



**Брестский государственный технический университет**

**Кафедра строительных конструкций**

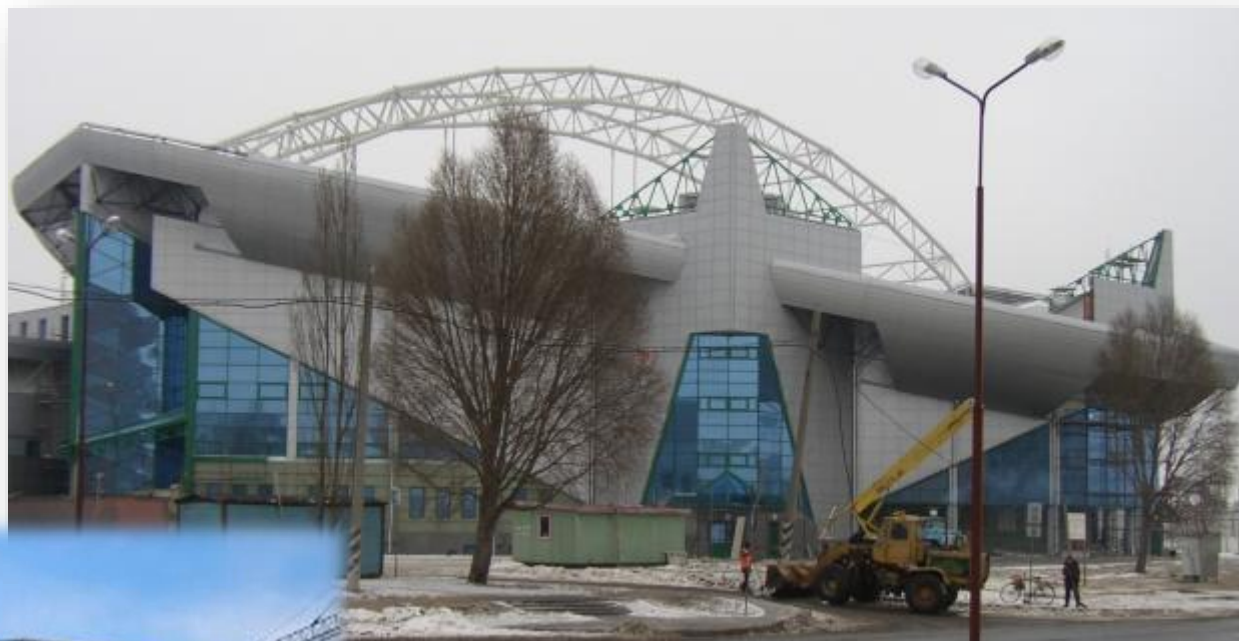
**СТРУКТУРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ,  
ЗАПРОЕКТИРОВАННЫЕ  
СПЕЦИАЛИСТАМИ КАФЕДРЫ  
«СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ» БрГТУ**

---

**А.Б. ШУРИН, К.Т.Н., ДОЦЕНТ,  
ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ СК БрГТУ  
+375 29 5210315**

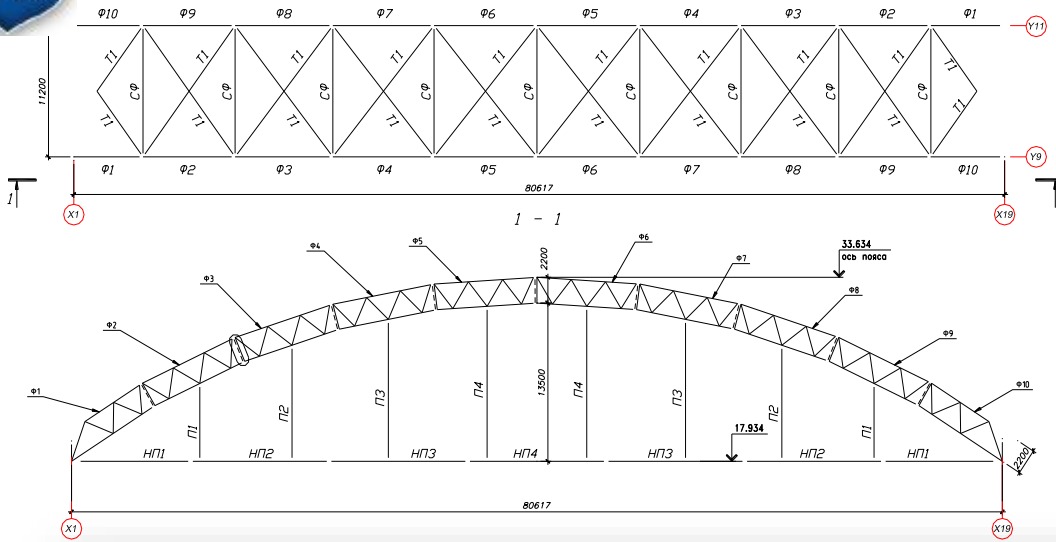
# КОМБИНИРОВАННОЕ ПОКРЫТИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСА ВИКТОРИЯ В Г.БРЕСТЕ (2005).

Стадии КМ, КМД



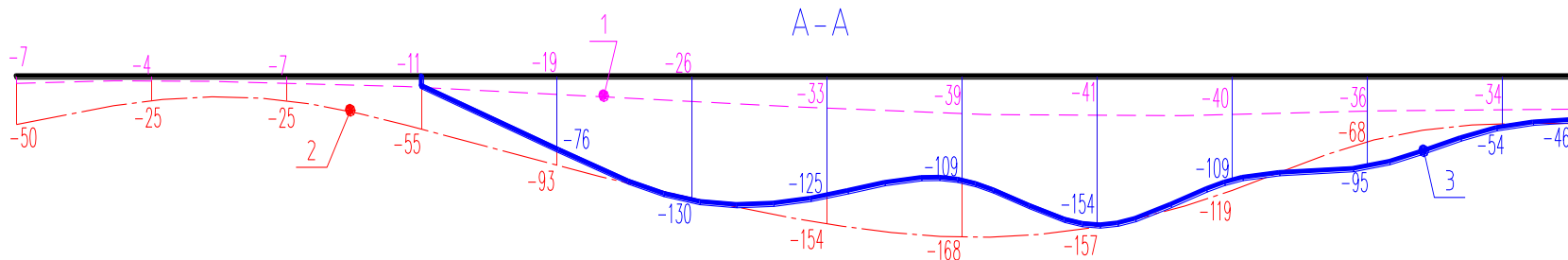
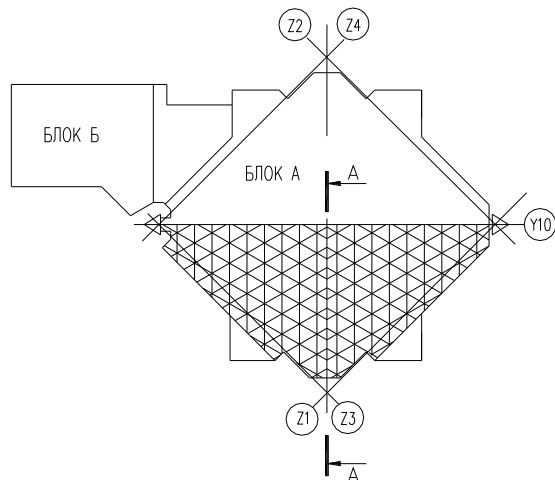


Монтажная схема арок и связей



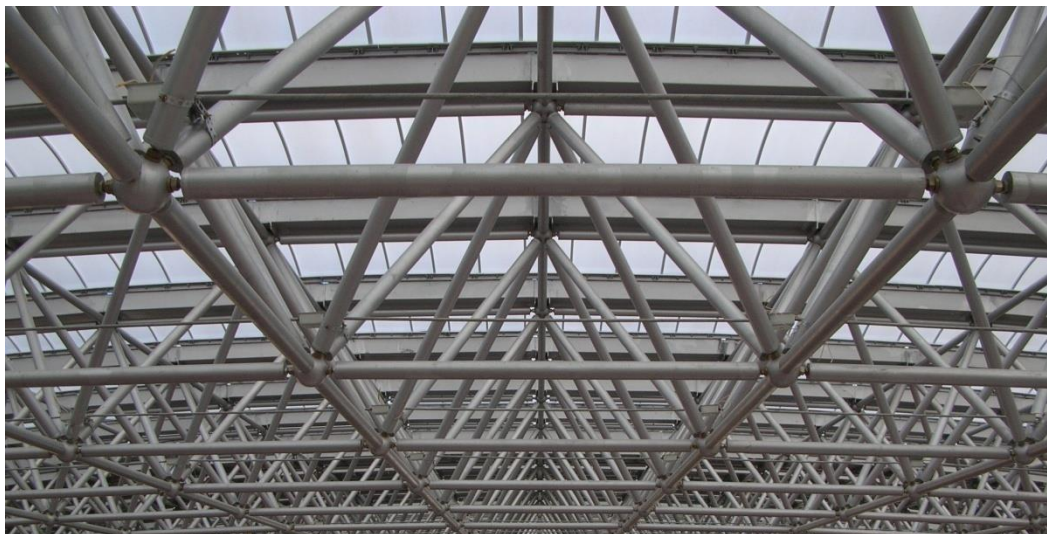
# КОМБИНИРОВАННОЕ ПОКРЫТИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСА ВИКТОРИЯ В Г.БРЕСТЕ (2005).

## НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ



- 1** – перемещения, вычисленные без учета податливости узлов структурной плиты (по КЭМ 2);
- 2** – с учетом податливости и включением в работу прогонов и профнастила (по КЭМ 5);
- 3** – экспериментальные данные

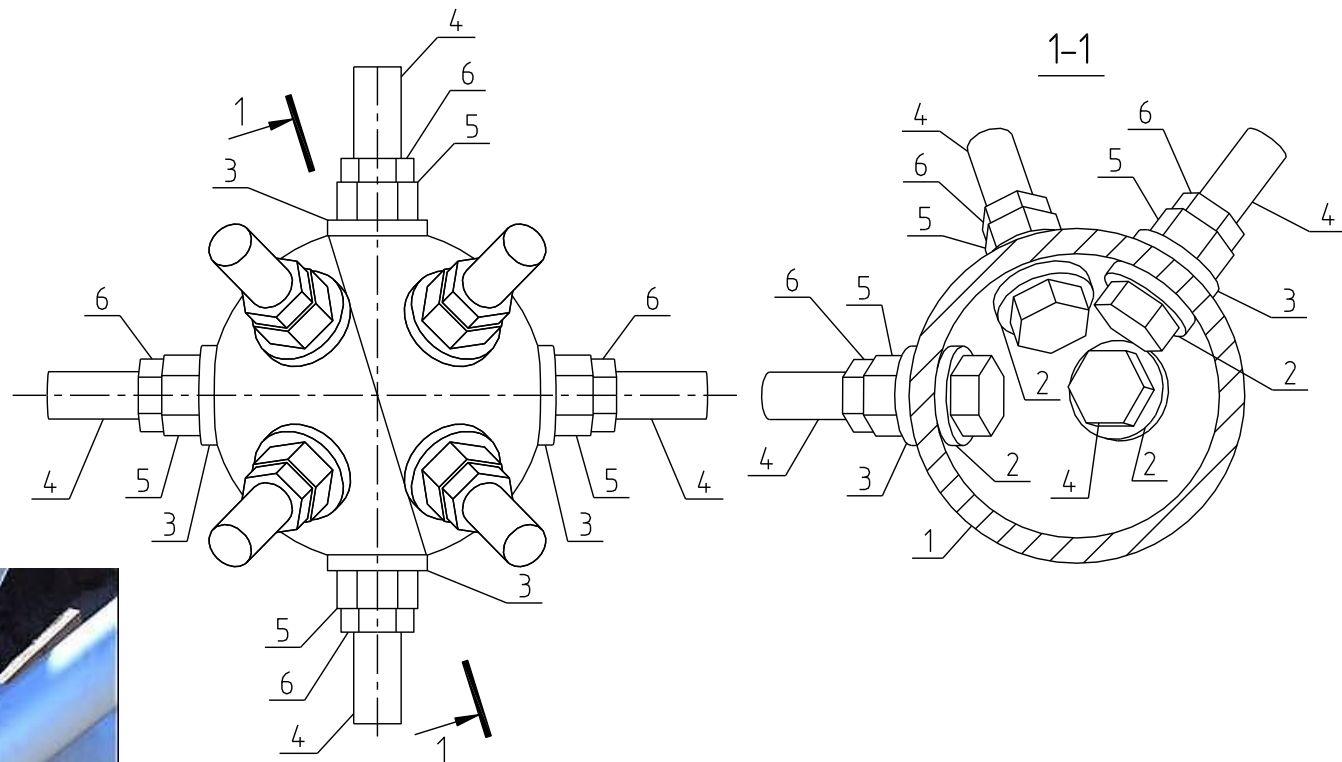
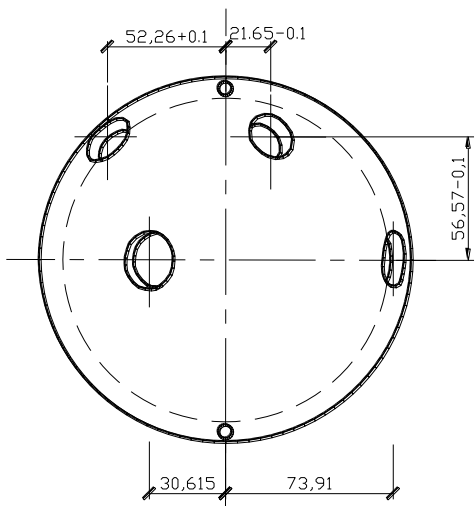
## УЗЛОВОЙ ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ «БрГТУ»



Преимущества структуры “БрГТУ”:

- архитектурная выразительность и привлекательность;
- перекрывает пролеты свыше 150 м;
- создает различные пространственные формы – плиты, оболочки различных очертаний;
- высокая несущая способность свыше 300 кг/м<sup>2</sup>;
- сравнительно малая строительная высота – 1/15-1/40 перекрываемого пролета;
- снижение расхода стали от 20% до 40% по сравнению с другими большепролетными конструкциями;
- значительная степень заводской готовности, индустриальность изготовления, однотипность изделий;

# УЗЛОВое СОЕДИНЕНИЕ СИСТЕМЫ «БрГТУ»



- 1—полусфера;
- 2—внутренняя шайба с выпуклой поверхностью;
- 3—наружная шайба с вогнутой поверхностью;
- 4—болт; 5—силовая гайка; 6 — контргайка

## Исследование напряженно-деформированного состояния сферы узла в условиях осевого нагружения

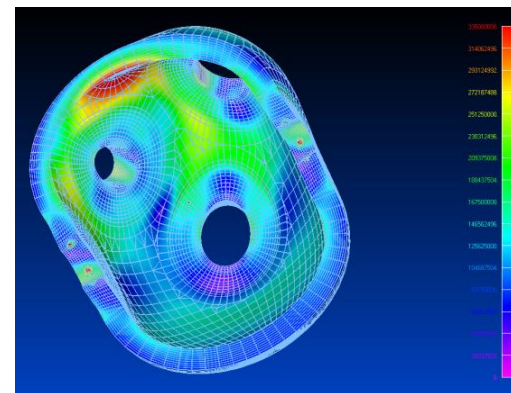
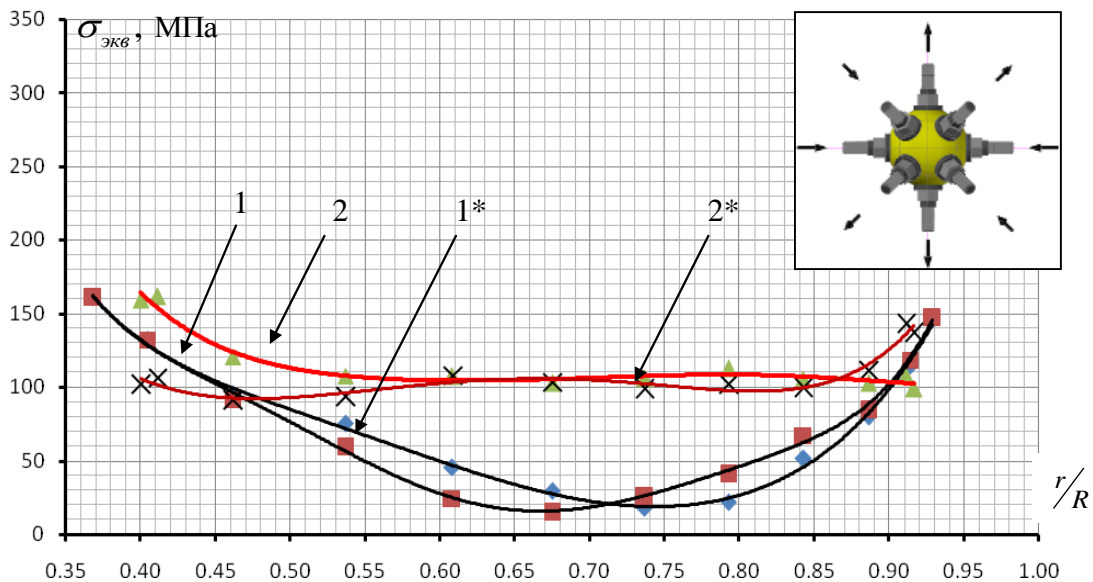
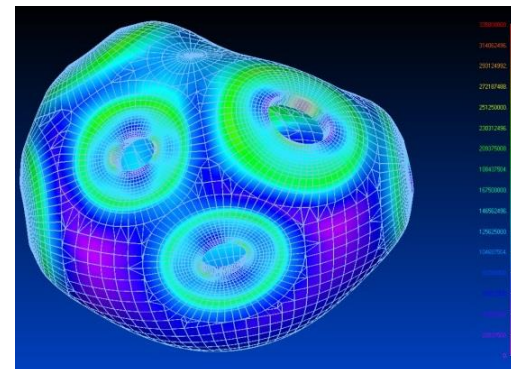
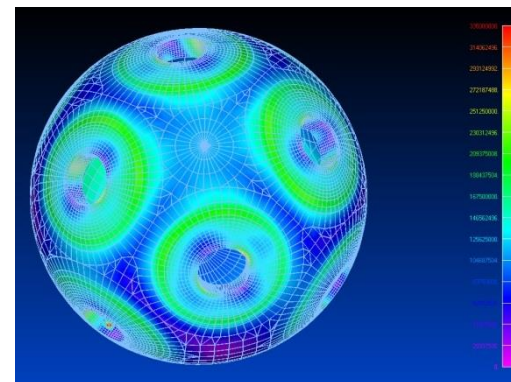
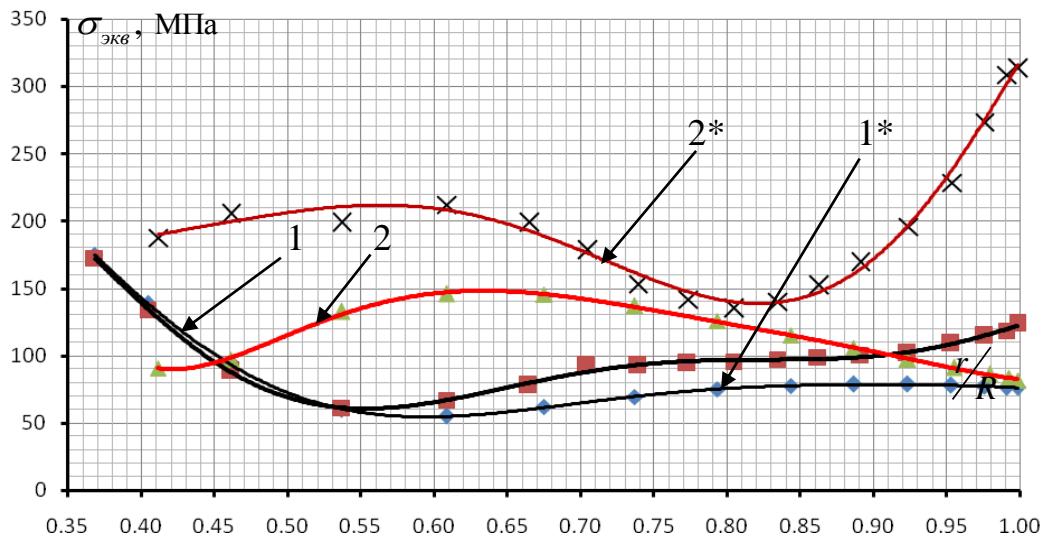


а) в условиях осевого растяжения



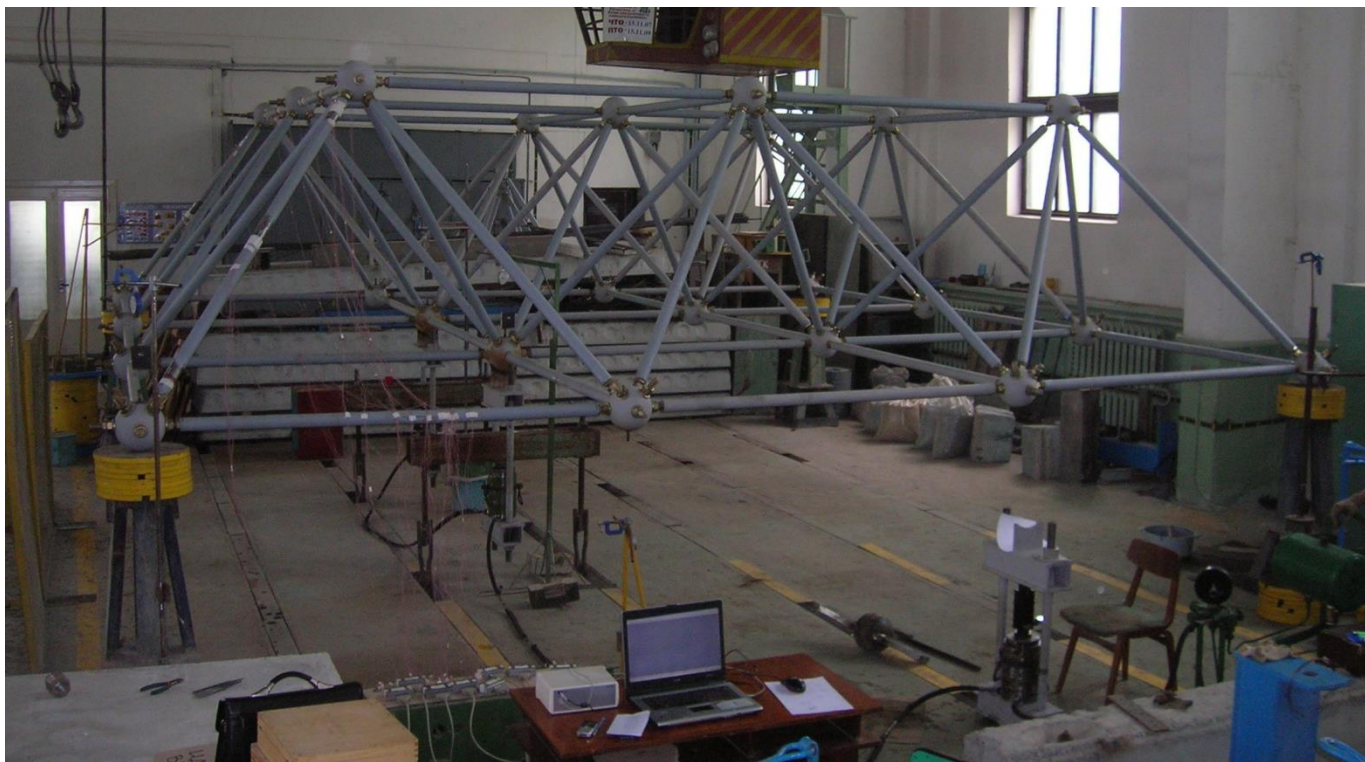
б) в условиях осевого сжатия

# НДС ПРИ СЛОЖНОМ НАГРУЖЕНИИ





## Исследование действительной работы узлов стержней на натурном фрагменте



В результате испытаний натурного фрагмента установлено, что все стержни структуры работают только на центральное растяжение или сжатие. Сравнение критических сил при потере устойчивости сжатых стержней, измеренных экспериментально, и рассчитанных по формуле Эйлера, совпадают с погрешностью, не превышающей 5%.

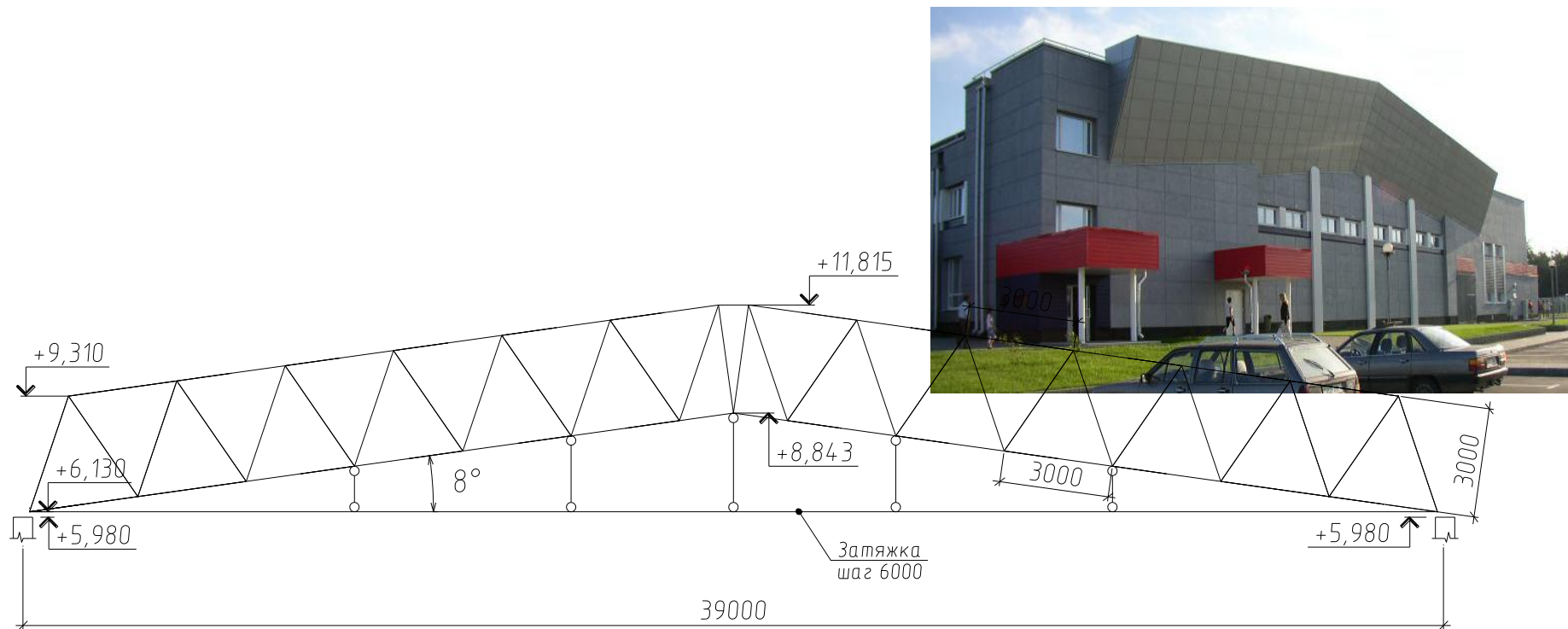
# ПОКРЫТИЕ ЛЕТНЕГО АМФИТЕАТРА В ПАРКЕ КУЛЬТУРЫ И ОТДЫХА г. БРЕСТА (2005) . Стадии КМ, КМД



Натурные испытания

Первое применение узлового элемента  
системы «БрГУ»

# КОМБИНИРОВАННОЕ ПОКРЫТИЕ ЛЕДОВОГО ДВОРЦА В г. ПРУЖАНЫ (2005). ТИПОВОЙ ПРОЕКТ – стадионы КМ, КМД



Размеры в плане 39,0х63,0 м, высота плиты в осях – 3,0 м, размер ячеек плиты – 3,0х3,0 м

ВОЗВЕДЕНЫ: в г. Кобрин, г. Лунинец, г. Малорита, г. Столин

ЗАПРОЕКТИРВОАНЫ: г. Новолукомль, г. Лепель, г. Глубокое, г. Сморгонь

# КОМБИНИРОВАННОЕ ПОКРЫТИЕ ЛЕДОВОГО ДВОРЦА В г. ПРУЖАНЫ (2005)

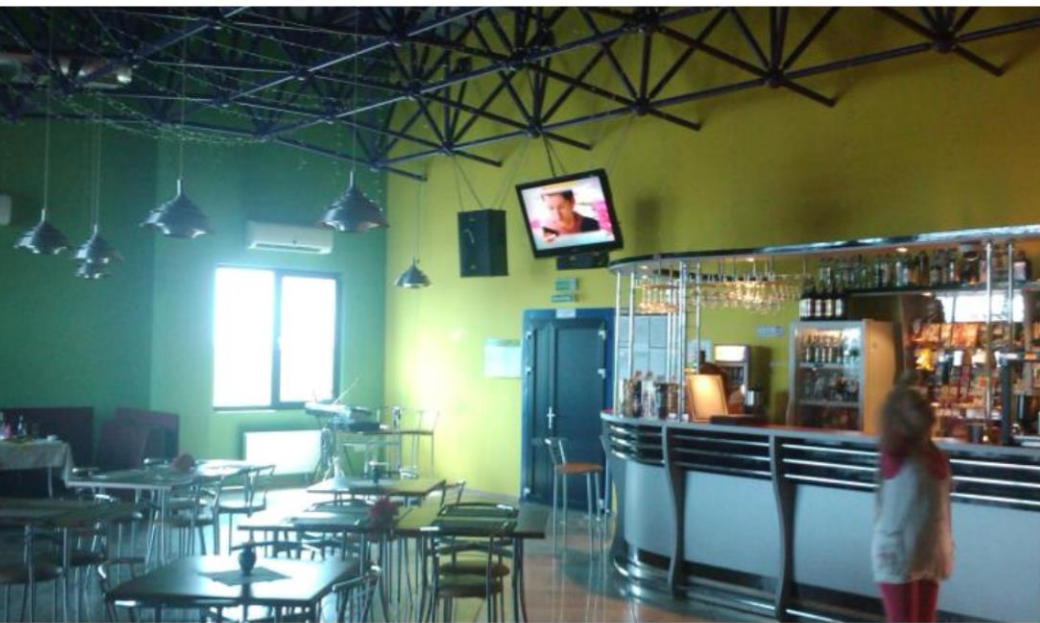


Размеры в плане 39,0x63,0 м, высота плиты в осях – 3,0 м, размер ячеек плиты – 3,0x3,0 м

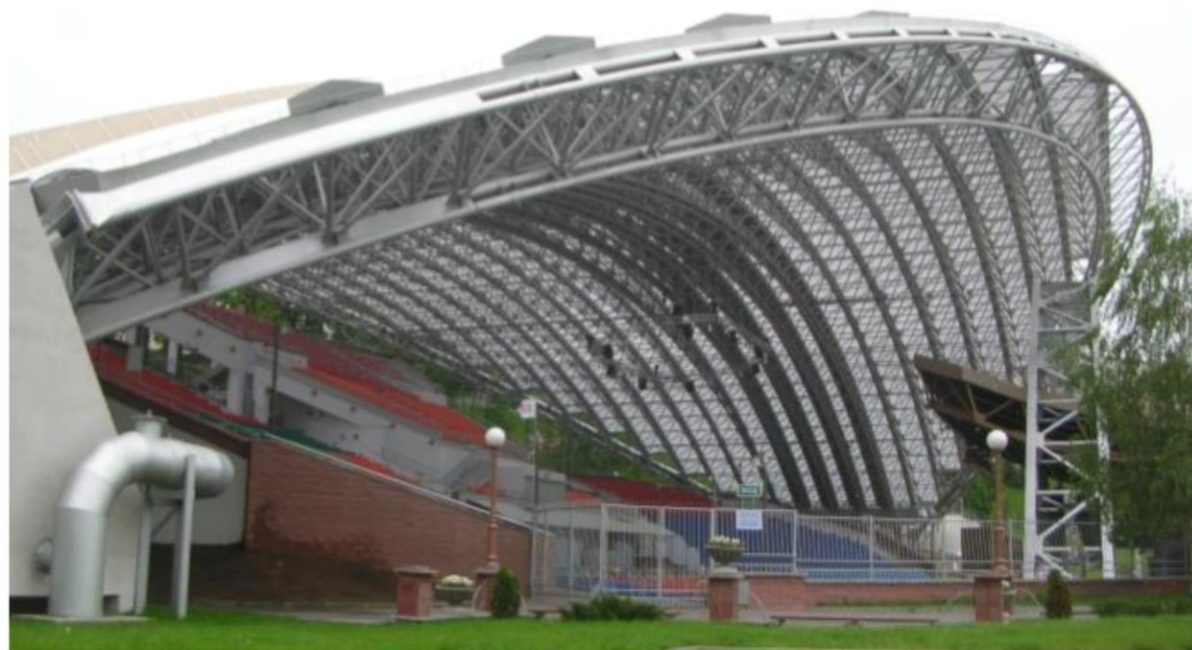
ВОЗВЕДЕНЫ: г. Пружаны, г. Кобрин, г. Лунинец, г. Столин

ЗАПРОЕКТИРВОАНЫ: г. Новолукомль, г. Лепель, г. Глубокое, г. Сморгонь

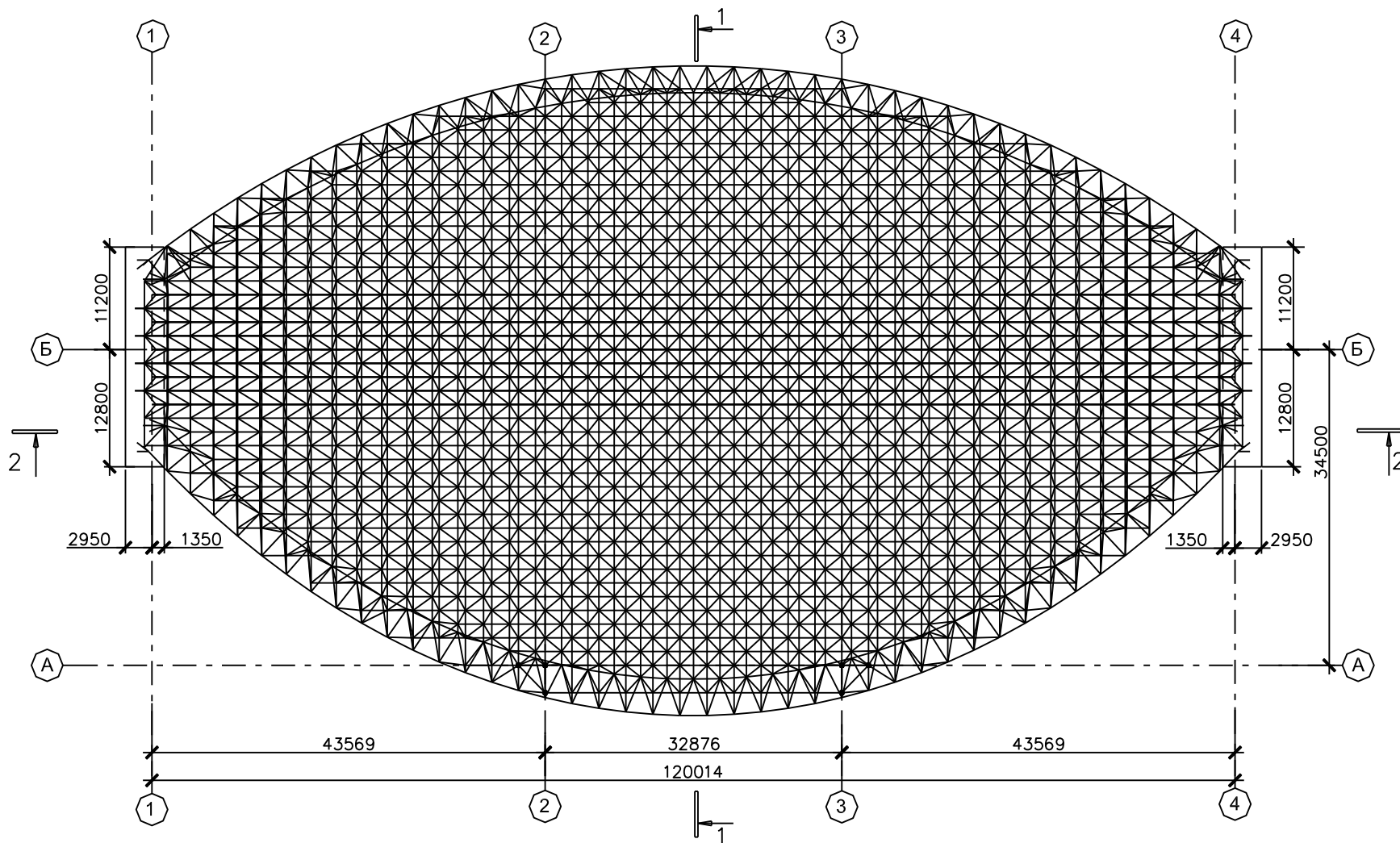
# Кафе на трассе М1 «Брест-Москва» – г. Береза (2007) . Стадии КМ, КМД



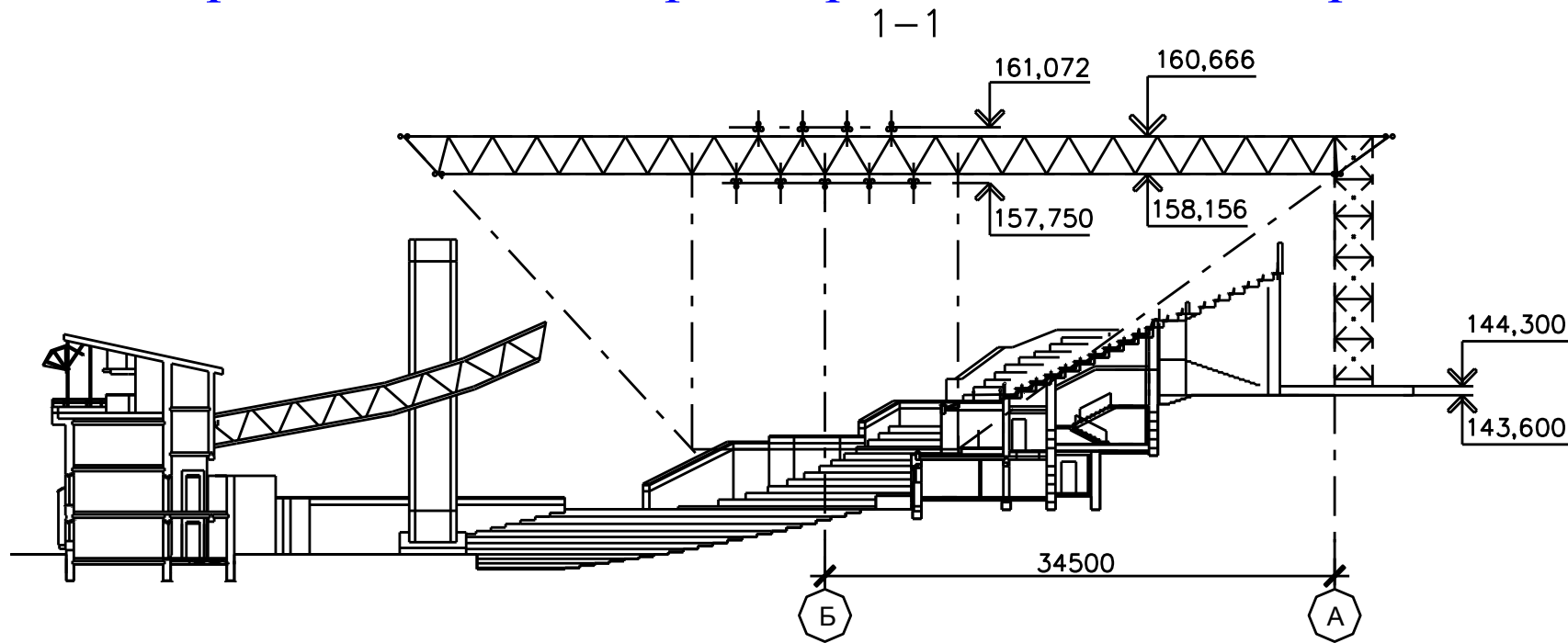
# ПОКРЫТИЕ ЛЕТНЕГО АМФИТЕАТРА В г. ВИТЕБСКЕ (2007). Стадии КМ, КМД



# Покрытие Летнего амфитеатра в г. Витебске. План покрытия



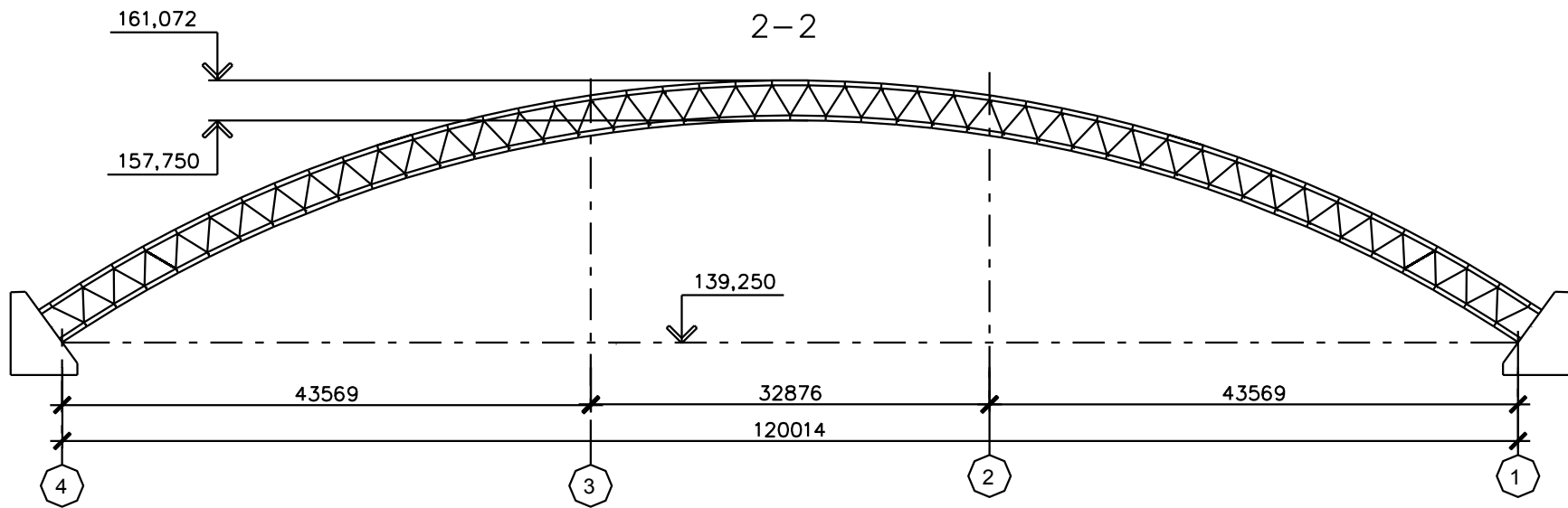
## Покрытие Летнего амфитеатра в г. Витебске. Разрез 1-1



Большепролетное покрытие Летнего амфитеатра представляет собой комбинированную стержневую систему. Данная система состоит из структурной цилиндрической оболочки, усеченной двумя наклонными плоскостями, и подкрепляющих ее девяти вертикальных арок (пять нижних и четыре верхних), двух наклонных арок, а также двух решетчатых колонн из круглых труб, расположенных за трибунами.



## Покрытие Летнего амфитеатра в г. Витебске. Разрез 2-2



- ❑ Пролет нижних вертикальных арок составляет 120.014 м.
- ❑ Ширина покрытия переменная и изменяется от 24.0 м на опорах до 71.0 м в средней части покрытия.
- ❑ Высота подъема осей нижних вертикальных арок от точки входа в фундамент – 18.5 м.
- ❑ Высота покрытия по осям арок – 3.32 м.
- ❑ Высота сечения структурной оболочки – 2.51 м.

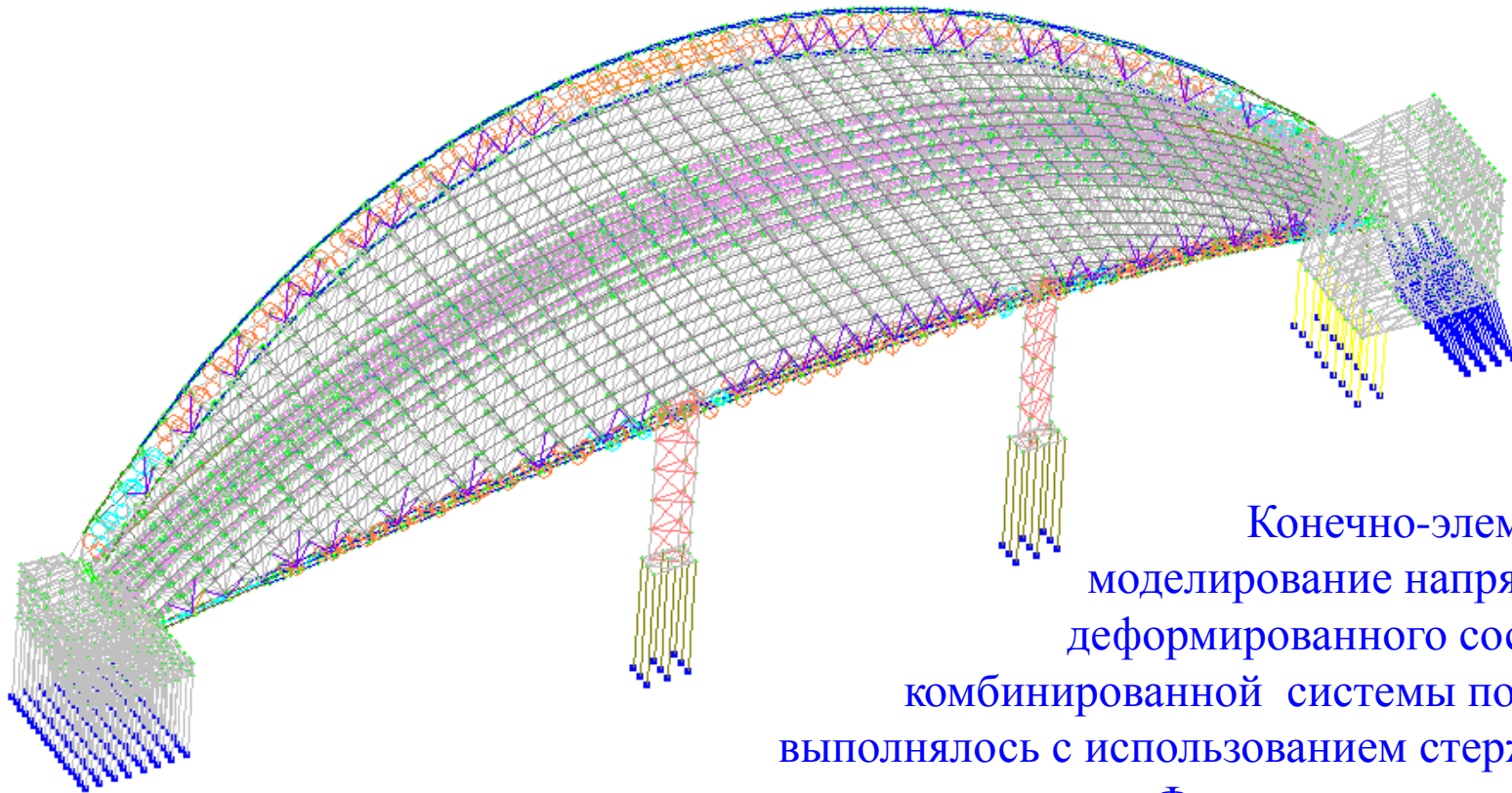
## Опираение покрытия на фундаменты



Вертикальные арки опираются на монолитные железобетонные фундаменты через консоли, которые представляют собой сталежелезобетонные элементы, жестко заземленные в теле фундамента на глубину 1.5м.

Опоры наклонных арок состоят из трех стержней, пересекающихся в одной точке и образующих трехгранную пирамиду. Узлы сопряжения вертикальных и наклонных арок с консолями выполнены в виде фланцевых соединений на высокопрочных болтах.

## Расчетная модель покрытия с фундаментами



Конечно-элементное моделирование напряженно-деформированного состояния комбинированной системы покрытия выполнялось с использованием стержневых конечных элементов. Фундаменты сооружения

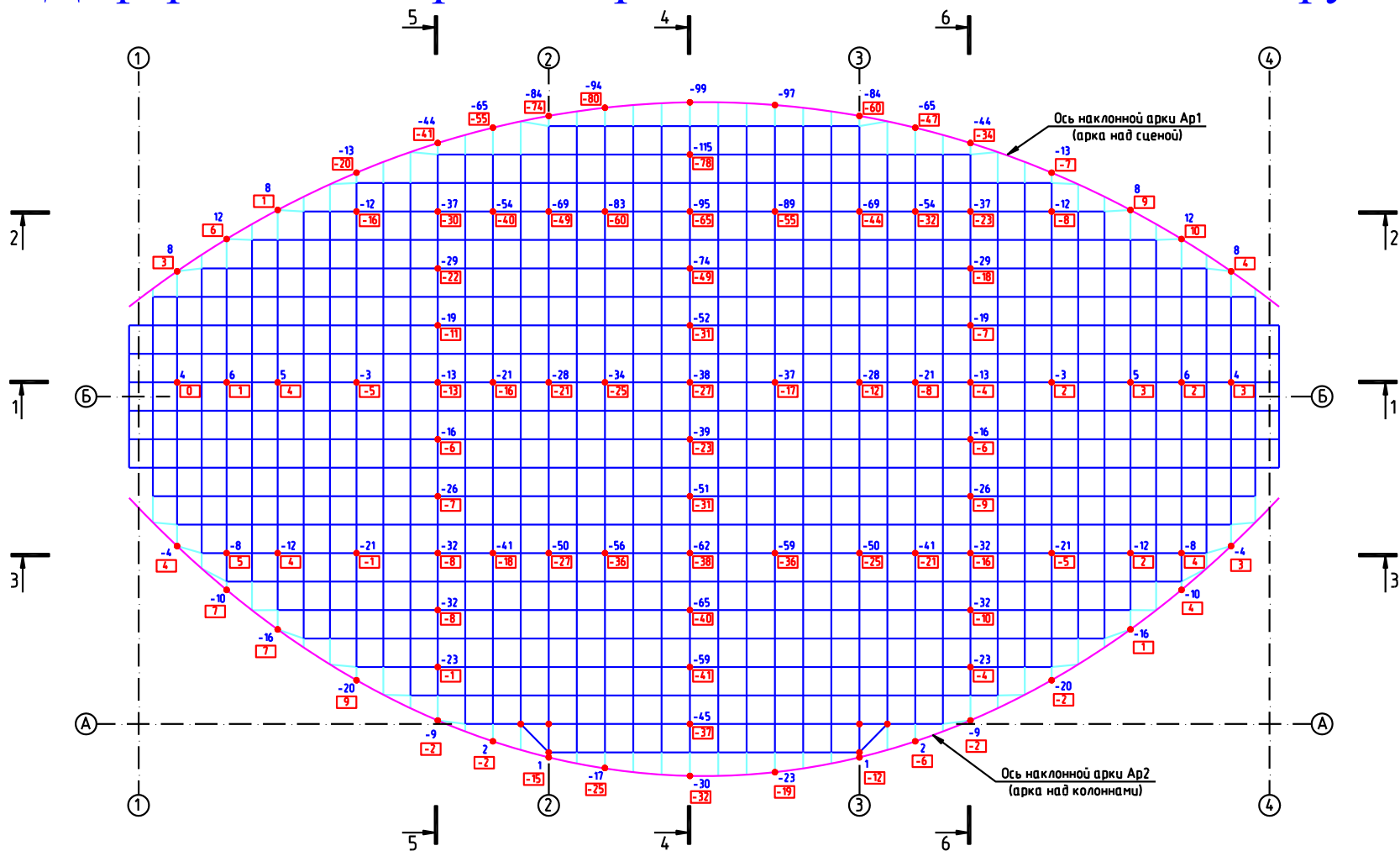
моделировались с помощью пластин, имеющих достаточно большую жесткость, а сваи представлены стержнями с жесткостными характеристиками соответствующими экспериментальным значениям, полученным при испытаниях на вертикальные и горизонтальные нагрузки.

## Натурное испытание большепролетного покрытия



Покрытие было загружено полной нормативной нагрузкой, которая включала собственный вес металлической структуры, вертикальных и наклонных арок, вес смонтированного технологического оборудования, вес лотков для отвода воды и испытательную нагрузку, которая определялась нормативным значением снеговой нагрузки и весом кровли из поликарбоната. Испытательная нагрузка превысила нормативное значение проектной нагрузки в 1,18 раза. В процессе испытания конструкции подвергались температурному воздействию от  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

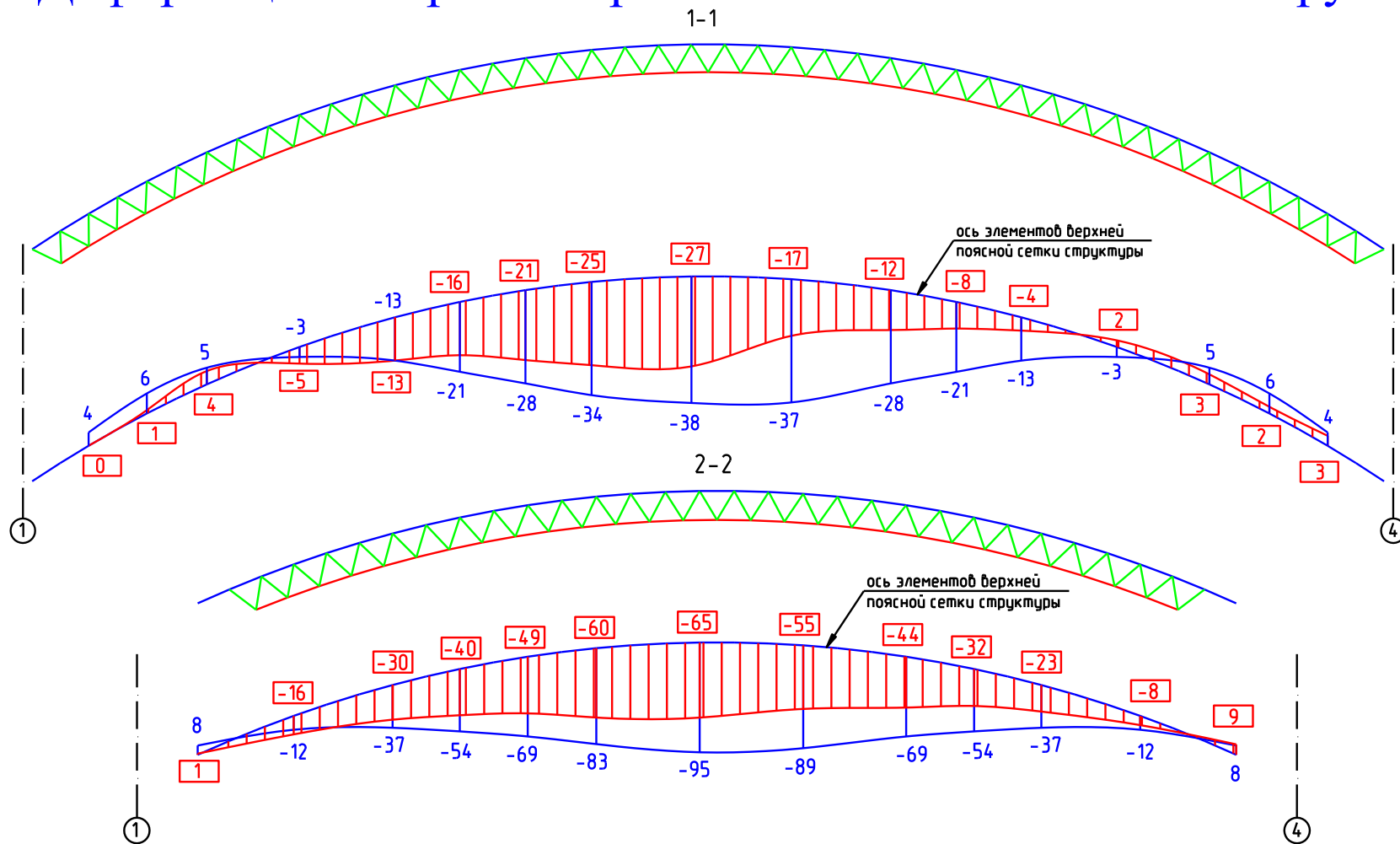
# Деформации покрытия при полной испытательной нагрузке



-45 - величина теоретических вертикальных перемещений, мм

**-37** - величина экспериментальных вертикальных перемещений, мм

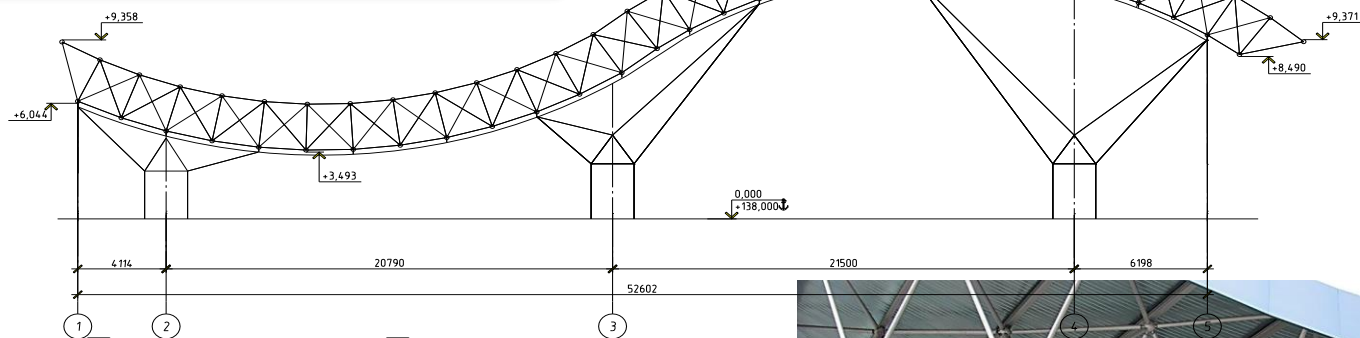
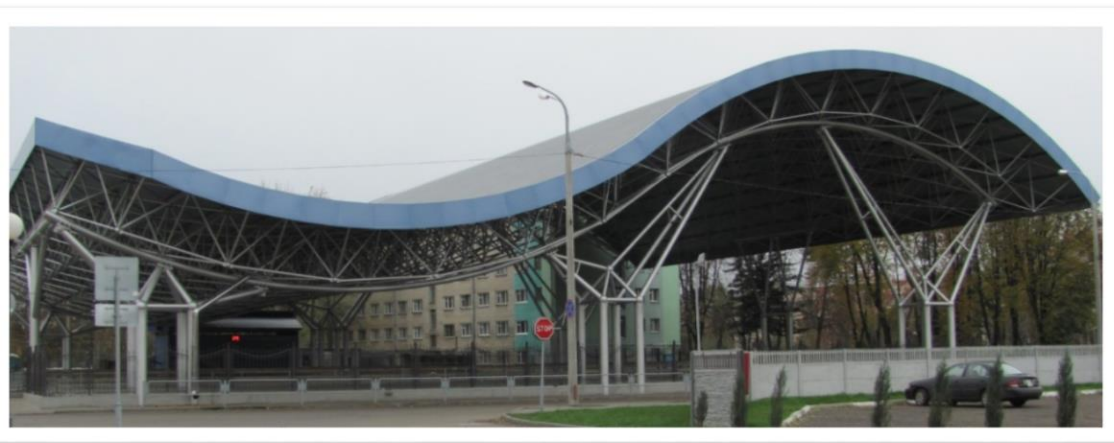
# Деформации покрытия при полной испытательной нагрузке



-45 - величина теоретических вертикальных перемещений, мм

**-37** - величина экспериментальных вертикальных перемещений, мм

# Навес над ледовой площадкой в г. Гомеле (2007, 2011). Стадии КМ, КМД



Покрытие ледового катка по ул. Головацкого в г. Гомеле с размерами в плане 49,092x57,820м представляет собой пространственную стержневую конструкцию, в поперечном разрезе близкую по очертанию к синусоиде. Объединение стержней в единую конструкцию выполнено с помощью полых шаровых узлов системы "БрГТУ"



## Общий вид навеса, загруженного испытательной нагрузкой



Загрузка верхней части покрытия  
испытательной нагрузкой в осях  
3-4 / А-Д

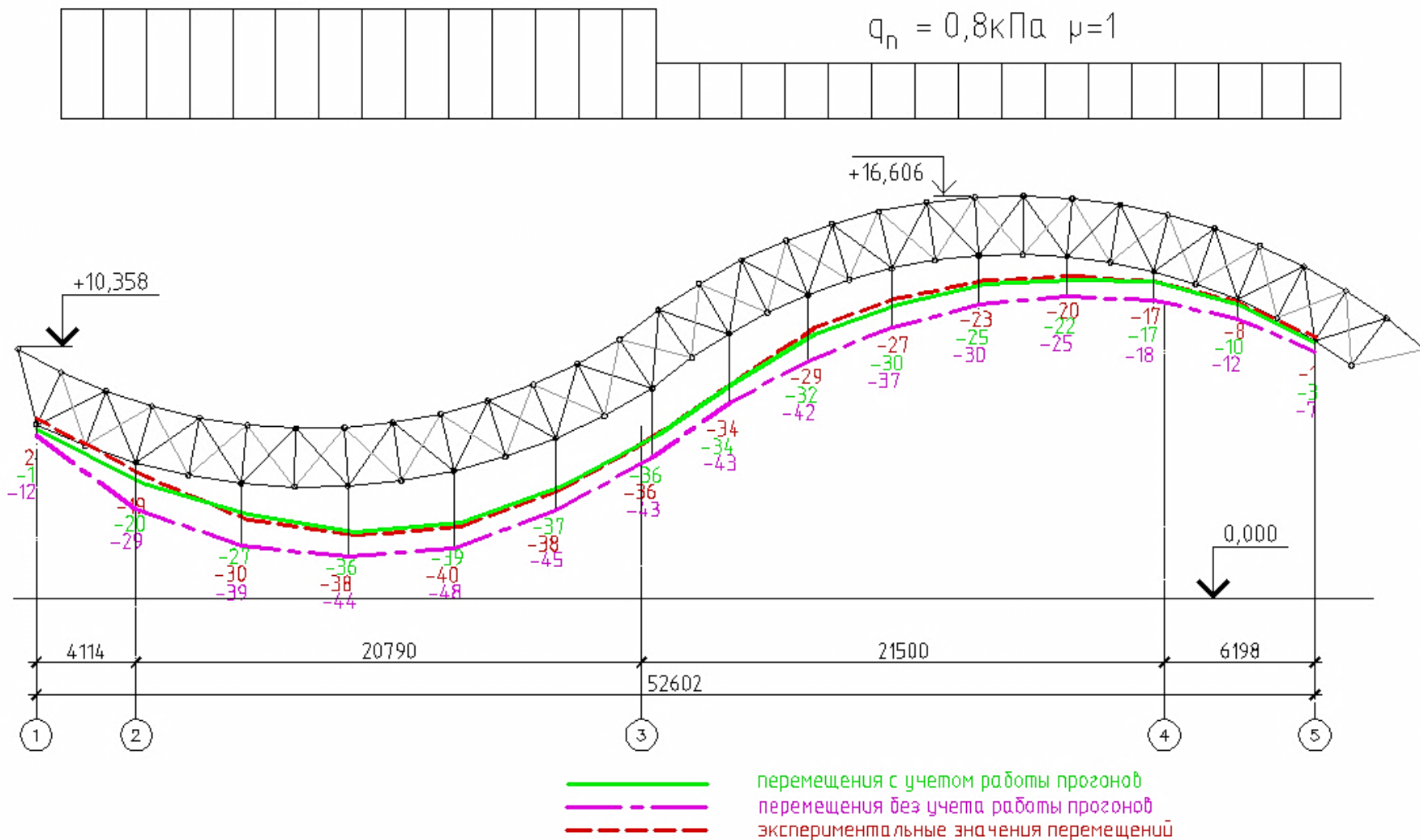
Загрузка нижней части покрытия  
испытательной нагрузкой  
(в осях 1-3 / А-Д)



# Схема нагружения снеговой нагрузкой и эпюры вертикальных перемещений узлов нижней поясной сетки по оси В при нагружении покрытия испытательной нагрузкой

$$q_n = 1,6 \text{ кПа} \quad \mu = 2$$

$$q_n = 0,8 \text{ кПа} \quad \mu = 1$$

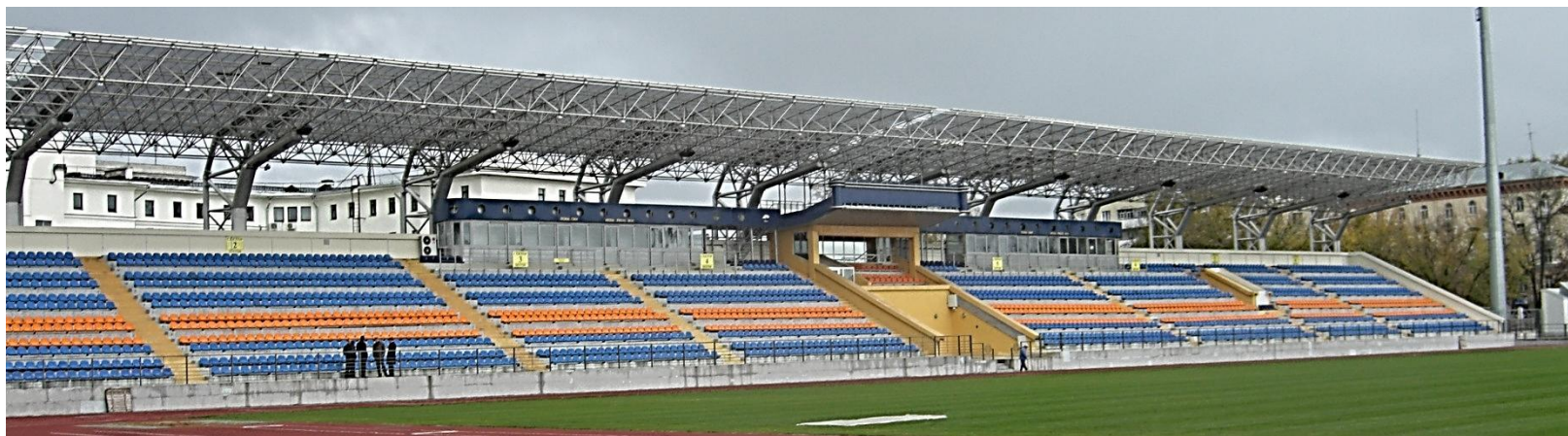


## Козырек над центральным входом МКСК «Минск-Арена» (2007). Стадии КМ, КМД



Высота структуры в осях – 1,7 м, ширина покрытия – 17,71 м, длина покрытия по наружной дуге – 45,72 м

# Навес над западной трибуной стадиона «Спартак» в г. Могилеве (2007). Стадии КМ, КМД

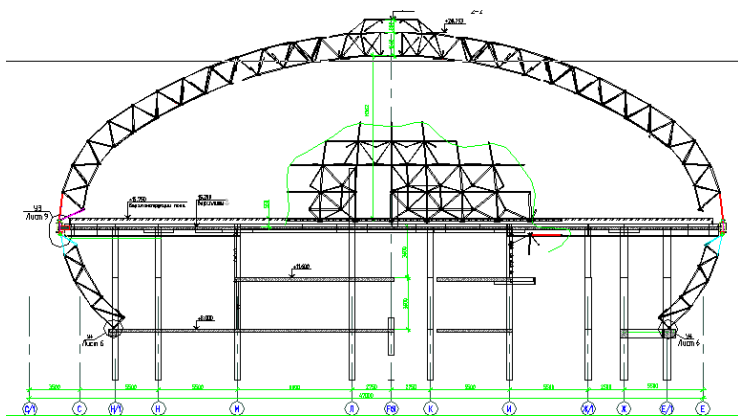


Размер структурной плиты в плане – 131,0x14,0 м, высота плиты в осях – 1,414 м, размеры ячеек поясных сеток – 2,0x2,0 м, 2,0x2,125 м и 2,0x2,25 м

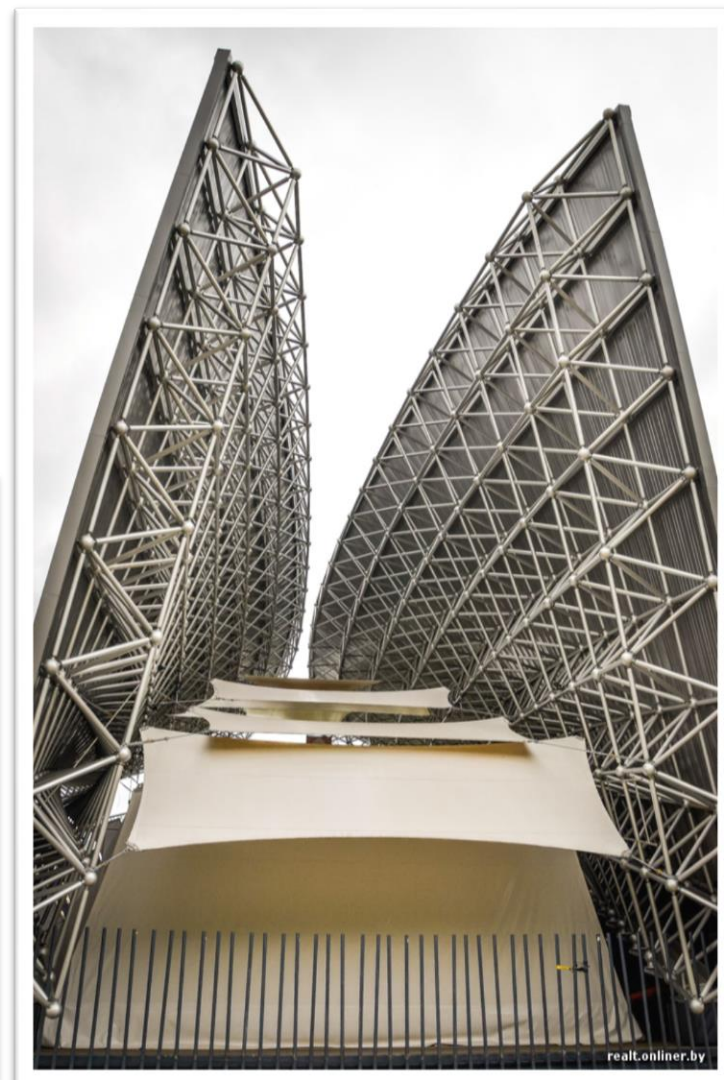
# Дворец водных видов спорта (Брест, 2008). Стадии КМ, КМД



# Купол национального олимпийского комитета РБ (2010). Стадии КМ, КМД



# Амфитеатр в г. Молодечно (2011). Стадии КМ, КМД



## Основные публикации по теме:

1. Драган, В.И. Экспериментальное исследование несущей способности большепролетного металлического покрытия здания универсального спортивного комплекса в г. Бресте / В.И. Драган, А.Б. Шурин // Строительная наука и техника. – Минск, 2005. – № 2. – С. 9–14.
2. Драган, В.И. Конструктивные решения и основные результаты расчетов большепролетного металлического покрытия летнего амфитеатра в г. Витебске / В.И. Драган, А.Б. Шурин, А.В. Мухин, И.В. Зинкевич, Л.Г. Головкин, В.А. Лебедь, В.В. Люстибер, А.В. Мигель, Н.Н. Шалобыта // Строительная наука и техника. – Минск, 2007. – № 3. – С. 18–29.
3. Драган, В.И. Результаты обследования и натурных испытаний металлической структурной оболочки покрытия бассейна и аквапарка в г. Пружаны / В.И. Драган, А.В. Мухин, А.Б. Шурин, В.В. Люстибер // Вестник БрГТУ. – Брест, 2010. – № 1 : Строительство и архитектура. – С. 54–57.
4. Драган, В.И. Действительная работа металлической комбинированной структурной оболочки покрытия ледового катка по ул. Головацкого в г. Гомеле / В.И. Драган, А.Б. Шурин // Вестник Белорусско-Российского университета. – Могилев, 2012. – № 1. – С. 118–126.
5. Драган, В.И. Податливость стержневых систем с узловыми соединениями на пространственных листовых фасонках / В.И. Драган, А.Б. Шурин // Промышленное и гражданское строительство. – Москва, 2015. – № 7. – С.37-44.
6. Драган, В.И. Напряженно-деформированное состояние узлового элемента структурной конструкции системы «БрГТУ» / В.И. Драган, А.Б. Шурин, Н.Н. Шалобыта // Промышленное и гражданское строительство. – 2017. – № 6. – С. 39–44.
7. [Experience in conducting field tests of metal structural constructions of coatings of the “BrSTU”](#) / Mikalai Shalabyta, Andrei Shurnyn, Tatsiana Shalabyta and Viacheslav Dragan // 2020 International Conference on Building Energy Conservation, Thermal Safety and Environmental Pollution Control (ICBTE 2020) : E3S Web of Conferences. Volume 212 (2020) : Brest, Belarus, October 29-30, 2020. – 02015.  
DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021202015>