УДК 624.074.4

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПОКРЫТИЙ В ФОРМЕ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ ПАРАБОЛОИДОВ

Абдуманнонов Махсуд
доцент кафедры «Архитектура» Самаркандского государственного технического университета
https://doi.org/10.5281/zenodo.23971091

Аннотация

В практике проектирования и строительства покрытий типа оболочек наряду с оболочками нулевой и положительной гауссовой кривизны получили распространения оболочки отрицательной гауссовой кривизны, очерченные по поверхности гиперболического параболоида, которые сокращенно стали называть «гипарами». Такие оболочки из монолитного железобетона, а также других строительных материалов построены в бывшего советского союза и за рубежом.

Ключевые слова: Оболочки отрицательной гауссовой кривизны, гиперболической параболоид, архитектурно – конструктивных решений, общественных зданий, геометрия гипара, прочность, экономичность, оригинальность, поверхность.

Annotation

In the practice of designing and constructing shell-type coatings, along with shells of zero and positive Gaussian curvature, negative Gaussian curvature shells outlined on the surface of a hyperbolic paraboloid were distributed, which became abbreviated as "hypars". Such shells made of monolithic reinforced concrete, as well as other building materials, were built in the former Soviet Union and abroad.

Keywords: Shells of negative Gaussian curvature, hyperbolic paraboloid, architectural and structural solutions, public buildings, hypar geometry, strength, economy, originality, surface.

В практике проектирования и строительства покрытий типа оболочек наряду с оболочками нулевой и положительной гауссовой кривизны получили распространения оболочки отрицательной гауссовой кривизны, очерченные по поверхности гиперболического параболоида, которые сокращенно стали называть «гипарами». Такие оболочки из монолитного железобетона, а также других строительных материалов построены в бывшего советского союза и за рубежом.

Поскольку гипары стали использоваться в строительстве позднее оболочек других видов, их статическое и жест костные свойства, а также проблема проектирования оказалось менее изученными и разработанными. В техническом источнике расчет оболочек в виде гипаров с прямолинейными краями по сравнению с расчетом цилиндрических сводов – оболочек и оболочек положительной гауссовой кривизны представлен пока недостаточно полно. В основном исследователи красились определения сдвигающих усилий безответной теории, но особенности ее применения и

влияния моментных факторов на общее напряженное состояние таких оболочек раскрыты еще можно сказать достаточно.

Для пологих гипаров с прямолинейными краями (отдельно стоящих и систем из четырех оболочек) приводится расчет по без моментной теория. Расчет по моментной теории основан на вариационном методе перемещений и разработан в такой форме, при которой исходные уравнения пологих оболочек сводятся непосредственно к алгебраическим без составления разрешающих дифференциальных уравнений высокого порядка. Для систем из четырех гипаров в методе расчета строго учтен угол перелома по линиям их сопряжения, что позволяет в первом приближении применить его и при расчета не пологих оболочек.

Среди многочисленных современных пространственных систем наиболее примечательными по праву считаются оболочки двоякой кривизны, которые являются выражением кординальной идеи архитектурной конструкции: «Какова форма, такова несущая способность». Действительно, тонкий стальной лист, оперты по краям, прогибается при незначительном нажатии рукой. Тот же лист, превращенный в свод, свободно несет вес человека. Так, с изменением формы, повышается несущая способность. Эта идея для разных материалов и видов нагружения используется в конструкциях самым различным способом.

Гиперболический параболоид как геометрическая форма известен в математике с XVIIв. В архитектуре гипар впервые появился в конце XIXв. Антонно Гауди придал каменному своду церкви Саграда Фамила в Барселоне очертание гипара, видя в этом не столько конструктивный смысл, сколько религиозный символ. Первым сооружением из железобетона в форме гипара считается двух консольный навес с вылетом консоли 12,5 м, построенный в

1933 г. Французским инженером Б.Лафайем. Оболочка толщиной 5 см составлена из четырех скрученных параллелограммом. В 1936 г. Гипар как конструктивный элемент исследуется математический (Ф.Эмон и Б.Лафой). Эти работы, а также выдвинутые ими идеи сочетания гипаров в покрытиях сыграли большую роль в развитии архитектуры зданий из оболочек и пробудили интерес зодчих к оболочкам, в частности к гипаром.

К настоящему времени построено большое количество зданий с применением гипаров – оболочек, выполненных в железобетоне, дереве и других материалах. Анализ последних позволяет определить некоторые закономерности их архитектурно – конструктивного развития, в частности взаимосвязь функционального назначения здания, его размеров и формы покрытия, поиски новых форм и рационального синтеза материалов. Размеры выполненных оболочек в основном небольшие по сравнению, например, с вантовыми конструкциями. Чаще всего такие оболочки имеют пролеты от 9 до 40 м. Многолетный опыт возведения гипаров – оболочек показал возможности каждого из наиболее распространённых типов оболочек.

Поверхность гипара принадлежит к поверхностям двойной разнозначный кривизны. Центры кривизны гипара лежат по разные стороны от поверхности. В результате произведение кривизны отрицательно, так же $1/R/1/R_2<0$. Поэтому гипар называют еще поверхностью отрицательной гауссовой кривизны или анти пластической (по определению Ф.Эмона) в отличие от синкластической поверхностей, так же поверхностей положительной гауссовой кривизны типа сферы, эллиптического

параболоида и т.д. Гипар, будучи поверхностей двоякой кривизны, приставляет собой не развёртывающуюся поверхность. На рис.1 изображена гипар в общем виде. Линии £, β (главные кривые гипара) – параболы. Пересечение главных парабол £, β в точке 0 – центр поверхности. Плоскости xoz и yoz – плоскости симметрии.

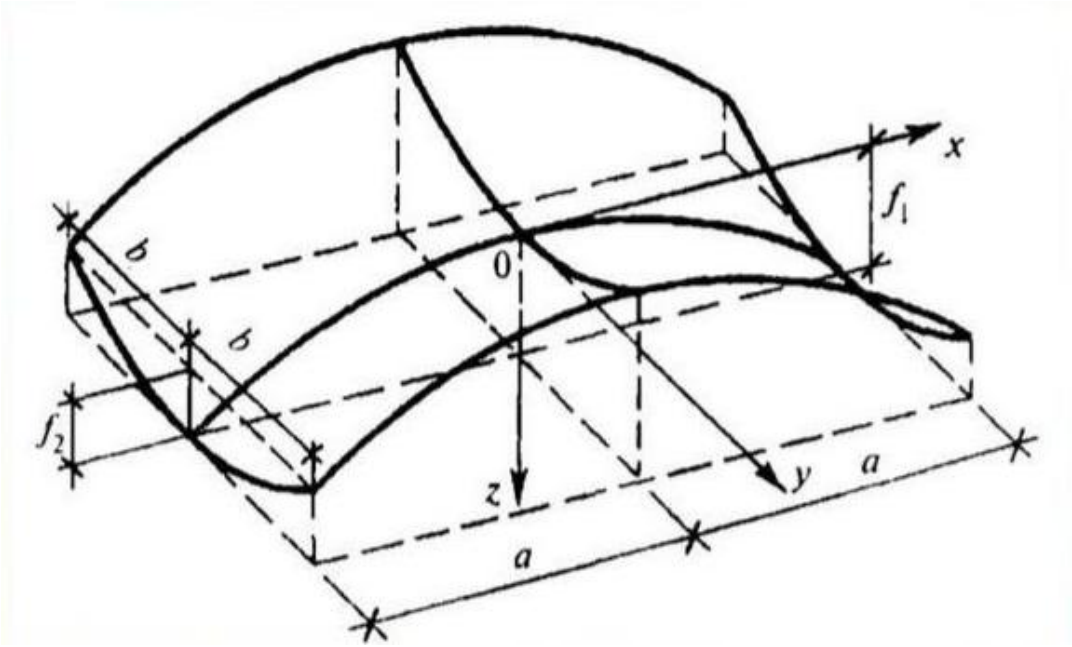

Рис.1. Геометрия гипара

Поверхность гипара может быть образована скольжением образующей параболы по направляющей параболе, причем параболы должны быть разных направлений (выпуклое и вогнутое); образующая парабола при скольжении (так же плоскопараллельном перемещении) всегда своей вершиной должна касаться направляющей (рис.2). Поверхность гипара может быть образована так же плоскопараллельным перемещением образующей прямой n_1m_1 по двум накрест лежащим направляющим n_1n_3 и m_1m_3. Или же, наоборот, скольжением прамой n_1n_3по накрест лежащим n_1n_3 и m_1m_3 (рис. 2, б). Следовательно, гипар имеет две системы прямолинейных образующих и является линейчатой поверхностью. Если

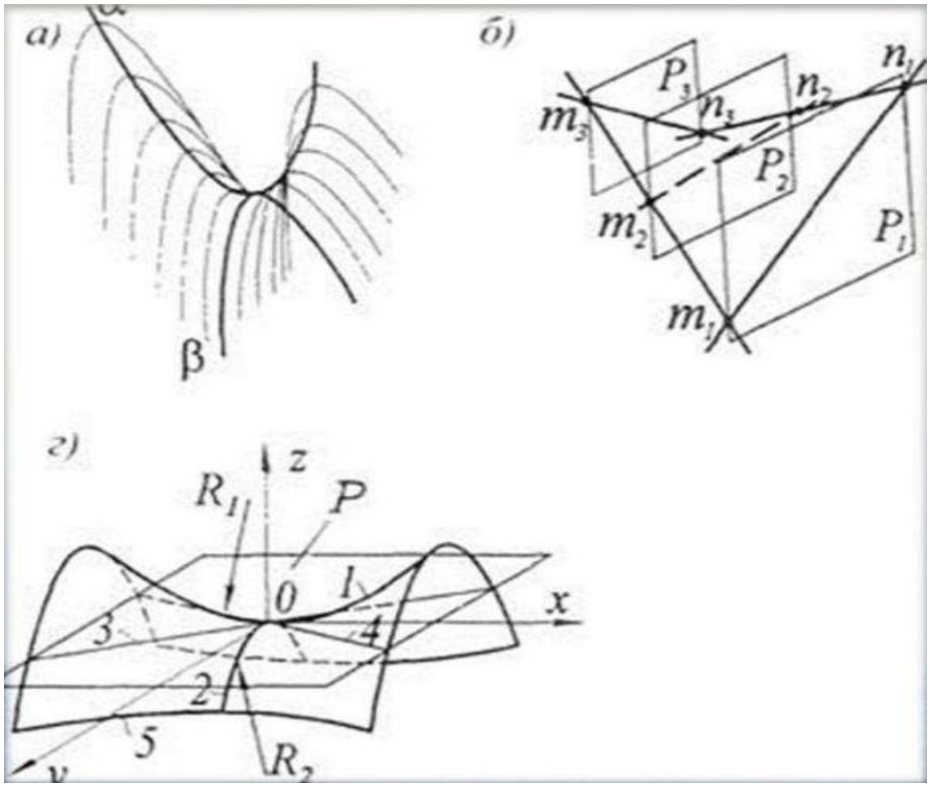

Рис.2. Способы образования поверхности гипара

а – поверхность гипара оюразована перемещением параболы; б – то же, прямой по накрест лежащим направляющим; г – образования гипара.

угол между образующими двух систем ω = 90^0, то гипар называется прямым; при ω ≠ 90^0 – косым (рис.3).

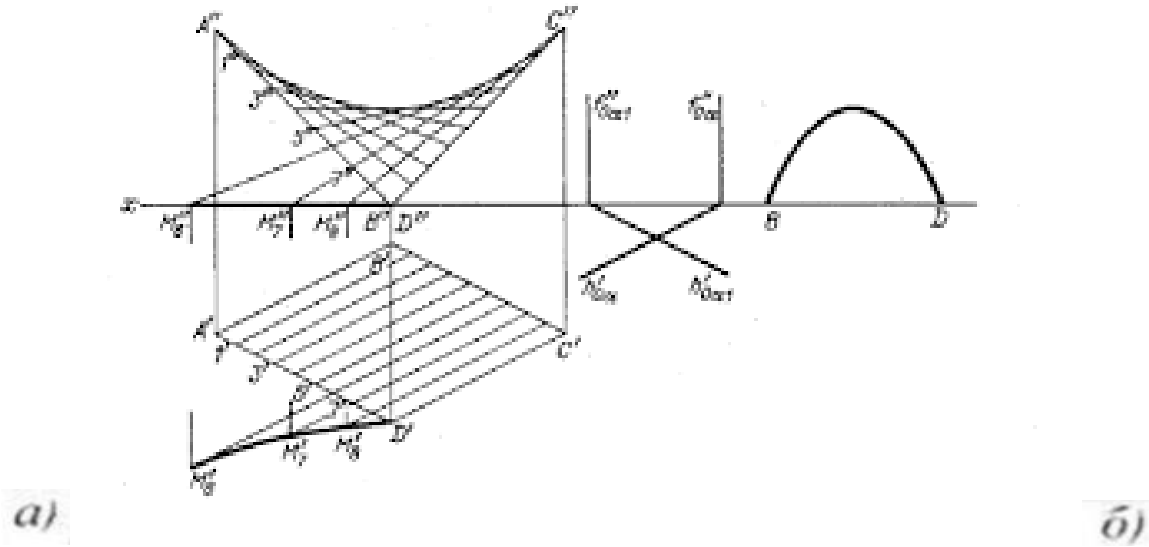

Рис.3. Гипар как система прямолинейных и криволинейных образующих

а – построение гипара; б – компоновка гипара

Наиболее простой и распространенный способ образования поверхности гипара– поверхности гипара – смещение по вертикали одного или двух углов четырехугольника, в результате чего последний становится пространственным, искривляется. Поэтому часто фрагмент гипара прямолинейными контурами называют скрученным прямоугольником (параллелограммом или ромбом). Скрученный прямоугольник можно

получить так же, если одну сторону этого прямоугольника повернуть по отношению к его плоскости на угол γ, закрепив противоположную. В зависимости от значения γ получается большая или меньшая кривизна поверхности (смотрим рис. 2).

Приведенные способы образования гипара показывают, что его природа двойственна. Он может рассматриваться как поверхность переноса и линейчатая поверхность. Гипар имеет образующие и направляющие двух родов – прямолинейные и криволинейные (параболы). Каждая точка поверхности гипара является точкой пересечения двух парабол и двух прямых, принадлежащих поверхности. Важно отметить взаимное расположение образующих поверхности двух видов – парабол и прямых. Из рис. 3, а видно, что направления параболических и прямолинейных образующих пересекаются под углом ω/2, так же параболические образующие проходят по диагоналям ячеек сетки, образованной двумя системами прямолинейных образующих. Подобное взаиморасположение образующих этих двух видов составляет специфику статической работы гипара.



Рис.4. Процесс эксперимента гиперболического параболоида.

В зависимости от способов сечения поверхности гипара можно получить фрагменты оболочки с различными очертаниями контуров: криволинейные, прямолинейные, смешанными.

Стандартное (каноническое) уравнение гиперболического параболоида (гипара) приводится в виде

$$\frac{x2}{p} - \frac{y2}{z} = 2Ƶ \ (p > 0,\ q > 0) \ . \ (1)$$

Воспользуемся безразмерными координатами, полученными выбором каких-то характерных длин a,b,c в качестве масштабов по формулам

x=a£; y= bβ; z= cγ, (2)

где £, β, γ- главные безразличные координаты. Постановка (2) и (1) и подбор a, b, c, дает

$2\gamma = £-\beta^2$.

Это уравнение – стандартное (каноническое) уравнение гипара в главных координатах.

Связи с этим практика строительства гипаров показала, что целесообразнее применять смешанные конструкции для их возведения, так же сочетание железобетона металла, дерева, пластмассы и других материалов. Сочетания материалов зависят в основном от размеров оболочки, способов опирания, климатических условий и степени дефицитности того или иного материала.

Список литературы:

1. Арабовский Н.П., Самольянов И.И. Пологие оболочки типа гиперболического параболоида. Учебное пособие. Краснояркское книжное издательство, 1968.
2. Гольденвейзер А.Л. Теория упругих тонких оболочек. М., Гостехтеориздат, 1953.
3. Жуковский Э.З., Коряковцев Н.П. Сборно- монолитные железобетонные оболочки в виде гиперболического параболоида для покрытий промышленных зданий. М., Гостройиздат, 1962.
4. Рассказов А.О. Расчет оболочек типа гиперболических параболоидов. Киев, издательство Киевского университета, 1972.
5. Tottenham H.,Brebbia C. Finite element techniques in structural mechanics. Southampton University Press. England, 1970.
6. Узаков Х.У., Абдумоннонов М. Методы формирования оболочек покрытия с толщиной. Многомерная дифференциальная геометрия. Самарканд – 1991 г. страница 52-57.
7. Суванкулов, Илхомжон Шахобиддинович, Шерзод Хамидович Узоков, and Сирожиддин Мамадиярович Элмонов. "Моделирование двухпоясных решетчатых структур." Universum: технические науки 9-1 (78) (2020): 68-71.
8. Vohidov, B., A. B. Vohidov, and Suvonov O. Sh. "From Parts of Second-Order Turnable Areas Formed Coating." Miasto Przyszłości 24 (2022): 496-502.
9. Tuxtashov, Bahadir, and Suvonov Obidjon. "The Importance of Using Interactive Methods in Training Sessions in General Technical Disciplines in Improving the Effectiveness of Training." EUROPEAN JOURNAL OF INNOVATION IN NONFORMAL EDUCATION 2.12 (2022): 17-20.
10. Жураев, Тожиддин Хайруллаевич, Обиджон Шукуруллаевич Сувонов, and Хазраткул Раимкулович Сапаров. "Разработка концепции силлабуса для учебного процесса геометро-графических дисциплин." Образование и проблемы развития общества 3 (12) (2020): 32-39.