

**АРХИТЕКТУРА ВИСЯЧИХ ПОКРЫТИЙ ФРАЙ ОТТО\***

*Статья посвящена творчеству немецкого архитектора Ф. Отто, создателю ряда сооружений с использованием висячих конструкций. Анализируются такие работы, как павильон ФРГ на ЭКСПО–67 в Монреале, Олимпийские сооружения в Мюнхене.*

**Ключевые слова:**

*висячее покрытие, выставочные павильоны, мембрана тенговая, пространственная оболочка, формообразование в архитектуре, Олимпийские сооружения, отрицательная Гауссова кривизна, сетка вантовая, спортивно-зрелищное сооружение*

В архитектуре уже завершившегося XX века особое место занимают ансамбли международных промышленных выставок и Олимпийских сооружений. Опыт создания таких объектов представляет интерес в преддверии зимней Олимпиады–2014. Возведение спортивных и выставочных залов требовало создания облегченных пространственных структур, позволяющих перекрывать огромные пространства. В разработку новых типов покрытий внесли неоценимый вклад П.Л. Нерви, Р.Б. Фуллер, Ле Риколе, Д. Эммерих и, наконец, Фрай Отто, творчеству которого посвящена статья.

Фрай Отто родился в мае 1925 г. в небольшом городке в Саксонии в семье скульптора. Он участвовал во Второй мировой войне – был летчиком Люфтваффе. Этот факт определенным образом окрасил эстетику наиболее значительных его сооружений. Профессию летчика осваивал в Германии цвет нации, и летчики наряду с навыками полета получали блестящее техническое образование [7, с. 65]. После войны Ф. Отто окончил архитектурное отделение Технического университета в Берлине, защитил диссертацию и опубликовал работу «Висячие покрытия» («The Suspended Roof»), которая была переведена на русский язык и опубликована в 1960 г. [4].

В 1957 г. Ф. Отто организовал исследовательский центр по облегченным конструкциям «Development Center for Lightweight Construction – IL». Интерес к облегченным конструкциям был неслучаен в Германии послевоенного периода, когда велись масштабные восстановительные работы. Актуальность висячих покрытий как выбранного Ф. Отто направления, подтвердилась тем, что именно они были наиболее характерными для ЭКСПО–58 в Брюсселе – в павильонах Франции, США, Бразилии, павильоне Совета Европы, фирмы Мари-Тома и, наконец, павильоне фирмы Филипс, созданием которого руководил знаменитый Ле Корбюзье, а осуществил Я. Ксенакис.

Анализируя архитектуру ЭКСПО–58 во французском журнале «Современная архитектура» (L'architecture d'aujourd'hui. 1972, № 4) Ф. Отто отмечал, что «современным инженерам по силам сконструировать башню высотой 6 км, мост пролетом 12 км, и зал без внутренних опор площадью 20 км». Во время своих поездок в США он встречался с финским архитектором Э. Саариненом, творчество которого произвело большое впечатление на Ф. Отто, он даже перевел на немецкий язык

\* См. цветные иллюстрации на 4-й странице обложки.

одну из статей Э. Сааринена и опубликовал ее. В США Ф. Отто познакомился с замечательным сооружением М. Новицкого – спортивным сооружением Ролей-ареной с седловидным висячим покрытием.

Технические навыки, усвоенные Ф. Отто как летчиком, в совокупности с художественными способностями и интуицией позволили ему выявить новые возможности висячих конструкций. Как отмечал Ф. Отто, в прошлом В. Шухову, а с 50-х по 70-е – Л. Нерви, Р. Саржеру, Ф. Канделле и др. «удалось добиться освобождения тех форм, которые ранее находились под спудом». «Конструкция является средством для восприятия сил и моментов, – отмечал Ф. Отто, – но конструкцией первоначально называли сооружение». И далее, – «структура может относиться и к сооружению, но применяется в более широком смысле». В сущности, Ф. Отто был тем, кому удалось добиться синтеза архитектуры и инженерной теории.

Ф. Отто работал над системой пролетных конструкций, в которых передача сил на опорные части осуществляется с минимальной затратой строительных материалов. Самое поразительное при этом то, что такие органичные пролетные конструкции обладают особым и неповторимым, только им присущим совершенством. Они не могут быть запроектированы произвольной формы. В этом и состоит благодарная задача архитектора – найти эту форму и работать над ее совершенствованием.

Своеобразным рубежом в деятельности Ф. Отто стал переезд его института из Берлина в Штутгарт в 1964 г. В том же году Рольф Гутброд пригласил Фрая Отто проконсультировать сотрудников его мастерской по поводу кровли двоякой кривизны для аудитории сельскохозяйственного института в Гогенхейме. В сущности, к моменту приглашения проект был уже закончен и форма кровли в основном задана, однако, приглашенный для консультации Ф. Отто неожиданно выдал такое количество новых идей «что вся группа окунулась с головой в вантовые системы». В проект были внесены изменения, и именно эти идеи легли в основу предложений для конкурса на проект павильона на ЭКСПО-67 в Монреале.

Таким образом, в разработке предложений, конкурсного проекта принимала участие мастерская Рольфа Гутброда совместно с исследовательским центром «ИЛ» Фрая Отто. А после победы в конкурсе на территории университета в Штутгарте был возведен испытательный модуль.

Ф. Отто, пытаясь разобраться в сущности понятия «структура» исследовал, как это было модно в то время, значительное число природных аналогов, закономерностей и феноменов живой природы. В своей статье «Оболочки и пространственные конструкции в природе и технике» опубликованной в одном из номеров журнала «Современная архитектура» совместно с И. Хельмске, он приводит иллюстрации радиолярий, сделанные с помощью электронного микроскопа с увеличением в 3200 раз. Наряду с разнообразием диатомовых объектов и радиолярий в статье приводится фото «Климатрона в Сент-Луисе» выполненного по технологии Б. Фуллера, фрагмент решетчатого покрытия, запроектированного и построенного в 1851 г. И. Пекстоном, проект оболочки Э. Каталано. Первоначальный каркас из тросов испытательного стенда для павильона ФРГ на ЭКСПО-67 Ф. Отто напоминает перевернутый бутон цветка или воронку с единственной мачтой (на вершину которой приходится крепление стебля к цветку) [6, с. 113]. Его «изменяемый элемент» скорее основан на ассоциациях с «первоцветком» из «Метаморфоз» В. Гете, чем на привычной геометрии. Он то и определял решение задач с применением объемных и непрерывно изменяемых по величине клеток-элементов.

Сотрудником Ф. Отто по исследованиям вантовых сеток и мембран выступил сотрудник института «ИЛ» Бертольд Буркхарт. Он отмечал, что ни рабочие чертежи, ни конструкторские расчеты не могут быть проведены без предварительных измерительных работ на моделях [1, с. 259–262]. Вантовая конструкция следовала модели из мыльной пленки и максимально приближалась к «минимальной поверхности». А достижение формы с поверхностью «отрицательной Гауссовой кривизны перевернутого бутона» обеспечивалось натяжением двенадцати радиальных вант близ поверхности земли вокруг мачты высотой 17 м, а также системой наклонных стягивающих вант. С мачты спускалась петля, которая позднее будет обрамлять контур фонаря и позволит более равномерно распределить напряжения вантовой сети. Эта характерная деталь сооружения получила название «глазной петли». Была и модель из дерева, чтобы оценить воздействие в аэродинамической трубе внешних ветровых нагрузок, действующих с различных направлений и с различной скоростью.

Работа по вопросам, связанным с конструированием и испытанием модуля была проделана институтом «ИЛ» Ф. Отто при сотрудничестве с Б. Буркхартом, Г. Минке, Кугелем и Рашем. В результате экспериментов, проделанных на этом бутоне-модуле были получены основные параметры, необходимые для осуществления павильона ФРГ в Монреале.

Честь возведения павильона ФРГ на выставке ЭКСПО-67 в Монреале институт «ИЛ» Ф. Отто разделил с мастерской Р. Гутброта. Схема павильона может показаться излишне изощренной. Возможно, она была намечена по контрасту с прямоугольными платформами, на которых была расположена экспозиция. Однако есть и другие предположения. Например, что выбор был обусловлен сходством с картой Германии накануне войны. Это вызвало скандал на международной выставке с девизом А. де Сент-Экзюпери: «Быть человеком – это значит чувствовать, что, укладывая камень, помогаешь строить мир». Впрочем, трагическая судьба Сент-Экзюпери могла вызвать не только мирные ассоциации. А карта могла быть истолкована не как возврат к довоенной или даже военной Германии, а как символ объединения двух Германий. Авторский комментарий в этом отношении отсутствует, Ф. Отто говорил лишь, что была поставлена задача, перекрыть основные площади нерегулярного плана и разнообразных высот с помощью единой мембраны. Как летчик и участник боевых действий Ф. Отто, должно быть, воплотил военные воспоминания, что придавало некоторую агрессивность объекту мобильной архитектуры, который напоминал силуэт объект, замаскированный с воздуха.

Павильон ФРГ занимал 8000 м<sup>2</sup>, для натяжения единой мембраны потребовалось восемь опор высотой от 14 до 36 м. Оболочка-мембрана была образована натяжением стальной сетки сечением 12 мм, с ячейками 50 на 50 см. Она была изготовлена в Германии и доставлена в рулонах в Монреаль. Основные работы по монтажу опор и сетки заняли 3,5 недели, а дополнительная регулировка геометрии заняла еще 5 недель. К сетке была подвешена на расстоянии около 30 см. пленка из полихлорвинила. Оригинальные зажимы для крепления пленки «в виде клеверного листа» дополнили впечатление в интерьере. Несомненно, сооружение павильона ФРГ стало сенсацией на выставке, хотя при этом трудно отделаться от впечатления агрессивности в его облике, от ассоциации с зенитной батареей с торчащими над сеткой орудиями.

Павильон был временным сооружением, однако опыт применения конструкций показал его надежность на более долгий срок. Его использовали в начале 90-х годов для детских прогулок в качестве крытой рекреации – учитывая суровый климат Монреаля.

Возведение павильона оказалось только маневром для более решительного штурма пространства. Им стал ансамбль для Олимпиады-72 в Мюнхене. Как пишет П. Кузен, «спорт направляет энергию в определенное русло и вводит противоречивые спортивные интересы в рамки установленных правил коллективной организации, то есть он служит средством социальной интеграции личности, является школой, наподобие военной подготовки, школой гражданственности» [2].

При выборе места проведения Олимпийских игр в Германии было отдано предпочтение Баварии как центру туризма, месту, которое называют немецкой Калифорнией. В 4 км от центра Мюнхена, можно сказать, в центре транспортной инфраструктуры, оказалось бывшее поле для военных маневров – Обервизенфельд, которое было решено преобразовать в «Олимпиа-парк». Счет за оборудование спортивных сооружений в Мюнхене составил сумму около 3 млрд. западно-германских марок. Он покрывался примерно поровну из бюджета ФРГ, Баварии и города Мюнхена.

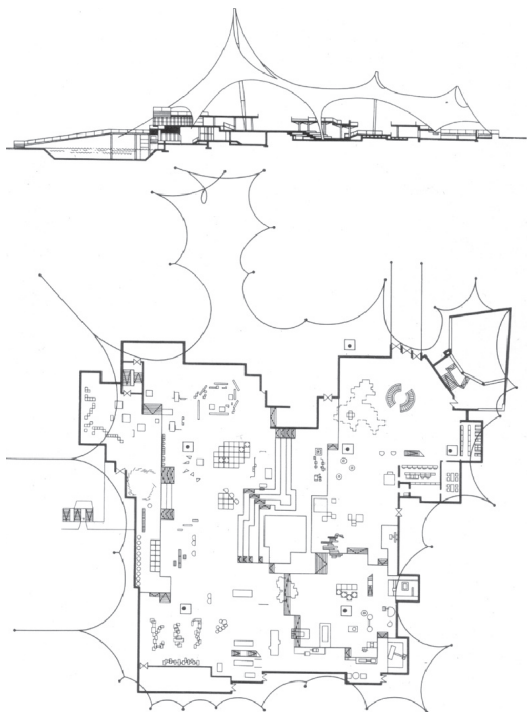
Среди сооружений, предназначенных для этой второй Олимпиады в Германии (первая проходила при Гитлере в 1936 г.) уже существующий каток был реконструирован в павильон для бокса, построены плавательный бассейн, крытый велодром, спортивный зал для разминки, временные трибуны для хоккейного поля, а так же олимпийская деревня. Над ансамблем доминирует высотное здание – вертикальное здание компании BMW. Однако главным акцентом в композиции олимпийских сооружений стал ансамбль, осуществленный под руководством Ф. Отто. Этот ансамбль стал, как писали тогда отражением «немецкого духа игр» и техническим рекордом Западной Германии.

Под единой Олимпийской крышей поместились универсальный зал на 6 тыс. мест, плавательный бассейн и трибуны стадиона на 80 тыс. зрителей, здание западногерманского олимпийского центра радио и телевидения, а также американской системы связи ABC с телевизионной мачтой высотой 200 метров. Для размещения прессы предлагались 9 телестудий, залы для 80 комментаторов, 20 монтажных залов, 80 редакционных помещений и 54 радиостудии.

Проектируя Олимпийский объект, Ф. Отто в основном использовал приемы формообразования ЭКСПО-67, но перед ним стояла гораздо более сложная задача. Под одной крышей должны быть объединены несколько пространств, работающих независимо друг от друга, нуждающихся в различных условиях освещения: универсальный зал, бассейн, телецентр. И все это при грандиозных мощностях и масштабах общего объема строительных работ, которые исполнительный директор концессионного общества по строительству Карл Мерц назвал «спиральным штурмом цен, хорошо известным завсегдатаям строительства». Пьер Кузен отмечал «неистовое совершенство деталей, которые в своей организованной безмерности не уступают лучшим творениям Альберта Шпеера».

Нормы передачи цветных изображений для телевидения потребовали разработки для крыши дорогостоящего не только огнестойкого, но и матированного «плексигласа-215» толщиной 7 мм. Он отличался долговечностью, прочностью и огнестойкостью, а также большой ударной вязкостью, давал усадку при пожаре, пропуская тепло и дым, и считался практически невозгораемым. Каждый лист размером 3 на 3 м весил 42,5 кг и крепился на вантовой сетке в 9 точках-импостах. Листы монтировались в рамках из алюминиевого сплава (8500 листов весили 360 т) и стыковались между собой посредством жестких и водонепроницаемых прокладок из неопрена [5, с. 16].





*Фасад и план павильона ФРГ на ЭКСПО-67 в Монреале. Архитектор Ф. Отто.*



*Ф. Отто на вантовой крыше Мюнхена-72.*

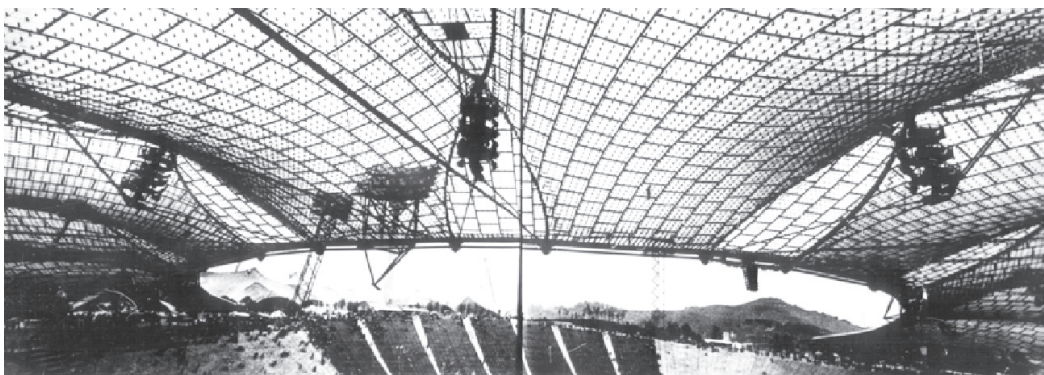


*Вид на покрытие плавательного бассейна в Мюнхенском Олимпийском комплексе.*

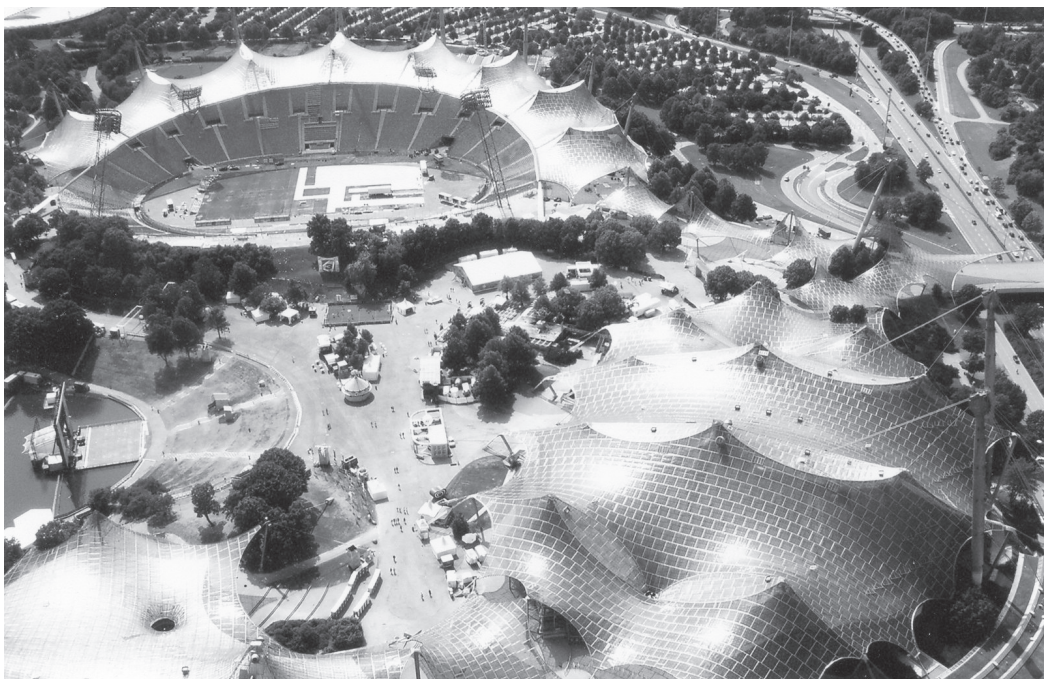




*Монтаж оболочки из полихлорвинила, примыкающей к вантовой сети, для покрытия павильона ФРГ на Экспо-67.*



*Покрытие Олимпийского стадиона в Мюнхене.*



*Панорама спорткомплекса Мюнхен-72, осуществленного под руководством Ф. Отто.*

Вся Олимпийская крыша была рассчитана на срок минимум 10 лет, а в 2007 г. ей исполнилось уже 35 лет. Гибкая мембрана образуется натяжением вантовой сетки из стальных тросов на мачты с максимальной высотой 58 м и сечением 3,5 м с анкерными якорями-фундаментами. Угол наклона мачт может варьироваться в пределах от 65,5° до 87,2° и приспосабливаться к изменениям внешней нагрузки, благодаря шарнирам сложного литья, выполненным на заводах Круппа.

Мы уже упоминали «глазные петли», которые работают как фонари. Здесь максимальный размер их доходит 400 м<sup>2</sup>. Если в Монреале Ф. Отто говорил о моделировании ландшафтного рельефа, то в Мюнхене спортивные сооружения крыши перекрыли и естественную, и искусственную среду, достигая при этом предельных размеров. В соответствии с концепцией Ф. Отто расширение тентовой мембраны должно обеспечиваться некоторой структурной формулой, посредством которой обеспечивается обтяжка оболочек, и проявляется на протяженности всей крыши. Первоначально натягивались сетчатые поверхности посредством мачт и анкером. А сама поверхность обеспечена акриловой мембраной, обеспечивающей пространству сооружения соответствующую поддержку и защиту.

Архитектурные формы в XX в. оказались преобразованными настолько, что уместно поставить вопрос, а стоит ли вообще искать аналогии, например, с прежней – классической, – теорией стилей? К сожалению, большинство исследователей творчества Ф. Отто уделяют больше внимания техническим вопросам, а не стилистике. Нам же кажется, что не менее важно уделить внимание архитектурному облику таких сооружений. Как известно Ф. Отто исследовал лучшие образцы динамических свойств формы, начиная с достижений П.Л. Нерви и Ле Риколе, а также Э. Сааринена, Р.Б. Фуллера, К. Танге, Ф. Канделлы – лидеров освоения структур. Несомненно, что в работах Ф. Отто внешняя и внутренняя формы масштабны, весьма концентрированы и динамичны, и это при изящных сечениях, прозрачности Олимпийской крыши. При этом уместно использовать не только метафорические выражения «текущего, пульсирующего и вибрирующего пространства» из работы «Визуальные связи пространства и конструкции», как писал по поводу работ Ф. Отто известный теоретик архитектуры Ю.И. Курбатов [3]. В вантовых сетях, в реальных усилиях натяжения выражены, можно сказать, принципы формообразования мобильной архитектуры и особенностей, связанных с адаптацией форм и свойствами их самоорганизации. Заметим, что в том же Штутгарте работает знаменитый Г. Хакен, один из основателей синергетики. И хотя у нас нет фактов, подтверждающих взаимодействие его с Ф. Отто, но было бы странно, если бы это было не так.

Если посмотреть на ансамбль Олимпийской крыши Ф. Отто сверху, то можно обнаружить сходство с мотивами «барокко», а может быть даже «рококо», (однако при этом мы будем иметь что-то вроде фотоувеличения розетки или рокайля).

К сожалению, 1972 г. оставил в памяти не только спортивные и архитектурные достижения. В том же году мир столкнулся с политическим терроризмом, повлекшим гибель одиннадцати членов олимпийской команды Израиля; был опубликован драматический доклад Римскому клубу «Пределы роста», фиксирующий катастрофические тенденции использования природных ресурсов человеком. В Швеции прошла Стокгольмская конференция, где отмечались необратимые последствия, связанные с неуправляемым развитием и последствиями от загрязнения промышленными отходами.

1980-е г. стали рубежом, после которого можно отметить спад в строительстве спортивных сооружений. Возможно, сместился акцент на другие средства воз-

действия на зрителя, а олимпийские движение становится все более похожим на шоу. Все это, вероятно, способствует достижению экономического эффекта для стран-строителей, но высокая планка, заданная командой Ф. Отто, вряд ли будет побита в ближайшем будущем. Правда, после сооружений для Олимпийских игр в Китае возникли основания надеяться, что сражение с пространством может быть продолжено, и мы вернёмся к не менее напряженным, чем в Мюнхене, сооружениям. Все это важно для России в преддверии Олимпиады 2014 г. в Сочи.

### Список литературы:

1. Буркхардт Б. Палатки, мембраны, сетки // Архитектурная бионика. – М.: Стройиздат, 1990. – С. 259–262.
2. Кузен П. Мюнхен–72 // Современная архитектура / Пер. с французского. – 1972, № 4. – С. 87–110.
3. Курбатов Ю.И. Визуальные связи пространства и конструкции // Строительство и архитектура Ленинграда. – 1976, № 6. – С. 34–37.
4. Отто Ф. Висячие покрытия их формы и конструкции. – М.: Госстройиздат, 1960. – 179 с.
5. Петрова М.И. Спортивно-зрелищные сооружения больших пролётов с тентовыми покрытиями. – М.: ЦНТИ, 1973. – 28 с.
6. Ярмоленко А.Д. Мембраны в строительной технике: история и перспективы // Структурно-композиционный инструментальный формообразования. – СПб.: Астерион, 2008. – С. 113.
7. Glaeser L. The work of Frei Otto and his teams 1955–1976. (IL –17). – Stuttgart, 1977.
8. Saarinen E. The six broaded Current of modern architecture // Architectural Forum. – 1953, July 1953. – P. 85–92.