

ТЕКТОНИКА ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОПОРЫ

А.А. Загорков

НИИТИАГ РААСН, Москва, Россия

Аннотация

Под тектоникой металлических конструкций, понимают связь формы и конструкции с учетом последних технических достижений, включая свойства материала. Форма конструкции становится тектонической, если выражает художественный образ, отражая при этом работу конструкционного материала.

Опора как основа стоечно-балочной системы использовалась с древнейших времен, определяя ордерную систему, которая не подвергалась существенным изменениям в течение многих веков, что определялось доминированием камня как строительного материала.

В XX веке архитектурные идеи, проекты и фантазии, ориентированные на технические достижения, привели к созданию сооружений стиля хай-тек, несущий каркас которых представлял конструкцию из металла, с доминированием опоры. Одним из первых таких сооружений стал Центр Помпиду, построенный в 1976 г.

В металлических каркасах хай-тек применяются различные вариации стоечно-балочных систем и вантовых конструкций. Анализ тектоники этих каркасов позволяет выделить следующие три типа несущих систем с металлической опорой:

- классическая стоечно-балочная система;
- вантовая система с подвешенным перекрытием;
- вантовая система с затянутой колонной.

Анализ работ ведущих архитекторов стиля хай-тек показал, что наиболее часто и полно несущие конструкции с доминированием металлической опоры встречаются в работах Н. Гримшоу и Р. Роджерса. Поэтому в качестве примера рассматриваются сооружения этих авторов.

Ключевые слова: тектоника, металлические конструкции, хай-тек, ордер, вантовые конструкции, подвесные перекрытия, металлическая опора

TECTONICS OF VERTICAL ABUTMENT

A. Zagorkov

NIITIAG RAASN, Moscow, Russia

Abstract

Under "Tectonics of metal structure" we understand interaction of shape and structure subject to the latest engineering achievements including properties of materials.

Abutment as centerpiece of post-and-beam structure has been used from ancient times and has defined order system. Order system has not been significantly modified through many centuries mainly because of stone as dominant constructional material.

In the XX century architectural ideas, project plans and fantasies focused on technical achievements led to creation of high-tech buildings and constructions. Supporting framework of these buildings corresponded to metal structure with domination of abutment. One of the first such buildings was Centre Georges Pompidou constructed in 1976.

Different variations of post-and-beam structures and cable-stayed structures are used in high-tech metal frame. If we analyze the tectonics of these frames we can determine the following three types of frame constructions with metal abutment:

- a classical post-and-beam structure;
- cable-stayed structure with pendant floor;
- cable-stayed structure with bogged column.

Analyze of buildings designed by the leading high-tech architects shows us that frame constructions with metal abutment more frequently occur in creation of Nicholas Grimshaw and Richard Rogers. Therefore projects of these two architects are examined as an example of high-tech constructions in this paper.

Keywords: tectonics, metal constructions, high-tech, order, cable-stayed structures, suspended floor, metal abutment

Введение

В архитектуре, в общем случае, тектоникой называют художественное выражение работы конструкций и материала [1, с.12].

В истории архитектуры зодчие на основе свойств и качеств применяемых материалов искали наиболее целесообразные конструктивные решения для несущих каркасов. Свойства строительного материала, технические возможности и эстетические представления архитекторов в конечном итоге определяли тот или иной характер несущих конструкций.

Зодчие античности преобразовали сочетание вертикальных опор и лежащих на них балок в гармоничную систему архитектурных ордеров, построение которых основывалось на закономерностях не только конструкции, но и художественного восприятия.

Более двух тысячелетий ордерная система не подвергалась существенным изменениям, что определялось доминированием камня как строительного материала. Его технические характеристики ограничивали диапазон возможных форм и пропорций каркасов зданий.

В новейшей истории появились здания с несущими конструкциями из металла. Формы таких конструкций отражали тяготение к тектонической ясности и демонстрировали стремление к максимальному раскрытию свойств этого материала. Основой несущей конструкции при этом оставалась вертикальная опора. Вместе с тем, выражая тектонику металла, ее размеры и форма претерпели существенные изменения по сравнению с каменной колонной.

В современной архитектуре, применительно к металлическим конструкциям, под тектоникой понимают связь формы и конструкции с учетом последних технических достижений, включая свойства материала. При этом архитектурная форма становится тектонической, если выражает художественный образ с учетом структурных особенностей конструкции, отражая при этом работу конструкционного материала [2, с.24].

Соотношение рациональной конструктивности и эстетической образности архитектурной формы может быть различным. При этом тектоническая форма металлической опоры всегда возникает там, где смыкаются деятельности инженера и архитектора [2, с.43].

При таком подходе в новейшей архитектуре (в первую очередь английской) были созданы нетрадиционные формы конструкций с доминированием несущей колонны, обладающие тектонической ясностью. Их отличала масштабность, легкость и ажурность. Опоры образно демонстрировали работу металла и, в этом смысле, отличались определенной честностью и открытостью.

Развитие формы и тектоники металлической опоры до архитектуры хай-тек

Массовое применение металлических конструкций связано с началом производства чугуна в XVIII веке. Форма первого чугунного моста через реку Северн, построенного в 1779г, представляла открытую металлоконструкцию [3, с.10]. Чугунные мосты создавались с учетом опыта и эстетики предыдущих эпох, имитировали своды каменных мостов и копировали тектонику каменных сооружений.

В 1851 году был построен Хрустальный дворец Пакстона. Его открытый чугунный каркас базировался на несущих стойках, с балочным перекрытием, которые отражали конструкцию и тектонику каменных католических храмов.

Переход к применению стали, обладающей более высокими механическими характеристиками, становится переломным этапом в развитии формы и тектоники металлической опоры. Появляется возможность создания новых конструкций значительных размеров для зданий, сооружений, мостов, башен. Металлические опоры конструкций промышленных сооружений конца XIX начала XX века являлись основой стоечно – балочных систем, форма и тектоника которых все еще отражала опыт и традиции каменной архитектуры. В это же время металлоконструкции стали широко применяться и в гражданском строительстве. В конце XIX века началось строительство небоскребов в Америке, в которых металлические каркасы с несущей опорой, имели историческое каменное обрамление конца XIX - первой половины XX века и выглядели достаточно тяжело и консервативно.

В конце XIX - первой половине XX века появляются открытые вантовые металлоконструкции, сочетающие несущие опоры, работающие на сжатие, и ванты (гибкие стержни), работающие на растяжение. Применение таких конструкций обеспечивало принятие решений, более полно выражающих тектонику металлической опоры. Вантовые конструкции начали широко применяться при создании висячих и вантовых мостов с длинными пролетами. Несущие конструкции таких мостов создавались при максимально возможном учете реальных свойств металла [4, с.5]. Применение шарнирных соединений в несущих опорах мостов было принципиально новым инженерным решением применительно к вантовым конструкциям. Шарнирное соединение обеспечивало работу опоры только на сжатие, так как сводило к нулю действующие на опору изгибающие моменты и поперечные силы. Эти принципы непосредственно влияли на формы конструкций висячих мостов, которые были изящными, легкими и в достаточной степени отражали тектонику металлических опоры. Открывшиеся возможности применения несущих опор в вантовых конструкциях широко использовались в поисках архитекторов последнего десятилетия XX века при создании промышленных и гражданских сооружений, когда компьютерное моделирование расширило возможности введения в проектные замыслы сложных пространственных форм.

Тектоника металлической опоры в несущей конструкции Центра Помпиду

Во второй половине 1970-х годов в западной архитектуре появляются сооружения стиля хай-тек, востребованные и воспринятые общественным сознанием западного сообщества. Как отмечал Иконников, к концу 1980-х годов «...теряя игровое начало и ироничность, хай-тек стал преобразовываться в гармоничное формообразование объектов, создаваемых с использованием высоких технологий» [5, с.195]. Это направление новейшей архитектуры смогло создать художественно-элементную базу, масштабы которой были соотносимы с масштабами традиционных архитектурных элементов.

Программным сооружением стиля хай-тек стал Центр Помпиду, построенный в 1976 г. «В его проекте были заложены основные конструктивные и эстетические черты нового стиля, получившие быстрое и продуктивное развитие в дальнейших разработках» [6, с.110].

Решая функциональную и конструктивную задачу, авторы проекта определили форму конструкции Центра Помпиду в виде огромного прямоугольника с прозрачными стенами-экранами и свободными объемами помещений внутри.

Здание Центра Помпиду представляет собой пять гигантских платформ, поднятых на мощных несущих опорах, расположенных по периметру. Его этажи (каждый высотой 7 м и площадью – 170 м x 48 м) — это громадные пустые площадки без стен и без какой-либо внутренней структуры [7, с.109]. Тем самым архитекторы обеспечили возможность использования максимально свободной и гибкой планировки внутренних помещений.

Несущий каркас Центра Помпиду представляет собой два ряда стальных стоек (по 14 стоек в каждой из противоположных продольных сторон каркаса здания). Стойка представляет собой силовую опору диаметром 800 мм. Расстояние между опорами составляет 12,8 м. Для организации междуэтажных перекрытий на противоположные стойки (в поперечном направлении каркаса здания) подвешиваются силовые фермы длиной 45 м.

Разгрузка стойки в месте крепления фермы обеспечивалась с помощью специально разработанного стального элемента (герберетты) длиной 8 м. Герберетта крепилась к опоре шарнирно в продольной и поперечной плоскостях, для исключения действия на стойку продольных и поперечных изгибающих моментов от ветровых и консольных нагрузок. На выбор схемы крепления ферм повлияло также требование противопожарной безопасности о размещении главного фасада на расстоянии 1,6 м от линии силовых стоек. Это повлияло на форму герберетты, имеющей консоль 1,6 м в сторону фермы и вынос 6 м в противоположенную сторону [7, с.112].

Концы консолей герберетт с наружной стороны фасада здания соединялись продольными, вертикальными и диагональными тягами в единый узел, создавая в целом по всей площади фасада жёсткую конструкцию (статически неопределимую сетку), соединённую анкерно с конструкцией фундамента Центра. Такое решение «обнуляло» действие моментов в шарнирных соединениях герберетты и силовой опоры, исключая возможность работы каркаса здания как механизма. При этом обеспечивалась продольная устойчивость каркаса. Торсионная устойчивость обеспечивается горизонтальными тягами, которые через этаж монтировались к концам герберетт.

Несущее звено пролёта Центра включало две противоположенные стойки и ферму, подвешенную к ним с помощью герберетт. Каждая из 14-ти таких структур воспринимает вертикальные нагрузки независимо друг от друга. Секции горизонтальных перекрытий (шириной 12,8 м) монтировались между прогонами ферм.

Несущая схема торцевых стен Центра Помпиду обеспечивалась с помощью диагонально расположенных трубчатых стержней (баров), соединяющих подвешенные к опорам силовые фермы. Соединение стержней с фермами также имело шарнирное исполнение. Такая конструкция торцевых стен обеспечивала боковую устойчивость конструкции здания в целом.

В металлическом каркасе здания нашли применение практически все инженерно – технические решения, которые во многом определили особенности форм и тектоники конструкций этого направления архитектуры, включая:

- стоечно-балочную систему с доминированием металлической опоры;
- вантовую затяжку металлической опоры в системе фасада;
- совместную систему стоек, перекрытий и фасада.

Разновидности конструктивных элементов металлоконструкций хай-тек

Проекты сооружений архитектуры хай-тек дали, может быть, самый богатый набор вариантов несущих конструкций зданий в части инженерных решений, определяющих их форму. Анализ пространственных структур зданий этого стиля показывает, что в них, в основном, использовались известные и реализованные в архитектуре конструктивные элементы и несущие системы, многие из которых содержат элементы стоечно-балочных ордерных систем, а также вантовых конструкций.

В несущих каркасах хай-тек часто используются конструктивные элементы (стойки и балки), формирующие стоечно-балочные системы. Несущая схема таких конструкций была классической. Нетрадиционными были образы и формы зданий.

Анализируя ордерные элементы в архитектуре хай-тек применительно к вопросам исполнения несущих опор необходимо отметить, что отличительным явлением этого стиля стало постепенное выделение силовой колонны (опоры) в отдельный и самостоятельный архитектурный примитив в контексте облика здания в целом.

Развивающиеся технологии создания металлических конструкций позволили существенно трансформировать соотношение размеров отдельных элементов опоры, а в связи с этим ее образную выразительность по сравнению с классическими ордерными колоннами. Это, в свою очередь, расширяло возможности архитекторов по формированию художественного облика здания за счет реализации новаторских идей формообразования металлических конструкций. Конкретное исполнение конструктивных элементов зависело от многих факторов – необходимости обеспечения несущей способности металлоконструкций и их образной выразительности, ограничений по срокам и затратам на строительство, и прочее.

Прежде всего, необходимо отметить, что в несущих конструкциях использовались традиционные монолитные стойки и балки, имеющие трубчатое, двутавровое или иное сечение. Монолитные стойки, изготавливались как отдельный несущий элемент или собирались из составных частей, имеющих различные размеры сечения, часто включали вантовые растяжки и имели индивидуальное фундаментное основание (Рис. 1(а-с)).

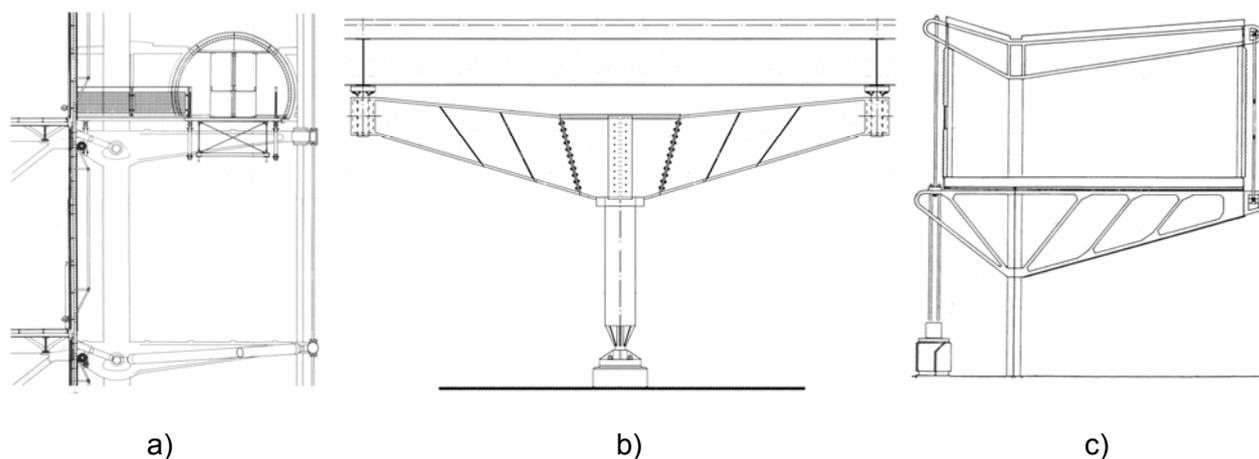


Рис. 1(а-с). Примеры монолитных стоек, примененных в металлоконструкциях хай-тек: а) Центр Помпиду (Франция, Париж, арх. Р. Роджерс, 1976 г.); б) диспетчерский центр терминала Ватерлоо (Англия, Лондон, арх. Н. Гримшоу, 1990 г.); в) Супермаркет Сайнсбари (Англия, Лондон, Камдена, арх. Н. Гримшоу, 1982-85 гг.)

Монолитные балки определяли несущую основу перекрытий и, в общем случае, подразделялись на главные балки, опирающиеся на стойки (колонны) и обеспечивающие силовой пояс периметра перекрытия, а также на балки, входящие в структуру собственно перекрытия и опирающиеся на главные балки.

Существенно большее применение в металлоконструкциях нашли балки и стойки ферменных и рамных конструкций (Рис. 2(а-с)). При этом часто применялась их нелинейная конфигурация. Это определялось, в первую очередь, необходимостью:

- обеспечения оптимальной несущей способности каркасных конструкций с большими пролётами при создании масштабных сооружений;
- экономии конструкционных материалов;
- решения художественно-эстетических задач формообразования конструкций с целью придания сооружениям того или иного образа.

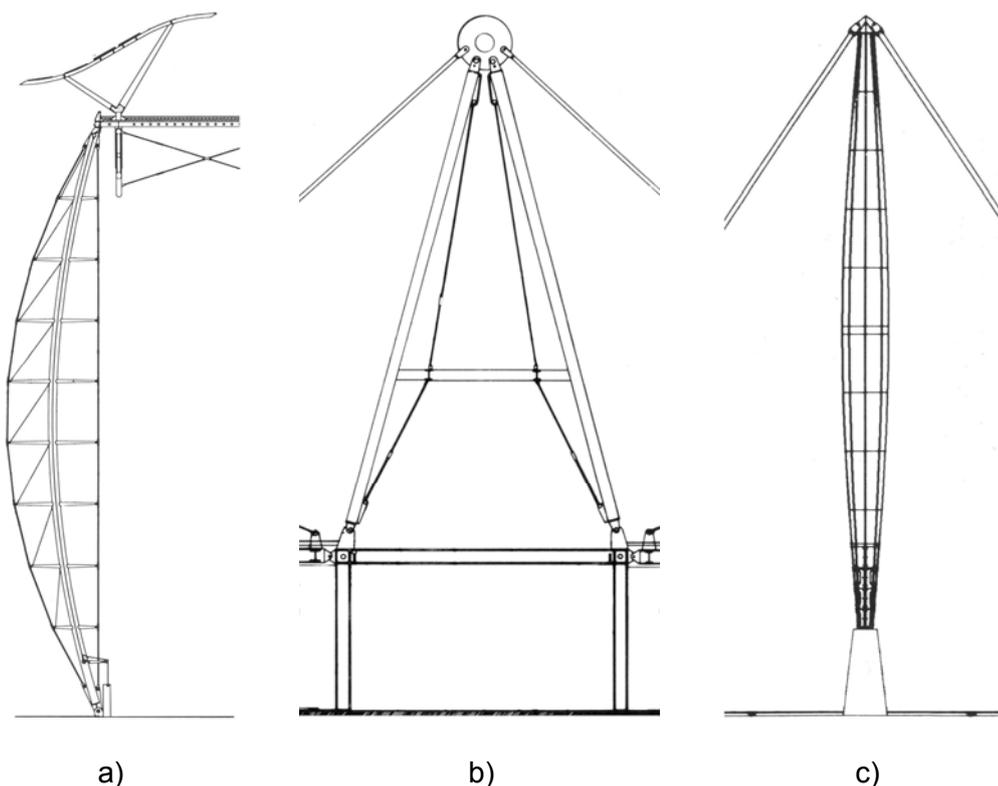


Рис. 2(а-с). Примеры ферменных стоек, примененных в металлоконструкциях хай-тек:
 а) Британский Павильон Экспо 92 (Испания, Севилья, арх. Н. Гримшоу, 1992 г.);
 б) РА технологическая лаборатория (США, Принстон, арх. Р. Роджерс, 1982-85 гг.);
 в) Фабрика Igus (Германия, Кельн, арх. Н. Гримшоу, 1992 г.)

Типы несущих систем с доминированием металлической опоры

Архитекторы стиля хай-тек применяли в несущих системах элементы стоечно-балочных ордерных, а также вантовых конструкций (Рис. 3). При этом можно выделить следующие три варианта несущих систем:

- классическая стоечно-балочная система;
- вантовая система с подвешенным перекрытием;
- вантовая система с затянутой колонной.

Стойки и балки традиционных стоечно-балочных систем несущих конструкций хай-тек, изготовленные в заводских условиях, собирались в каркасную конструкцию на месте строительства с помощью разъёмных, в основном шарнирных, соединений. Применение таких соединений обеспечивало работу стоек только на сжатие, что оптимизировало

нагруженное состояние каркаса и более полно отражало в его образной форме тектонику металла. Стены зданий, чаще всего, не были несущими, не имели фундаментной основы и крепились непосредственно к металлическим опорам. Облик сооружения при этом становился аналогом ордера с вынесением колонн (опор) за пределы стены.

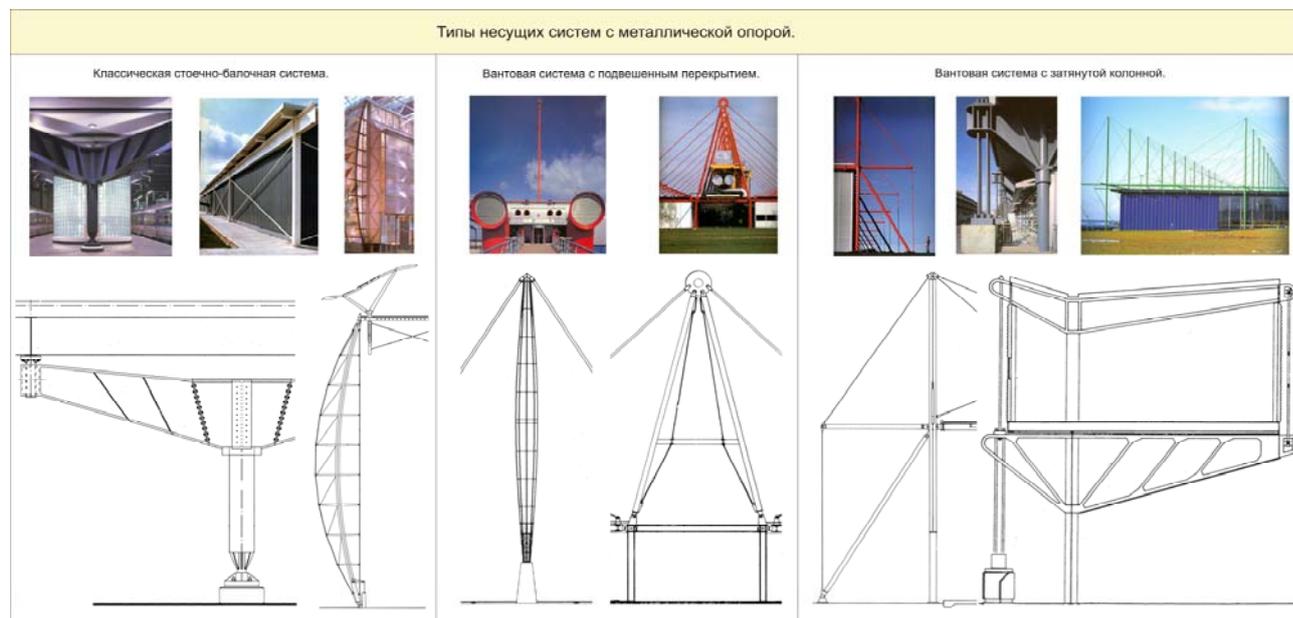


Рис. 3. Несущие системы хай-тек

В вантовых конструкциях доминирующее положение в структуре здания занимает несущая металлическая опора. Она выполняет функцию основного силового элемента конструкции каркаса и становится одним из определяющих образных символов сооружений хай-тек. Тектонику металлических опор обеспечивали конкретные инженерные решения при формировании художественного облика здания. Сочленения отдельных элементов вантовых конструкций реализовывались, как правило, с использованием шарнирных соединений. При этом несущая опора (колонна) не испытывала воздействия поперечных сил или изгибающих моментов и работала только на сжатие. Применение таких несущих систем имело, в первую очередь, функциональное назначение – создание помещений с большими свободными площадями без использования внутренних опор и стоек. Вместе с тем, вантовые конструкции значительно расширили возможности решения художественно-эстетических проблем формообразования металлических конструкций.

Вантовые системы с подвешенным перекрытием (типа «коромысло») реализовывались без затяжки колонны к фундаменту. Такие конструкции применялись для симметричных компоновок несущих каркасов.

В вантовых системах с затянутой колонной использовались тросовые и стержневые конструкции. При этом вантовая система представляла собой замкнутую конструкцию, закреплённую (через вершину колонны) с одной стороны к фундаментным элементам снаружи здания, а с другой – к балке перекрытия.

Тектоника металлической опоры несущих систем в конструкциях Н. Гримшоу и Р. Роджерса

Анализ работ ведущих архитекторов стиля хай-тек показал, что наиболее часто и полно несущие конструкции с доминированием металлической опоры встречаются в работах Н. Гримшоу и Р. Роджерса. Поэтому сооружения этих авторов и рассматриваются в качестве примера.

Конструкции с вариациями традиционных стоечно-балочных систем

Британский Павильон Экспо 92, Севилья, Испания, 1992. Архитектор Н. Гримшоу

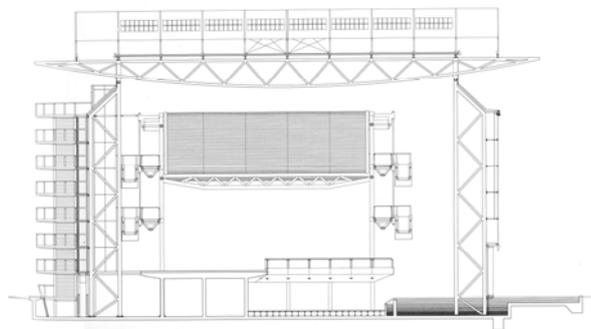
Британский павильон является подтверждением высоких технологических возможностей архитектурного строительства. Компоновка Павильона подчёркнуто демонстрирует структуру здания как «собрание отдельных функциональных частей» [8, с.64]. Конструкция внешнего контура обеспечивала замкнутость внутренней среды Павильона с автономным микроклиматом. Внутренняя структура здания включает автономные модули (собственно выставочные экспозиции), эскалаторы, лифты, интерьер (Рис. 4(a-d)).



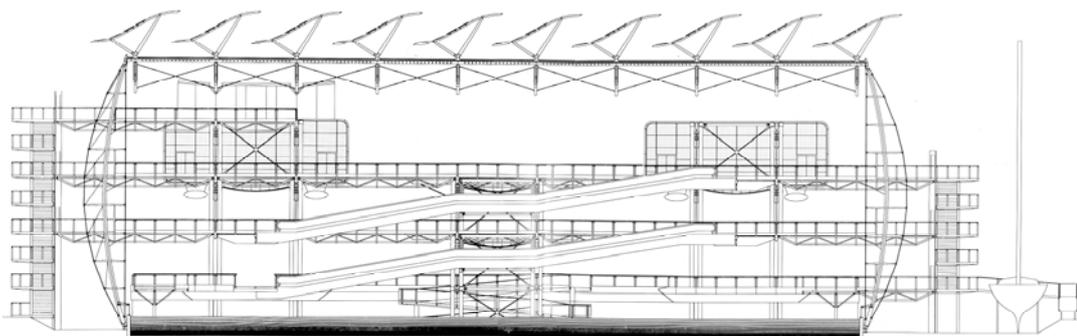
a)



b)



c)



d)

Рис. 4(a-d). Британский Павильон Экспо 92 (Испания, Севилья, арх. Н. Гримшоу, 1992 г.): а) общий вид; б) лукообразная опора; с) поперечный разрез; d) продольный разрез

Проектируя Павильон, Н. Гримшоу отдал дань историческим традициям британской архитектуры. Он разработал форму металлической конструкции Британского павильона для ЭКСПО-92 в виде прямоугольного параллелепипеда из стали и стекла, по аналогии с прямоугольным каркасом Хрустального дворца Пакстона, также построенного для выставки полтора столетия назад.

Несущий каркас здания, представляет собой стоечно – балочную систему. Восточный и западный фасады имеют по десять стоек ферменной конструкции. В поперечном пролете стойки шарнирно соединяются ферменной балкой с выступающими консолями [8, с.72]. Подобная структура создает несущую схему внешнего каркаса, аналогичную стоечно – балочной системе античного ордера. Внешний контур формирует образ здания подобно внешней колоннаде античного храма, и организует пространство («целлу») для внутренней структуры Павильона. Северная и южная стороны павильона оформлены в виде наполненных ветром парусов. Их конструкция решена в виде несущих опор (колонн) с затяжками, имитирующими форму паруса. Опоры зафиксированы в состоянии предварительного напряжения тросами через штыри с одной или двух сторон. Благодаря напряжению и стремлению распрямиться такие стойки не только с легкостью воспринимают нагрузки от веса кровли, но и растягивают горизонтальные пролеты, усиливая сопротивляемость прогибу. Работа всех растянутых и сжатых элементов этой изящной, почти невесомой системы открыта для восприятия.

Так же экспрессивно каннелюры ствола колонны и выпуклость дорической капители выявляют напряжения каменных форм античного храма.

Завод Reliance Controls. Шиндон, Англия, 1967 г. Архитектор Р. Роджерс

Завод электроники был одним из наиболее значимых британских зданий второй половины двадцатого столетия. В нём соединились функции и завода, и исследовательской лаборатории, и офиса. Для времени 80-х годов такой тип здания был бы уже банальным, но в 1967 году это был первый тип здания – делового парка. Новый тип здания требовал и нового, и инновационного архитектурного решения. Кроме того, заказчик хотел, чтобы под одним перекрытием были объединены рабочие места менеджеров и собственно рабочих [7, с.50].

Эти идеи нашли своё отражение в структуре здания, включающей стальной каркас из стоек и балок, вынесенных за пределы стены. Перекрытие (одна большая крыша) опирается на поперечные стальные балки. Несущая схема здания выполнена ясно, просто и логично. Крестообразные стержни между стойками, помимо обеспечения продольной устойчивости, привнесли элегантность и завершенность внешнему оформлению завода, отражая его индустриальное предназначение (Рис. 5(а-с)).



a)



b)

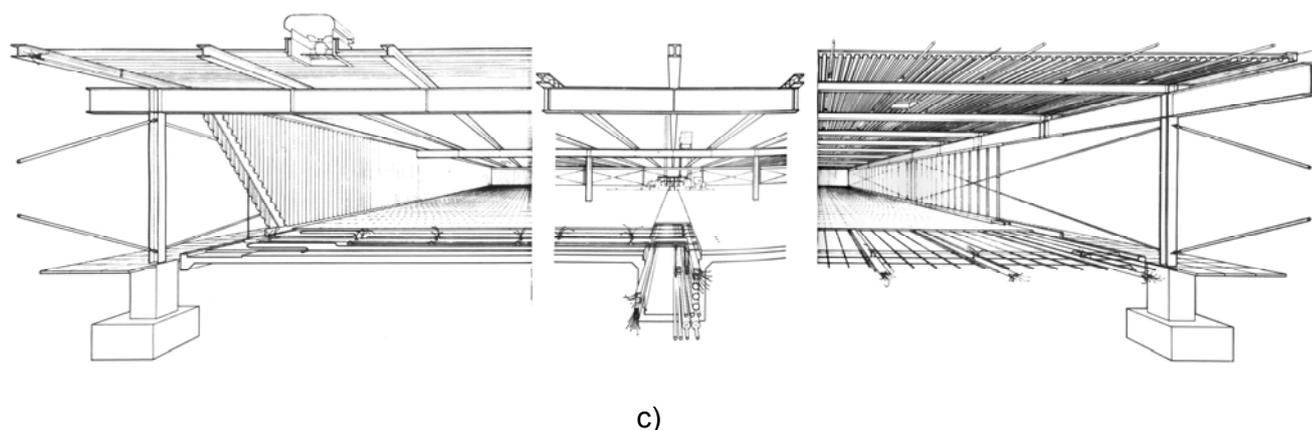


Рис. 5(а-с). Завод Reliance Controls (Англия, Шиндон, арх. Р. Роджерс, 1967 г.): а) общий вид; б) деталь конструкции; с) схема разреза

Решение отдельных деталей в углах несущей конструкции здания завода электроники интересно локальными консольными выносами балок. В этом нашло отражение эхо примитивных конструкций хижин и деревянных храмов архаичной Греции. На базе подобных конструкций «народной архитектуры» в античной Греции зародилась ордерная стоечно – балочная система.

Вантовая система с подвешенным перекрытием

Фабрика Igus, Кельн, Германия, 1992 г. Архитектор Н. Гримшоу

Руководство Фирмы Igus (занимающейся производством изделий из пластмассы) заказало Гримшоу проект здания, в котором воплотилась бы идея неиерархического управления производством. Компания включала в себя группы различного функционального статуса. Необходимо было разместить их в одном здании, чтобы клиенты затрачивали минимум времени на решение пограничных вопросов. Характер деятельности компании мог иметь последствием непредсказуемое изменение профиля производства, поэтому выдвигалось требование о возможности быстрой смены технологического оборудования внутри здания [8, с.160].

С учётом этого сооружение фирмы Igus проектировалось как здание, имеющее в плане четыре блока. Каждый блок имел в центре мачту, которая с помощью стальных тросов вантовой конструкции типа «коромысло» поддерживала конструкцию перекрытия, избавляя внутреннее помещение от промежуточных несущих колонн. Использование подвесных перекрытий обеспечило значительные открытые пространства внутренних помещений (с величиной пролётов до 33м), в которых можно было бы оперативно размещать различные типы технологического оборудования в зависимости от меняющейся производственной тематики (Рис. 6(а-с)).

Силовая конструкция перекрытия (крыши) формировалась из стальных двутавровых балок, имевших между собой сварные соединения. В конструкцию крыши монтировались купола, оснащенные открывающимися окнами. Этим обеспечивались достаточность естественного освещения и естественной вентиляции во внутренних помещениях. Офисные и другие служебные помещения проектировались по модульному принципу. Модули были автономными и, в случае необходимости, могли быть оперативно демонтированы с целью замены или перемещения в другое место внутри здания фирмы.

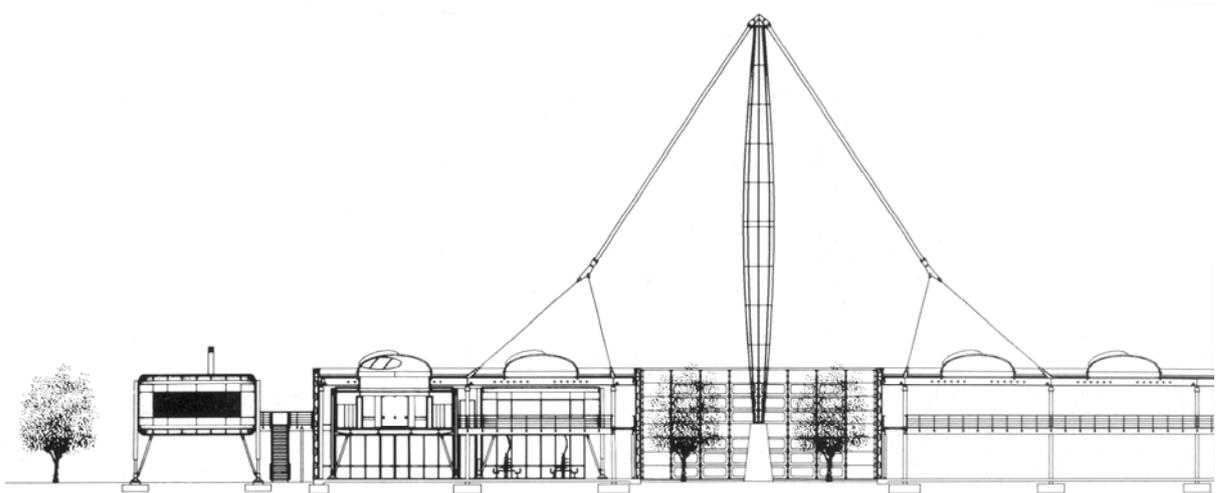
В проекте сооружения фирмы Igus несущая схема стоечно-балочной системы с вантовой подвеской перекрытия определялась функциональным назначением здания фабрики, диктовавшим необходимость больших пролётов во внутренних помещениях.



a)



b)



c)

Рис. 6(а-с). Фабрика Igus (Германия, Кельн, арх. Н. Гримшоу, 1992 г.): а) несущая конструкция; б) деталь конструкции; с) фрагмент разреза

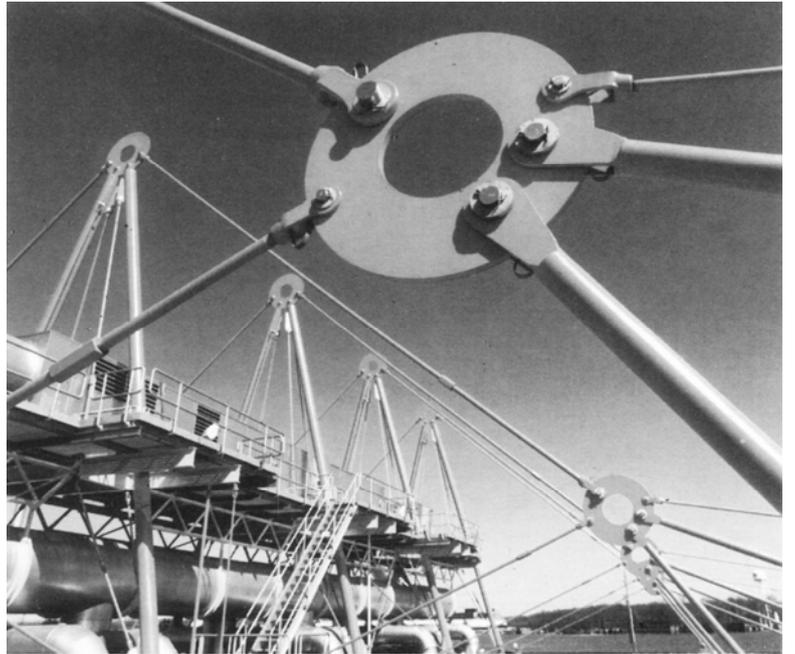
Выбранная для фабрики Igus схема несущей конструкции существенно повлияла на ордерную геометрию и размеры стоечно-балочной системы. Роль колонны выполняет ферма с вантовой конструкцией. Организация подвески балочного перекрытия на тросах вынуждает формировать колонну, с размером в несколько раз превышающим высоту здания. При этом на фоне всего сооружения возвышающиеся мачты символизируют эстетику новейшего времени, определяемую инновационными достижениями современных технологий.

РА технологическая лаборатория, Принстон, США, 1982-85. Архитектор Р. Роджерс

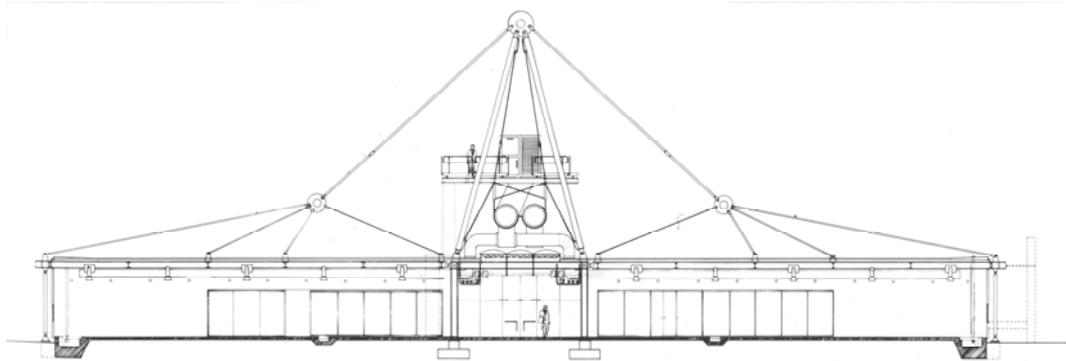
Структуру несущей конструкций здания РА лаборатории определяют спинной хребет и боковые крылья помещений. Спинной хребет с коридором шириной 8м включает девять стальных колонн в форме буквы А [7, с.242]. Центральные колонны (мачты) с помощью вантовых растяжек типа «коромысло» поддерживают конструкцию перекрытия боковых крыльев здания. Балки перекрытия крепятся к центральным колоннам консольно. Использование стоек с растяжками, поддерживающими крышу, формирует образ здания в виде лайнера (Рис. 7(а-d)).



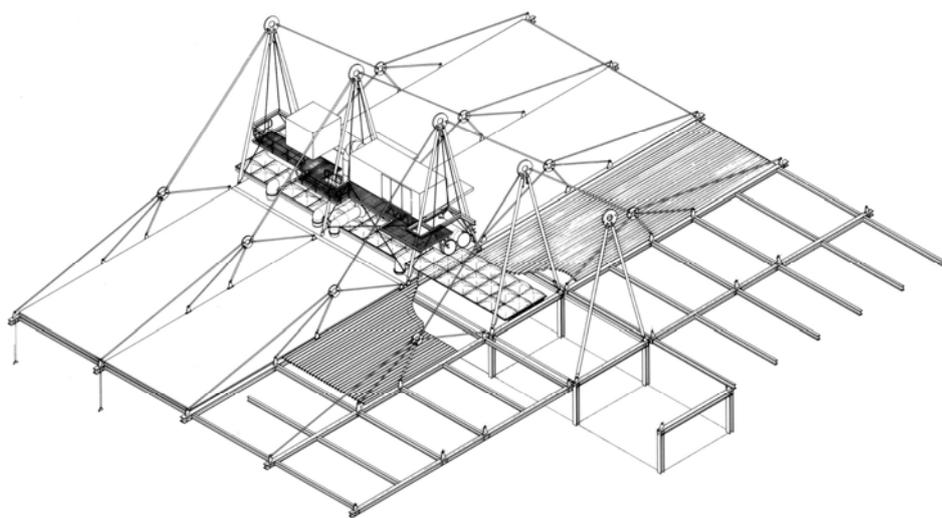
a)



b)



c)



d)

Рис. 7(a-d). РА технологическая лаборатория (США, Принстон, арх. Р. Роджерс, 1982-85 гг.):
 а) Общий вид; б) узел вантовой конструкции; с) поперечный разрез; d) аксонометрическая
 схема

Применение вантовых конструкций типа «коромысло» при разработке облика металлических каркасов позволило Роджерсу максимально выразить тектонику вертикальной опоры в образной форме. Блестящее решение инженерами проблем в части оптимизации нагруженного состояния и несущей способности вантовых конструкций и творческое использование архитекторами нетрадиционных ордерных соотношений применительно к силовым колоннам (опорам) позволило разработать ажурные как паутина формы металлоконструкций внушительных по размерам зданий и сооружений.

Такие проекты демонстрировали, в первую очередь, новаторские художественные достижения. В них доминировала новизна образных, а не инженерных решений. В этом была отличительная особенность металлических конструкций направления хай-тек.

Вантовая система с затянутой колонной

Супермаркет Сайнсбари, Камдена, Лондон, Англия, 1986-88 г. Архитектор Н. Grimshoу

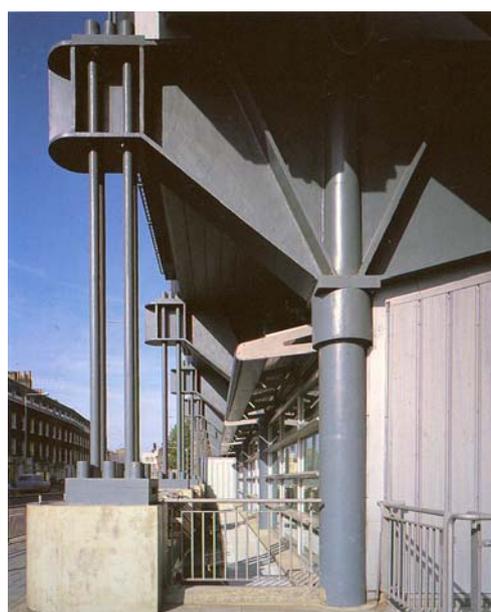
Универсам Сайнсбари необходимо было разместить внутри городского участка, который был занят пекарней и был ограничен тремя главными Лондонскими дорогами и каналом. В здании должны были расположиться торговые залы, служебные и офисные помещения, подземная автостоянка. Необходимо было спроектировать большие пространства торговых залов без опор и стоек, чтобы имелась возможность разрабатывать и размещать гибкие и легкозаменяемые «точки» розничной торговли [9, с.193].

С учётом этих условий и ограничений был разработан несущий каркас супермаркета в виде конструкции с затяжкой стойки (колонны). Пролёт между стойками составлял более 43м. Каркас состоит из двенадцати звеньев. Каждое звено включает две стойки и балку. Стойки имеют по две развитые силовые консоли. К длинным частям нижних консолей подвешена изогнутая ферменная балка.

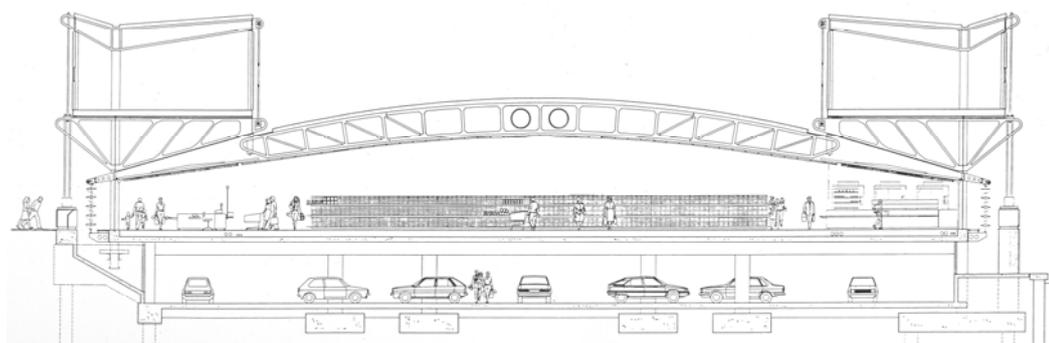
Кроме того, нижние консоли являются несущей основой для расположенных над ними помещений. Использование длиннопролётного перекрытия потребовало дополнительных мер по разгрузке стоек (колонн). Для этого используются верхние консоли и стальные тяги, соединяющие длинные части верхней и нижней консоли, а также короткую часть верхней консоли с анкерным креплением в фундаменте. Кроме того, верхние консоли используются в качестве несущих конструкций перекрытия помещений (Рис. 8(a-d)).



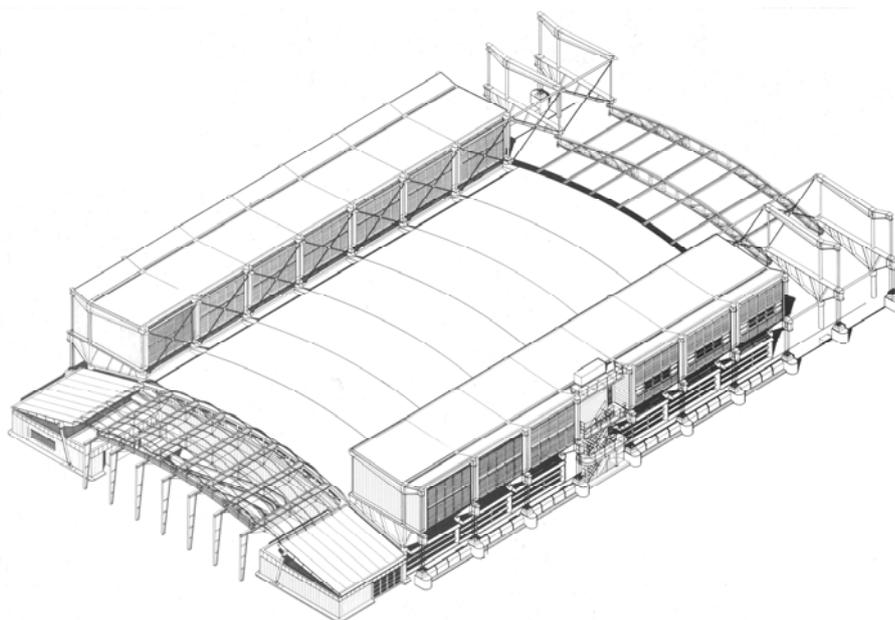
a)



b)



c)



d)

Рис. 8(a-d). Супермаркет Сайнсбари (Англия, Лондон, Камдена, арх. Н. Гримшоу, 1982-85 гг.): а) общий вид; б) узел затянутой конструкции; с) поперечный разрез; d) аксонометрическая схема

Применение в силовой конструкции элементов затяжки колонны оказывало влияние на традиционную стоечно-балочную (ордерную) систему, как с точки зрения распределения нагрузок, так и с точки зрения структурного образа несущей конструкции.

В несущем каркасе супермаркета Сайнсбари использование варианта затяжки стойки через верхнюю консоль неизбежно привело к необходимости разработки конструкции стоек (колонн), существенно возвышающихся над балкой, что в свою очередь создало условия для появления новых архитектурных образов. С появлением мачтовых растяжек такие образы часто тяготели к морской или авиационной тематике.

В стоечно-балочной системе супермаркета Сайнсбари существенно трансформировались и соотношения отдельных элементов колонны. Так, соотношение размеров стойки универсама (аналог колонны) и её консоли (аналог капители) изменились принципиально по сравнению с классической ордерной колонной. В своих последующих проектах Гримшоу не раз будет обращаться к подобным конструкциям.

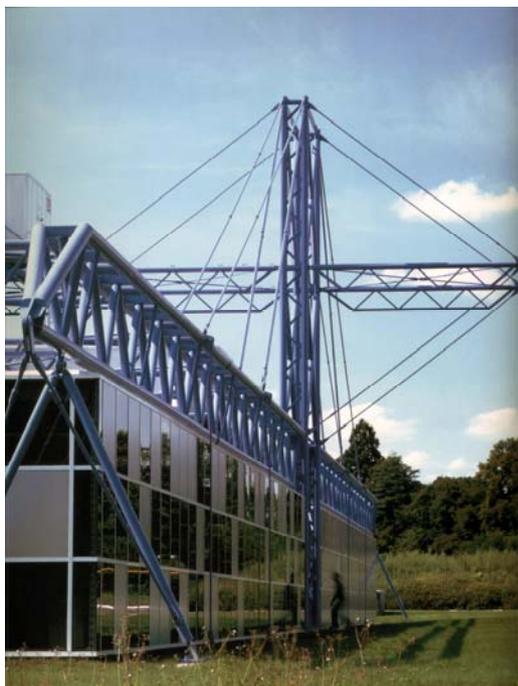
Фабрика микропроцессоров, Ньюпорт, Уэльс, 1982. Архитектор Р. Роджерс

Фабрика микропроцессоров была построена в начале 80-х, когда традиционно британские отрасли промышленности радикально реконструировались. Работа над проектом предполагала создание образцовой фабрики, обладающей возможностью быстрой адаптации к изменению технологических процессов, для чего требовались большие пространства внутри помещений без промежуточных стоек. Заказчик хотел, чтобы облик здания не ограничивался стенами с навесом, а имел бы облик флагманского судна, как символ технологического прорыва вперед [7, с.228].

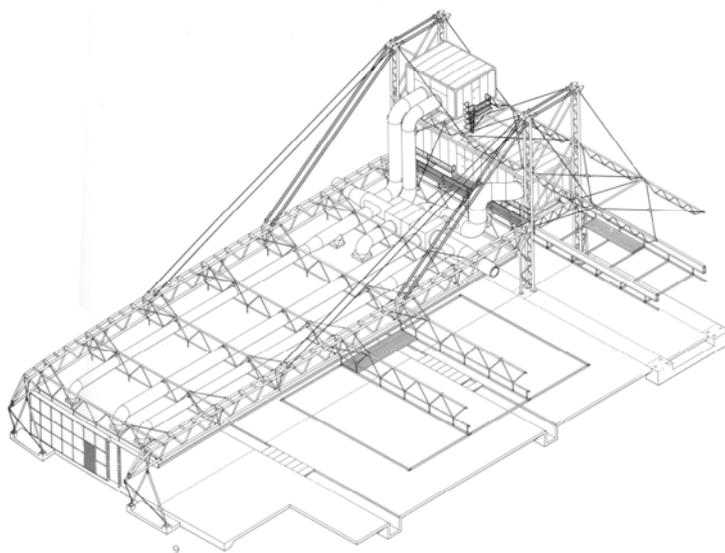
С учётом этих требований и ограничений разрабатывалась концепция несущей конструкции фабрики. Центральным элементом структуры здания был так называемый спинной хребет, протяжённостью 106м, образующий внутреннюю улицу (коридор) между двумя крыльями помещений. Одно из крыльев содержало производственные помещения, другое – офисы и помещения социальной структуры, кафетерии, магазины, комнаты отдыха.

Несущая конструкция спинного хребта (коридора) и всего здания определялась, в первую очередь, десятью Н-образными ферменными колоннами, от которых шли вантовые растяжки к балкам перекрытий боковых крыльев, опирающимся с одной стороны на Н-образную колонну, с другой – на треугольную стержневую конструкцию. Для исключения действия на несущие колонны поперечных сил и изгибающих моментов они затягивались с помощью вантовой конструкции (с использованием шарнирных узлов крепления) к фундаментным точкам. Использование вантовых растяжек позволило исключить из внутреннего пространства помещений промежуточные несущие стойки (Рис. 9(а-с)).

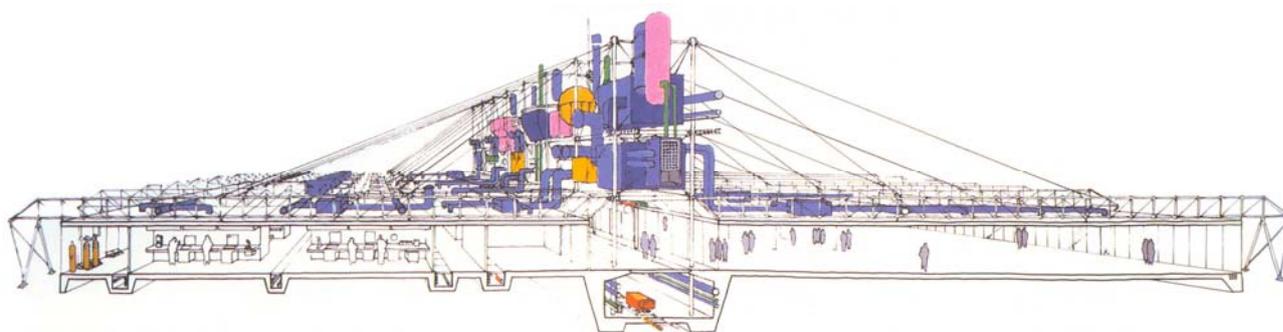
Таким образом, решение эстетической задачи – создание сооружения фабрики, имеющего облик флагманского судна, привело к разработке несущей конструкции здания, соединяющей в себе силовые элементы стоечно-балочных систем с вантовой растяжкой, частично разгружающей балку и затягивающей колонну. Ордер здания включает разновеликие стойки и внушительных размеров ферменные балки. Колонны с растяжками возвышаются над зданием, словно мачты над палубой лайнера.



a)



b)



с)

Рис. 9(а-с). Фабрика микропроцессоров (Уэльс, Ньюпорт, арх. Р. Роджерс, 1982 г.): а) общий вид б) аксонометрическая схема; с) схема разреза

Заключение

Открытые металлические конструкции из чугуна и стали повторяли формы каменных построек до начала XX века. Применение открытых вантовых конструкций позволило более полно выразить тектонику металлической опоры.

Архитектурные идеи, проекты и фантазии XX века, ориентированные на технические достижения, были прообразами стиля хай-тек в строительстве. Одним из первых таких сооружений стал Центр Помпиду, построенный в 1976 г. В его металлическом каркасе нашли применение практически все инженерные решения, которые в итоге и определили ордерные особенности и тектонику конструктивных решений хай-тек. В конструкциях данного стиля применяются различные вариации элементов стоечно-балочных систем и вантовых конструкций, в которых доминирует металлическая опора. Анализ тектоники каркасов хай-тек позволяет выделить следующие три типа несущих систем с металлической опорой:

- классическая стоечно-балочная система;
- вантовая система с подвешенным перекрытием;
- вантовая система с затянутой колонной.

Одними из самых ярких представителей направления хай-тек являются Н. Гримшоу и Р. Роджерс. В архитектуре они заметно тяготели к конструкторским разработкам. Анализ тектоники конструкций их зданий с точки зрения выявленных трех типов несущих систем с металлической опорой позволяет сделать следующие выводы:

- Н. Гримшоу употребил в несущей конструкции лукообразные опоры (колонны), демонстрируя наглядно работу металлической конструкции на изгиб. При этом решались одновременно инженерная задача по оптимизации напряженного состояния опоры и эстетическая – формирование образности здания.
- Инженерно рациональные шарнирные соединения разрабатывались в конструкциях Н. Гримшоу, Р. Роджерса как эстетизированные детали и узлы, реализуя новые ордерные формы металлической опоры и каркаса.
- Металлическая опора с вантовой конструкцией существенно повлияла на масштабность и пропорции элементов конструкции. Использование вант приводит к необходимости применения несущей опоры с размерами в несколько раз превышающими высоту здания. При этом на фоне всего сооружения возвышающиеся опоры (мачты) символизируют эстетику направления хай-тек, отражающую достижения современных технологий:

- Намеренно тяжелые базы (фундаментные блоки), визуально работающие на разрыв от действия прикрепленных к ним вант, подчеркивали тектонику напряженной металлической опоры и конструкции здания.

- Конструктивное исполнение каркасов зданий хай-тек отличалось легкостью и ажурностью, так как инженерные решения принимались с учетом прочностных свойств металла. Формы металлических опор и балок выбирались, в том числе, из условия обеспечения рациональных нагрузок, что позволяло существенно уменьшить сечения элементов конструкций по сравнению с традиционными каркасами зданий.

- Архитекторы стиля хай-тек, работая с конструкциями из металла, пришли к тектонике, обладающей индивидуальностью и новаторством. Несущие системы хай-тека отличаются легкостью, пластичностью, образностью демонстрации напряженного состояния металлической опоры и элементов конструкции. Несмотря на значительные размеры сооружений хай-тек, их каркасы кажутся лёгкими, ажурными и прозрачными.

Можно сказать, что как древнегреческие зодчие в совершенстве выразили работу камня несущей колонны, так и архитекторы направления хай-тек в полной мере выразили работу металла опоры несущей конструкции.

В статье использованы рисунки из:

- 1) Kenneth Powell. Richard Rogers. Complete Works. Volume One. London: Phaidon Press Limited, 2000;
- 2) Kenneth Powell, Rowan Moore. Structure, Space and Skin. The Work of Nicholas Grimshaw & Partners. London: Phaidon Press Limited, 2001;
- 3) Colin Amery. Architecture, Industry and Innovation. The Early Work of Nicholas Grimshaw & Partners. London: Phaidon Press Limited, 2001.

Литература

1. Иконников А.В., Степанов Г.П. Основы архитектурной композиции. - М.: Искусство, 1971. – с.12.
2. Зигель К. Структура и форма в современной архитектуре. - М.: Стройиздат, 1965. – с.24, 43.
3. Стрелецкий Н.С. Новые идеи и возможности в металлических промышленных конструкциях. - М.: Госстройиздат, 1934. – с.10.
4. Жилинский К.А. Проект моста через золотые ворота у Сан-Франциско // Железнодорожное дело. 1931. - №12, - с.5.
5. Иконников А. В. Архитектура XX века. Утопии и реальность. В 2 томах. - М.: Прогресс-Традиция. Том 2, 2002. – с.195.
6. Crompton D. Centre Pompidou. A live centre of information // Architectural Design, 1977. V.47. №2. - 110р.
7. Kenneth Powell. Richard Rogers. Complete Works. Volume One. - London: Phaidon Press Limited, 2000.

8. Kenneth Powell, Rowan Moore. Structure, Space and Skin. The Work of Nicholas Grimshaw & Partners. - London: Phaidon Press Limited, 2001.
9. Colin Amery. Architecture, Industry and Innovation. The Early Work of Nicholas Grimshaw & Partners. - London: Phaidon Press Limited, 2001, 163p.

References

1. Ikonnikov A.V., Stepanov G.P. *Osnovy arhitekturnoj kompozicii* [Foundation of architectural composition]. Moscow, 1971, 12p.
2. Zigel K. *Struktura i forma v sovremennoj arhitekture* [Structure and configuration in the modern architecture]. Moscow, 1965, 24, 43p.
3. Streleckij N.S. *Novye idei i vozmozhnosti v metallicheskih promyshlennyh konstrukcijah* [New ideas and opportunities in industrial metal constructions]. Moscow, 1934, 10p.
4. Zhilinskij K.A. *Zheleznodorozhnoe delo. Proekt mosta cherez Zolotye Vorota u San-Francisko* [Railway business. Design of bridge across Golden Gate near San-Francisco]. Moscow, 1931, Vol.12, 5p.
5. Ikonnikov A.V. *Arhitektura XX veka. Utopii i real'nost'* [Architecture of the XX century. Utopia and reality]. Moscow, 2002, Vol.2, 195p.
6. Crompton D. Centre Pompidou. A live centre of information // *Architectural Design*, 1977, V.47, no.2, 110p.
7. Kenneth Powell. Richard Rogers. Complete Works. Volume One. London: Phaidon Press Limited, 2000.
8. Kenneth Powell, Rowan Moore. Structure, Space and Skin. The Work of Nicholas Grimshaw & Partners. London: Phaidon Press Limited, 2001.
9. Colin Amery. Architecture, Industry and Innovation. The Early Work of Nicholas Grimshaw & Partners. London: Phaidon Press Limited, 2001, 163p.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

А.А. Загорков

Аспирант, отдел «История архитектуры и градостроительства новейшего времени», НИИТИАГ РААСН, Москва, Россия
e-mail: lo_nlo@rambler.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

A. Zagorkov

Post-graduate student, section "Contemporary history of the Urban Development and Architecture" NIITIAG RAASN, Moscow, Russia
e-mail: lo_nlo@rambler.ru