может приниматься равной 1-1.5 метра. Затем на прокладки укладывается арматурная сетка 2.

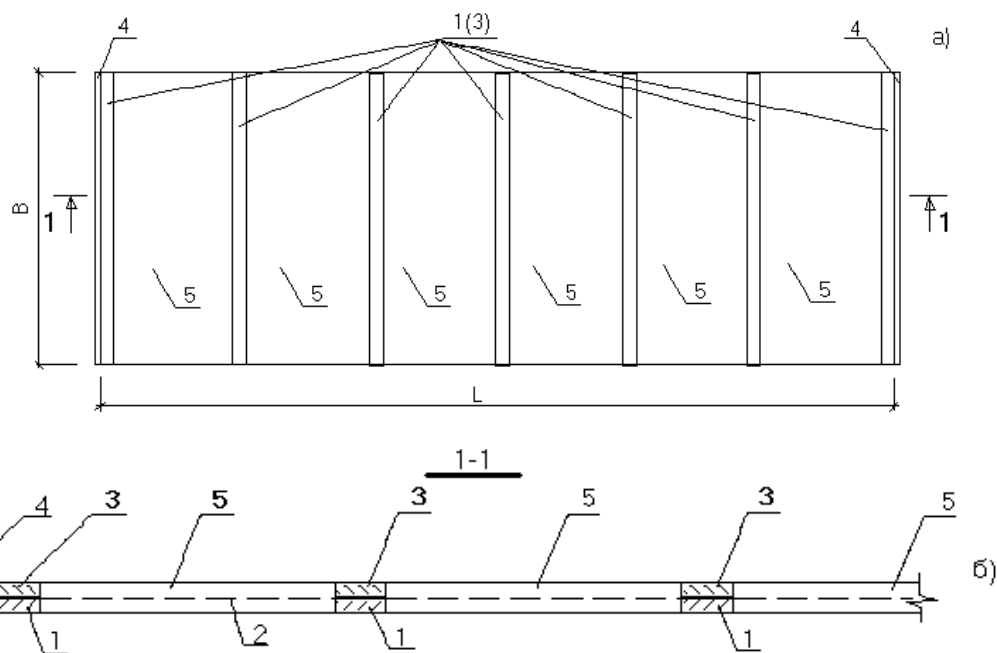


Рис. 1. Схема бетонирования железобетонного свода

Диаметр рабочей арматуры сетки подбирается расчетом прочности нормальных сечений железобетонного свода. После этого укладываются верхние деревянные прокладки 3 и торцевая опалубка 4 (ее ширина равна толщине стенки свода). Затем заливается между прокладками бетон конструкции свода. После достижения бетоном прочности распалубливания (достаточно трех суток, если конструкция изготавливается на строительной площадке) торцевая опалубка 4 и верхние прокладки 3 убираются. С двух сторон «гирлянды» с помощью крана приподнимаются секции свода кверху и убираются нижние прокладки 1.

Форма оболочки свода образуется следующим образом. К металлической подъемной траверсе 6 (рис. 2) прикрепляются тросы 7 разной длины. Второй конец тросов 7 крепится к арматурной сетке свода. При подъеме краном траверсы 6 отдельные секции 5 железобетонной «гирлянды» под действием собственного веса провисают на тросах 7, в результате чего образуется ломанная пространственная система (рис. 2). Подбором длины тросов можно создать любую требуемую форму свода. После подъема в каждом промежутке между секциями свода устанавливаются временные подпорки (достаточно неликвидного деревянного бруса) с двух сторон свода и подъемный кран может быть свободным.

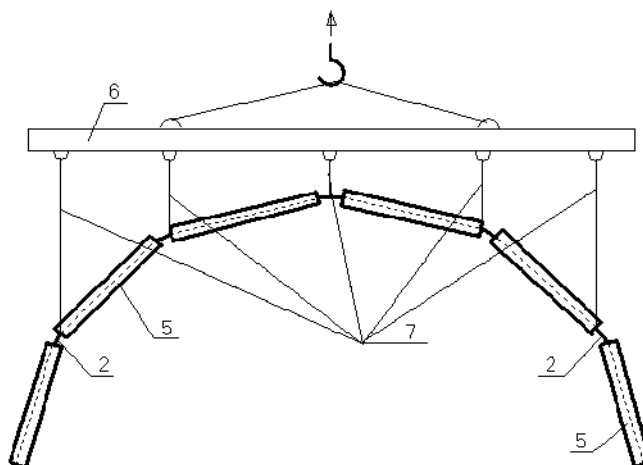


Рис. 2. Схема придания формы железобетонному своду путем его подвешивания

После фиксации с помощью временных подпорок участки оголенной сетки омоноличиваются с помощью опалубки, состоящей из одной доски шириной 70-80 мм, привязанной к арматуре свода в промежутках между секциями.

После набора прочности бетона омоноличивания в нижней части железобетонного свода привариваются затяжки или он крепится к фундаментам, после чего временные подпорки убираются и свод готов к эксплуатации.

Преимуществом предлагаемого железобетонного свода является отсутствие необходимости устройства сложной пространственной опалубки для бетонирования криволинейной поверхности, четкое обеспечение величины защитного слоя бетона сверху и снизу арматурной сетки, а также обеспечение точной толщины свода. Преимуществом является также возможность придания любой формы свода за счет варьирования длиной подвешивающих тросов, возможность бетонирования оболочки минимальной толщины, выбирающейся исключительно из условия ее прочности, трещиностойкости и жесткости, а не из условия возможности бетонирования криволинейных и вертикальных поверхностей. Кроме того, забетонированная на полу железобетонная гирлянда может быть использована в качестве навесных панелей ограждения и т.п.

Длина свода (размер В на рисунке 1,а) может приниматься по усмотрению изготовителя и определяется грузоподъемностью крана или удобством монтажа.

В качестве примера рассмотрим железобетонный свод, сечение которого очерчено по окружности диаметром 4.5 метра. Пролет свода 9 м, наибольшая высота – 4.5 м. При толщине стенок свода 40 мм и расчетной снеговой нагрузке  $98 \text{ кГ/м}^2$  (третий снеговой район с учетом коэффициента перегрузки) общая нагрузка с учетом собственного веса составит около  $200 \text{ кГ/м}^2$ . При такой геометрии и нагрузке для обеспечения прочности свода его достаточно армировать в рабочем направлении арматурой диаметром 10 мм класса А500, расположенной с шагом 100 мм. Ширину секции можно принять равной 1000 мм (14 секций) или 1400 мм (10 секций). Объем бетона при длине ячейки в 6 м составит  $3.4 \text{ м}^3$  и примерный вес 8.2 т, что позволяет изготавливать на строительной площадке такие своды с использованием обычного автомобильного крана.

Рассмотрим теперь способ изготовления покрытия в виде усеченной пирамиды (усеченного конуса). Если известен радиус перекрываемого помещения R и требуемая высота покрытия  $h_p$  (рис. 3).

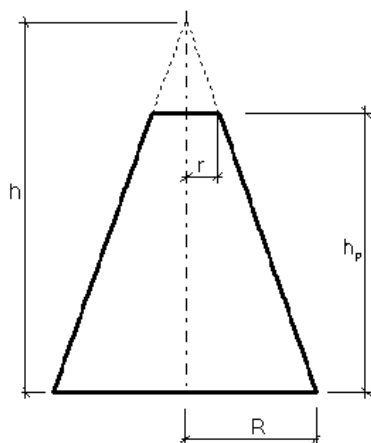


Рис. 3. Схема покрытия в виде усеченной пирамиды

Также как и при изготовлении свода для бетонирования покрытия в виде усеченной пирамиды на полу укладываются радиальные прокладки по линиям рассечения развертки пирамиды (конуса) на секторальные элементы (рис. 4). Поверх прокладок укладывается сетка. Поверх сетки укладываются верхние прокладки и пирамида бетонируется. Следует отметить, что бетонирование производится чрезвычайно просто, т.к. бетонируется плоская конструкция.

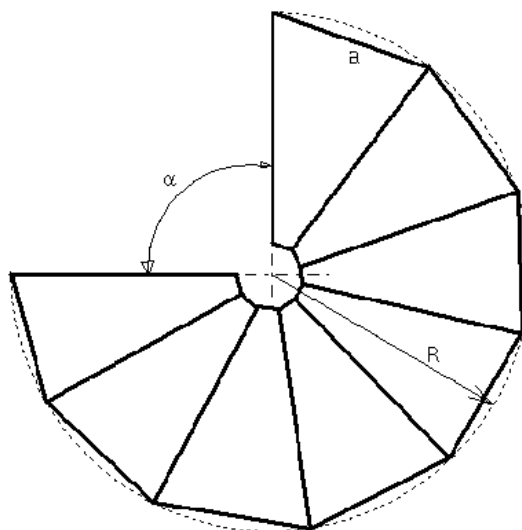


Рис. 4. Схема бетонирования (на полу) покрытия в виде усеченной пирамиды

Угол  $\alpha$  участка развертки конуса, который не бетонируется (рис. 4), рассчитывается в зависимости от диаметра основания (перекрываемой поверхности)  $R$  и высоты конуса  $h$ , которая в свою очередь зависит от заданной высоты покрытия  $h_p$  и радиуса верхней части  $r$  (см. рис. 3).

После набора бетоном необходимой прочности деревянные прокладки убираются и развертка поднимается вверх краном за участок радиусом  $r$ , который может быть заполнен бетоном или на этом участке может быть отверстие. При поднятии развертки пирамида принимает рабочее положение за счет оголенных участков арматурной сетки по линиям рассечения на секторальные элементы. После придания пирамиде рабочего положения сетки крайних граней, расположенных с двух сторон необетонированного участка (две грани угла  $\alpha$  на рис. 4) привязываются или привариваются между собой и дальнейшая потребность крана отпадает, т.к. конструкция становится вполне устойчивой. Затем к оголенным участкам привязывается опалубка, состоящая также как и при бетонировании свода из одной доски шириной 70-80 мм, и эти участки бетонируются. После набора бетоном омоноличивания необходимой прочности покрытие может быть смонтировано на требуемое место. В виду весьма малого веса такого покрытия оно может быть изготовлено также непосредственно на месте его дальнейшего расположения на перекрытии последнего этажа здания или сооружения.

Преимущества такого покрытия очевидны. Ввиду большой жесткости и прочности конструкции в виде усеченной пирамиды ее толщина может приниматься очень малой (25-30 мм). Для подтверждения вышесказанного приведем пример покрытия с диаметром основания 9 м и высотой 1.5 м с наличием отверстия в верхней части диаметром  $r=400$  мм (см. рис. 3). Пусть толщина оболочки 30 мм. При действии на такое покрытие нагрузки в  $200 \text{ кГ/м}^2$  максимальные изгибающие моменты составляют (расчет произведен по программа «Лири-Windows»):  $M_x=4.4 \text{ кГ*см/см}$ ;  $M_y=11 \text{ кГ*см/см}$ ; максимальные осевые усилия (напряжения)  $N_x=21 \text{ кГ/см}^2$ ;  $N_y=-4.8 \text{ кГ/см}^2$ . Для сравнения рассчитано плоское перекрытие диаметром 9 м при действии такой же величины вертикальной нагрузки. При этом максимальные усилия составляют:  $M_x=905 \text{ кГ*см/см}$ ;  $M_y=581 \text{ кГ*см/см}$ ;  $N_x=36 \text{ кГ/см}^2$ ;  $N_y=26 \text{ кГ/см}^2$ . Т.е. максимальные изгибающие моменты в плоском перекрытии превышают аналогичные моменты в покрытии в виде усеченной пирамиды в 82 раза (!).

При таких малых усилиях в покрытии в виде усеченной пирамиды толщина оболочки может быть принята 30 мм и она может быть армирована сеткой с ячейкой 150x150мм из проволоки  $\text{Ø } 3 \text{ Вр1}$ . Уменьшение арматуры и бетона по сравнению с плоским перекрытием может составлять десятки раз. Создание такого покрытия возможно при использовании описанной выше технологии ее двухэтапного изготовления.

Следует отметить, что таким способом может быть изготовлено не только покрытие, но и здание (сооружение) при принятии соответствующей высоты усеченной пирамиды. Оно может быть изготовлено в том числе с оконными и дверными проемами, которые оставляются во время бетонирования в плоском состоянии.

Верхняя часть пирамиды может быть забетонирована одновременно с бетонировкой основного тела оболочки или после ее монтажа. Кроме того, при использовании оболочки в качестве здания (сооружения) в верхней части может быть смонтирован световой фонарь.

**Выводы и задачи дальнейших исследований.** Использование способа бетонирования конструкций покрытий или сооружений целиком в виде сборно-монолитного свода или пирамидальной оболочки позволяет получить существенную экономию материалов за счет создания объемных элементов без использования опалубки как в заводских условиях, так и на строительной площадке.

В качестве перспективы дальнейших следует провести исследования напряженно-деформированного состояния монолитных участков при действии эксплуатационных нагрузок, а также разработать другие виды пространственных конструкций по описанному в настоящей статье способу.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1\ Про оболочки
1. Цейтлин А.А. Сборные железобетонные волнистые покрытия (проектирование, изготовление и строительство). – Киев: Будівельник, 1978. – 152 с.
2. Железобетонные конструкции: Спец. курс. Учеб. пособие для вузов / В.Н. Байков, П.Ф. Дроздов, И.А. Трифонов и др.; Под ред. В.Н. Байкова. – М.: Стройиздат, 1981. – 767 с.
3. Азизов Т.Н. Экономичные конструкции покрытий и перекрытий. – Умань: Алми, 2002. – 64 с.
4. Вахненко П.Ф. Залізобетонні конструкції. – К.: Урожай, 1995. – 368 с.