



Модель стального пространственного каркаса большепролётного здания

Лузенина И. Б., канд. тех. наук, доцент кафедры
«Строительные конструкции и строительное производство», УрГУПС, Екатеринбург,
Сосновских Л.В., канд. техн. наук, доцент кафедры
«Архитектура и урбанистика», ПНИПУ, Пермь

2021 г.

«Идеал органической архитектуры ... состоит в целостности и единении с природой...» Ф. Л. Райт

Главная задача архитектурно-конструктивного проектирования зданий и сооружений была и остается - формирование безопасной и комфортной среды для жизнедеятельности человека.

Существенная особенность настоящего времени – это устойчивая тенденция к глобализации и экспоненциальный рост численности населения.

Способ решения современников: стремление к гармонизации объектов строительства, как искусственной среды, с природным окружением – средой естественной.

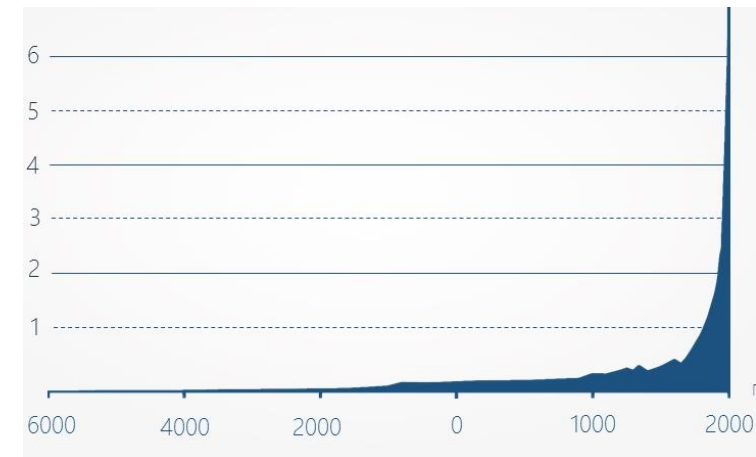


Рис. Динамика роста численности населения

АКТУАЛЬНОСТЬ

«Квинтэссенцией здания теперь являются не стены и крыша, а пространство...» Ф. Л. Райт

Некоторые современные подходы к созданию архитектурной концепции проектируемых объектов:

- увеличение функционального пространства объекта,
- переход от моно к многофункциональным зданиям.

Следствие:

- усложнение конструктивной системы и характера взаимодействия конструкций в системе,
- повышение чувствительности конструктивной системы к стихийным и техногенным воздействиям,
- **возрастание актуальности и значимости технических решений по обеспечению прочности, устойчивости и долговечности объекта.**

2021 год – юбилейный для стальных каркасов

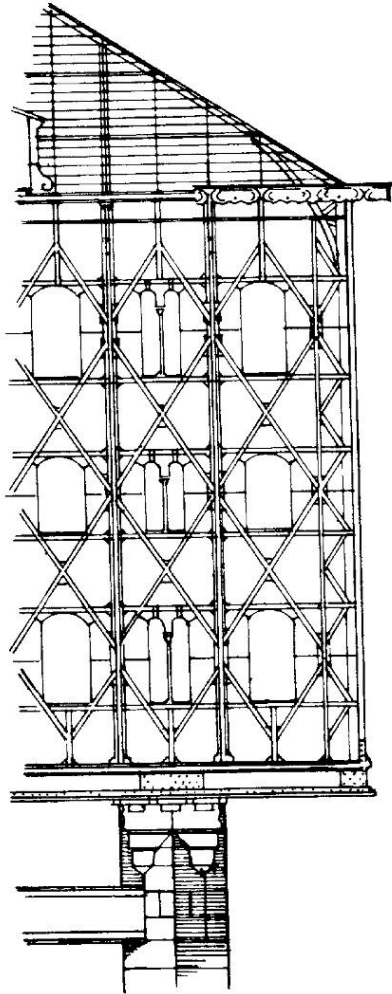


Рис. Здание фабрики
Солонье (1871-1872)

150 лет стальные каркасы служат в качестве несущих
для зданий и сооружений.

Первым стальным каркасным строением
принято считать фабричное здание фирмы «Солонье»,
близ Парижа в 1871-72 годах.

Многоэтажное здание шоколадной фабрики (рис.) покоится
на четырех мощных контрфорсах речной (р. Марна) плотины.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель: вариативная модель стального пространственного каркаса, применение которого позволит формировать объёмы большепролётных зданий и сооружений с различным функциональным наполнением.

Задачи:

- проанализировать эволюцию стальных каркасов с учетом развития технологий и архитектурно-строительного проектирования зданий и сооружений;
- обосновать пространственное решение стального каркаса здания и сформировать конструктивную схему;
- выявить, по результатам оптимизационных расчетов конструкции, универсальный конструктивный модуль;
- предложить применение пространственного каркаса в качестве вариативной конструктивной модели;
- наметить перспективные направления исследования по адаптации конструкции.

ЭВОЛЮЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СТАЛЬНЫХ КАРКАСОВ

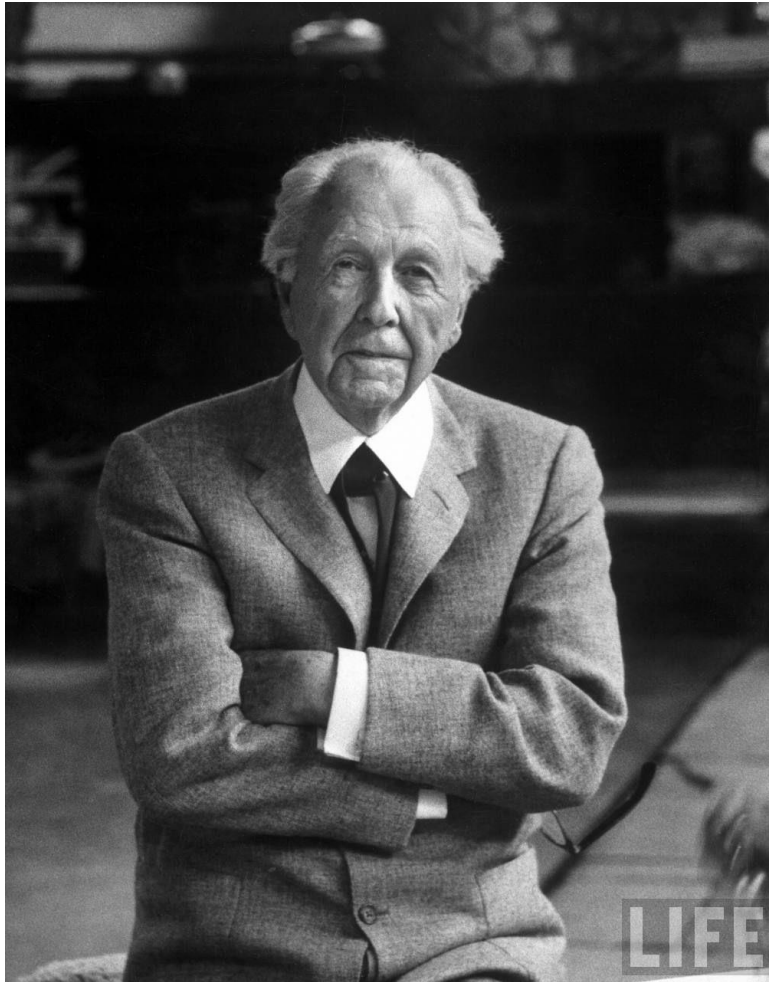


Рис. Ф.Л. Райт (1867-1959)

«Квинтэссенцией здания теперь являются не стены и крыша, а пространство...»

«Идеал органической архитектуры ... состоит в целостности и единении с природой...»

Фрэнк Ллойд Райт - один из создателей органической архитектуры.

Принцип взаимодействия конструктивных элементов пространственных каркасов является идеальным для выполнения «гуманных» условий проектных задач: архитектурной - по созданию гармоничной среды обитания, конструкторской - по созданию безопасной для человека несущей системы здания.

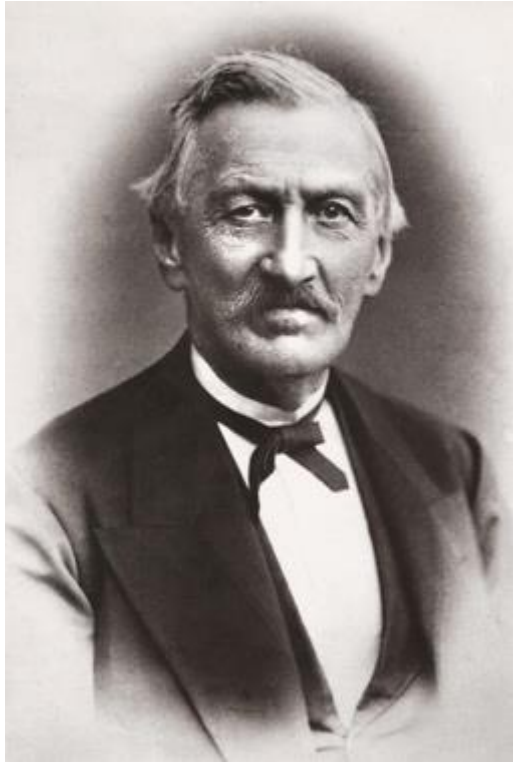


Рис. Г. Земпер (1803-1879)



Рис. Э. Виолле-ле-Дюк (1814-1879)

Родоначальники органического движения архитекторов призывают изучать возможности новых материалов, выявляя их специфические, значимые для формообразования, качества

Появление, оптимизация состава и свойств, совершенствование производства строительной стали связаны с именами исследователей



Рис. Абархам Дерби (1678-1717)

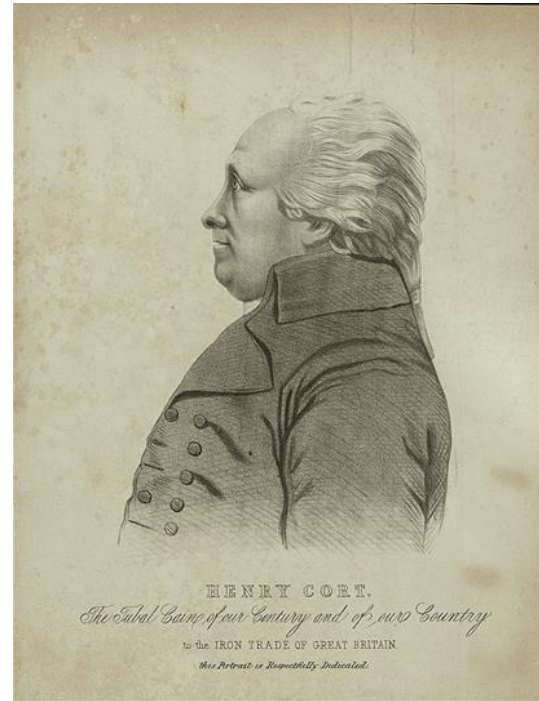


Рис. Генри Корт (1740-1800)



Рис. Генри Бессемер (1813–1898)

определивших в дальнейшем индустриальную основу изготовления стальных конструкций.

Преимущества применения строительной стали для несущих конструкций проявились благодаря



Рис. Роберт Аббот
Гадфильд (1858-1940)



Рис. Юхан Гадолин (1760-1852)

*«...Надёжная крыша над головой – одно из
первостепенных условий цивилизованного
существования, но крыша тяжела, а потому проблема
поддержки её так же стара, как и сама цивилизация...»*



Рис. Джеймс Эдвард Гордон
(1913 — 1980)

Джеймс Эдвард Гордон - один из основателей
науки о материалах и биомеханики,
занимался проблемами конструирования и
исследованием физических основ теории прочности
традиционных и нетрадиционных материалов

Конструкции пространственной рамы



Рис. Железнодорожный вокзал «Ориенте»,
Лиссабон (Архитектор С.Калатрава)



Рис. Ладужский вокзал Санкт-Петербурга,
(Архитектор Н.И. Явейн)

Проектирование пространственных стальных каркасов – процесс сложный и во многом интуитивный. По мере увеличения сложности технических систем возрастает актуальность и значимость экспериментально-теоретических исследований

МОДЕЛЬ КОНСТРУКЦИИ РАМЫ

Замысел – создать конструктивную систему, сохраняя эффект стабильной и, в то же время, динамичной транспортной среды.

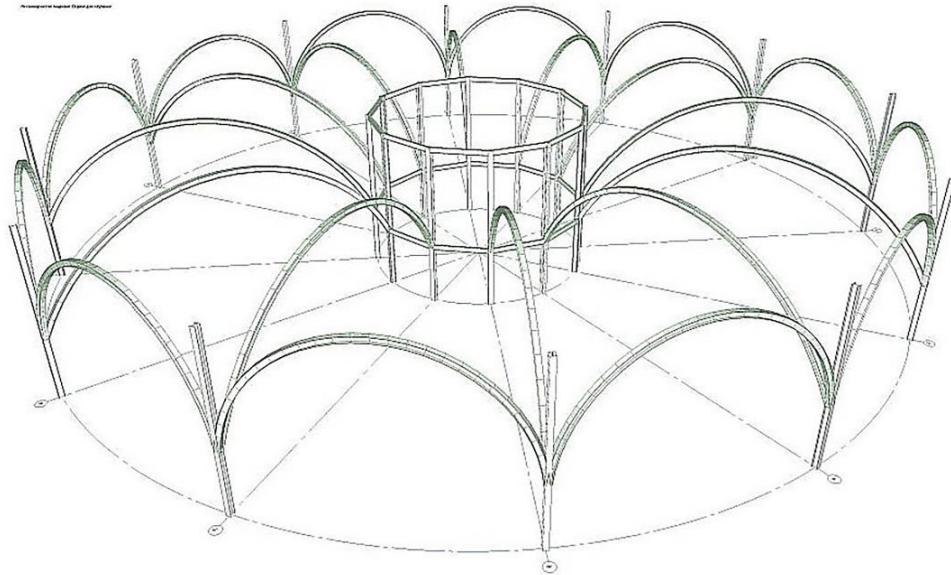
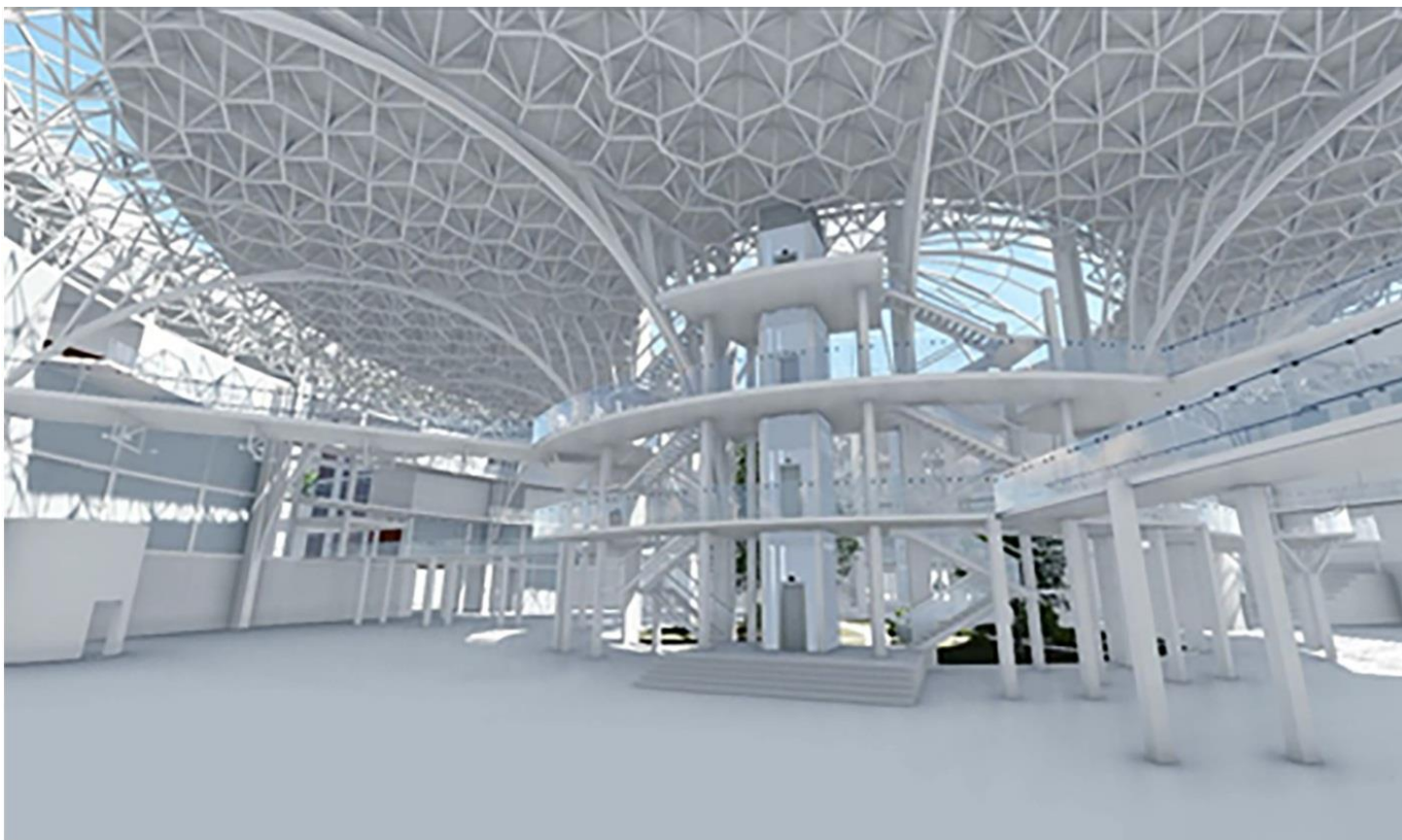


Рис. Модель конструкции рамы

По внутреннему и внешнему кольцу пространственной рамы расположено по 12 стоек. Расстояние между стойками в радиальном направлении (пролет) составляет 27 м; расстояние между стойками по малому диаметру - 4,65 м, по внешнему диаметру - 18,6 м. Высота колонны 15,2 м; высота арочного элемента 8,8 м.

Арочные элементы сориентированы в радиальном и круговом направлениях, имитируют «крону» древовидных колонн.



Центральное пространство атриума - круглое в плане, диаметрального расстояние между стойками - 18 м.

Опираясь на предварительные расчёты предложено конструктивное решение здания вокзала и адаптирована 3D-модель внутреннего пространства.

Рис. 3D-модель внутреннего пространства здания вокзала

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

нагрузка 1 - собственный вес
Вариант конструирования Вариант 1

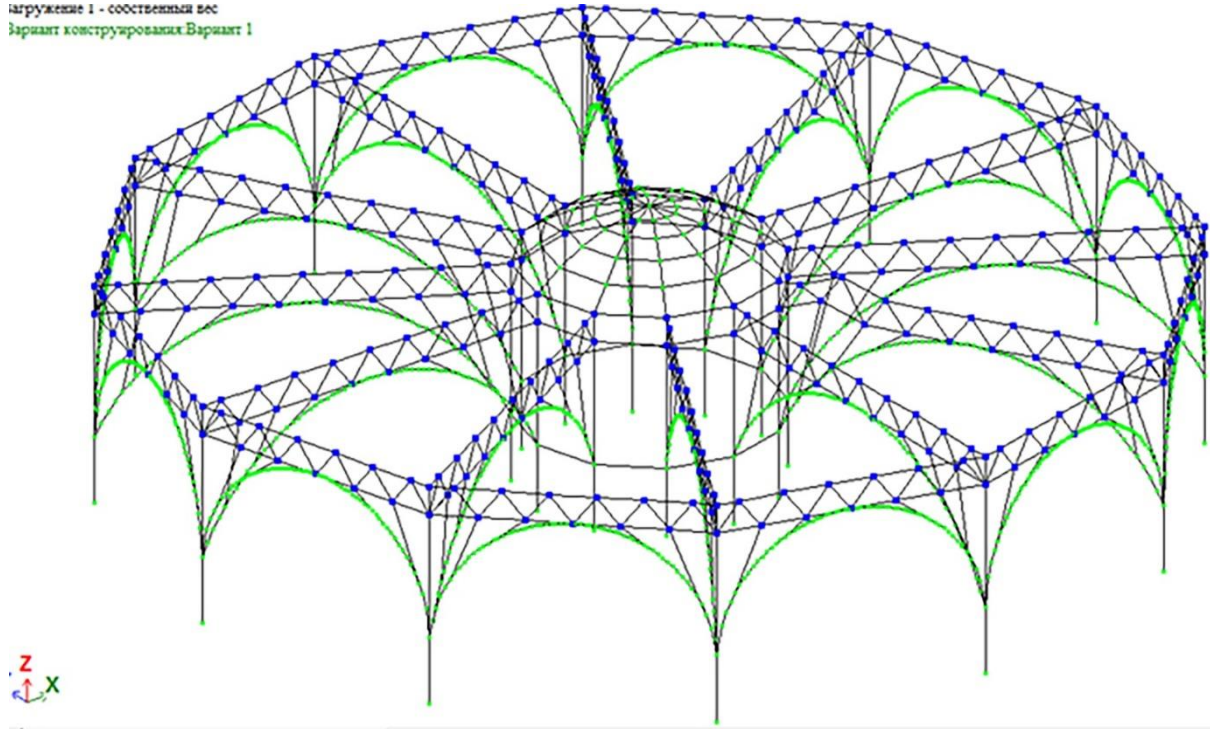


Рис. Расчетная схема пространственной рамы

В результате уточняющих расчетов рамы в программном комплексе и последующего анализа НДС конструкция претерпела некоторую трансформацию

Последующее уточнение статической схемы пространственной рамы произведено с учетом целесообразности, возможностей изготовления узловых сопряжений элементов и пр. факторов.

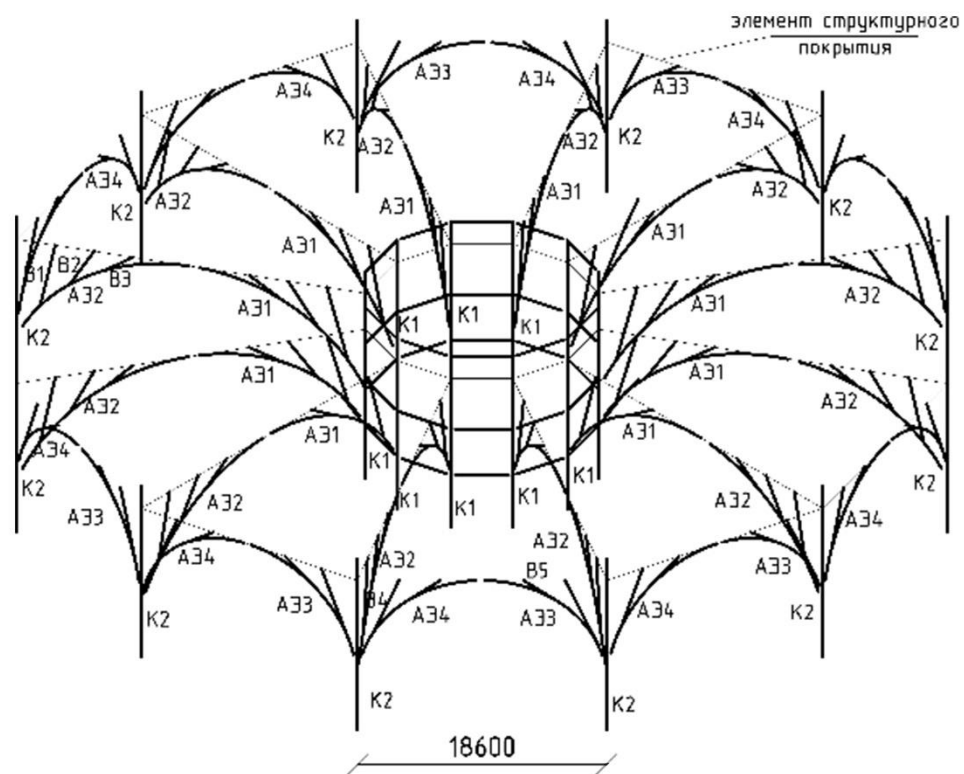


Рис. Схема отправочных марок пространственной рамы

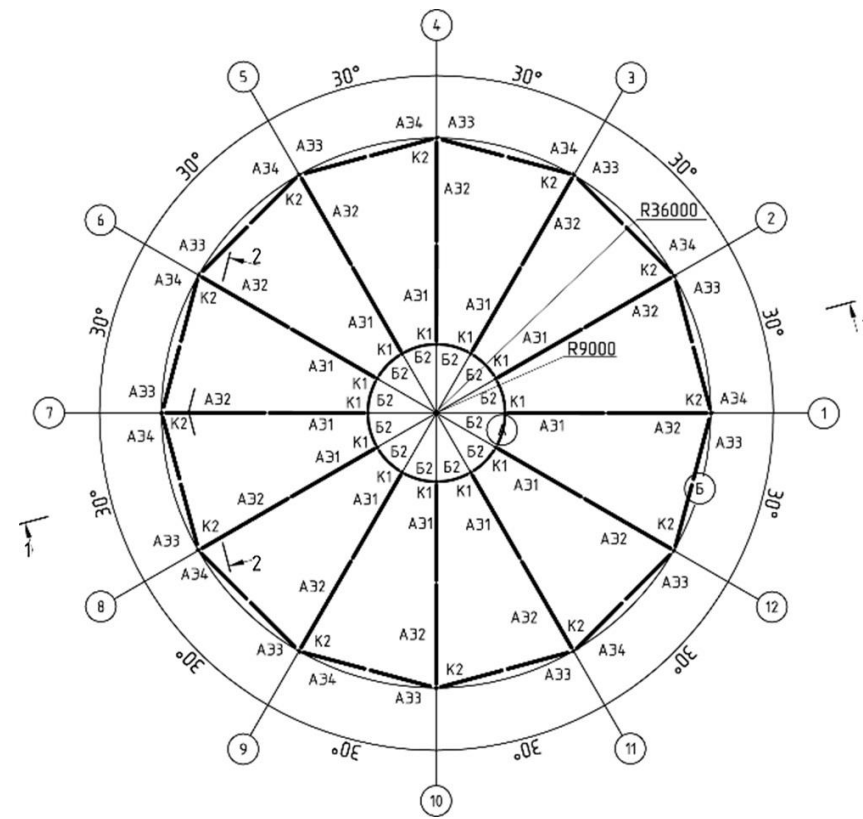


Рис. План центральной части здания

Последовательные пересчёты позволили оптимизировать сечения основных элементов. Показания величин деформаций элементов и конструкции в целом не вызывают сомнений в пространственной жёсткости и геометрической неизменяемости исследуемой конструктивной системы объемного модуля.

Особенностью предложенного каркаса с несущей рамой служит вариативность применения модуля для объектов транспортной инфраструктуры, например, для здания вокзала, перрона и пр.

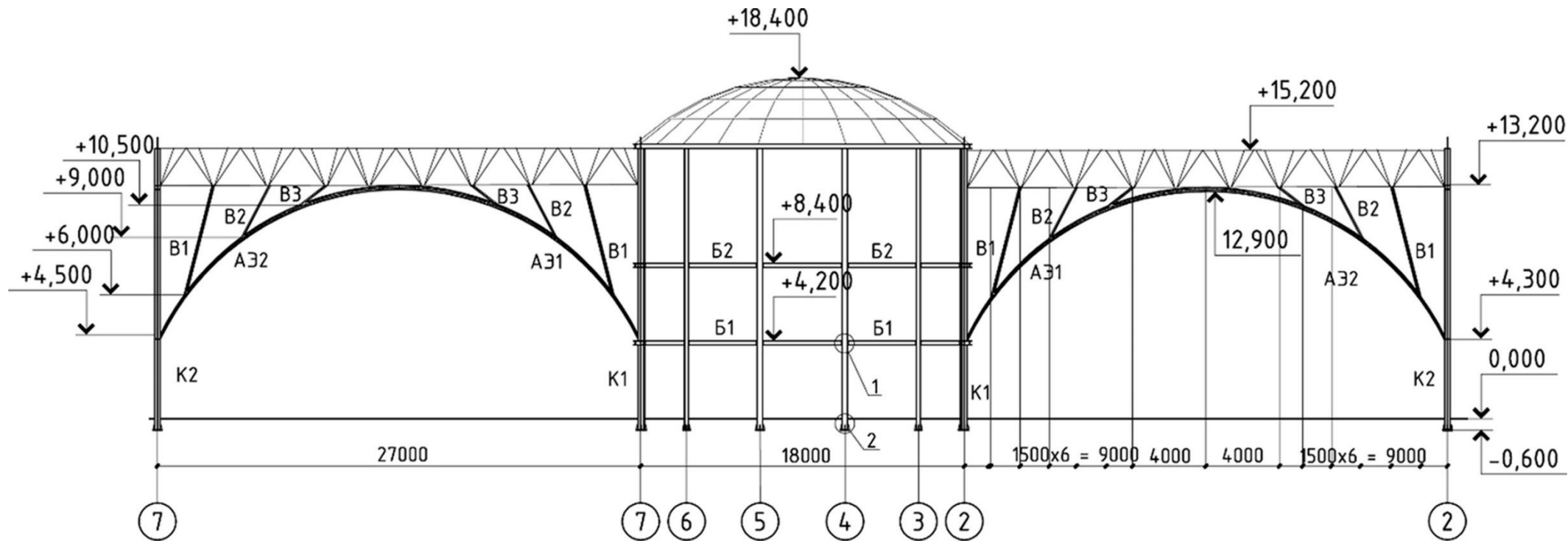


Рис. Чертеж центральной части здания вокзала

Объёмно-планировочные параметры объектов увеличиваются с внедрением инновационных строительных материалов, по мере развития строительных технологий и совершенствования методов расчёта.

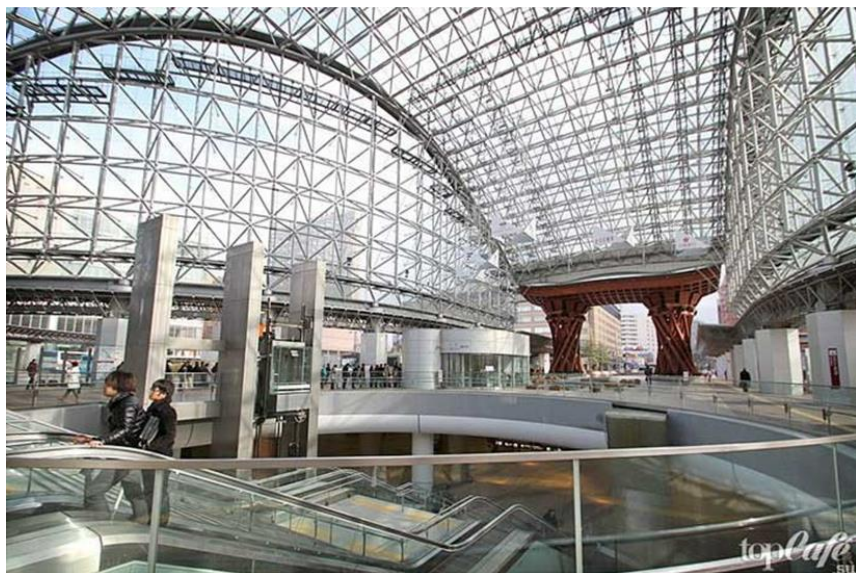


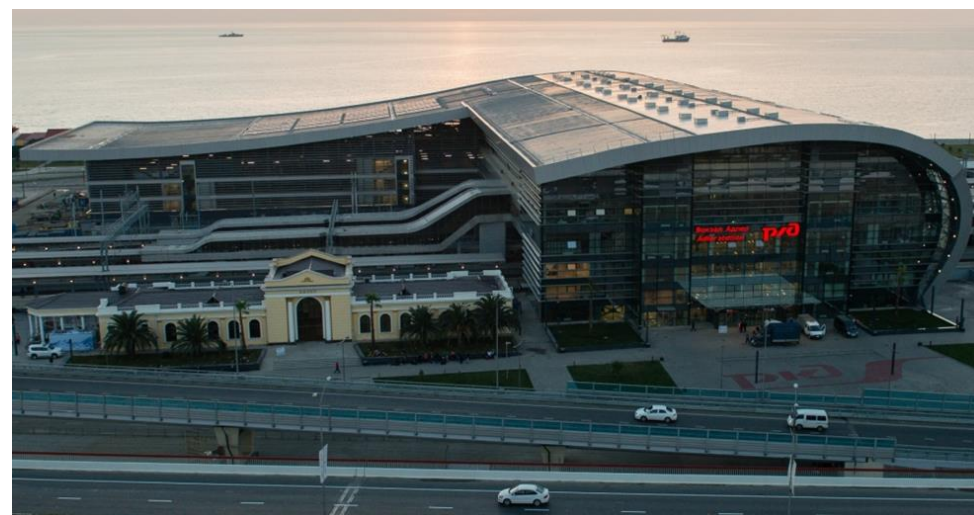
Рис. Вокзал,
Берлин, Германия

Рис. Станция
Канадзавы, Япония



Рис. Вокзал, Адлер

Процесс прогнозирования работы конструкций во времени, с учётом возможных **внезапных воздействий** аварийного характера, становится всё более актуальным условием проектирования большепролётных зданий.



ЗАТРУДНЕНИЯ И ПРЕИМУЩЕСТВА

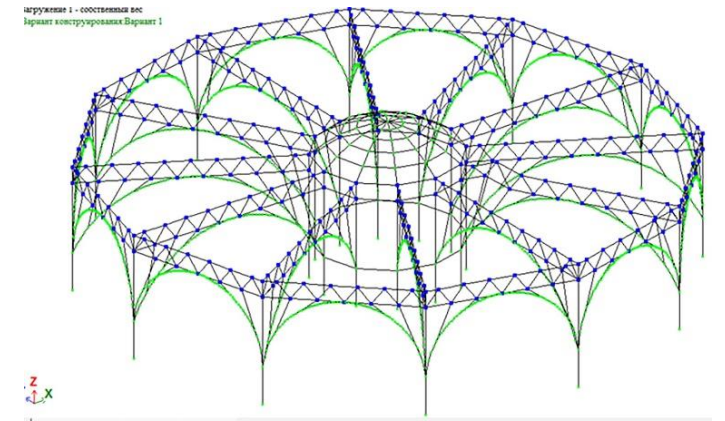
- высокая трудоёмкость возведения,
- малое использование больших пространств во времени (около 25%),
- недостаточное заполнение (до 30%) при значительной стоимости строительства и содержания.
- пространственная жёсткость и геометрическая неизменяемость,
- надёжность и живучесть при особых воздействиях,
- оптимальный расход материала,
- унификация элементов и узлов,
- гибкость в выборе способов возведения,
- визуальная «легкость» и эстетичность,
- свобода внутренней планировки и другие.



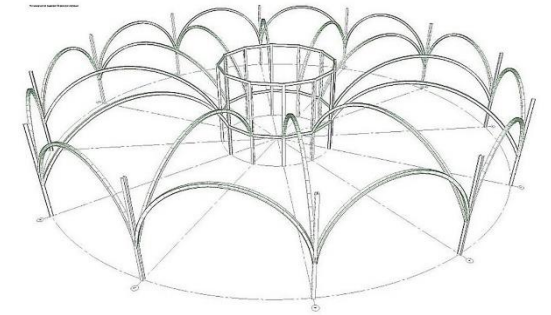
ЭФФЕКТИВНОСТЬ проектирования большепролетных объектов во многом зависит от сотрудничества архитекторов и конструкторов. Чтобы сформированное под функциональный процесс архи-удобное пространство было обеспечено конструктивными расчётами.

Руководствуясь нелинейной парадигмой проектного мышления,
содержание дальнейших исследований:

- оптимизация расчётной схемы и сечений основных элементов рамы с учётом конструктивной нелинейности,
- выявление целесообразной сборочной схемы,
- оптимальное конструирование монтажных и заводских сопряжений, в том числе с учётом примыкания конструкций смежных объектов,
- выявление универсальных элементов,
- анализ работы конструкции каркаса на расчетные ситуации, с учётом прогрессирующих нагрузок,
- оценка живучести системы при локальных повреждениях.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ



Проведенные и намеченные исследования не только способствует реализации идей органической архитектуры при разработке конструктивных решений большепролетных зданий, но и имеет практическую ценность.

В перспективе, использование вариативного модуля даст возможность в едином выдержанном стиле формировать объёмы зданий и сооружений со свободными внутренними пространствами, адаптированными под различные цели.