

**Научно-техническое сопровождение  
уникальных объектов строительства  
на всех этапах жизненного цикла.  
Достижения, острые проблемы и  
пути их решения**

*акад. РААСН, проф., д.т.н. Белостоцкий А.М.,  
к.т.н. Дмитриев Д.С., к.т.н. Нагибович А.И., к.т.н. Павлов А.С.,  
Вершинин В.В., Горячевский О.С., Бритиков Н.А.,...*

*Екатеринбург, 18-21 октября 2022 года*

1. Решение актуальных проблем математического моделирования поведения уникальных конструкций, зданий и сооружений на значимых стадиях их жизненного цикла;
2. Разработка собственных программных комплексов;
3. Верификация программных комплексов в соответствии с требованиями РААСН;
4. Экспертиза расчетов зданий и сооружений с использованием верифицированных программных комплексов;
5. Разработка и актуализация новых методов расчета зданий и сооружений;
6. Подготовка и переподготовка специалистов-пользователей программных комплексов математического моделирования уникальных конструкций, зданий и сооружений;
7. Научно-образовательная деятельность.
8. Решение научно-исследовательских и научно-технических задач, включая НТС на разных стадиях жизненного цикла уникальных объектов;

Выполнен анализ причин локальных разрушений и прогрессирующего обрушения конструкций покрытия ряда большепролетных зданий



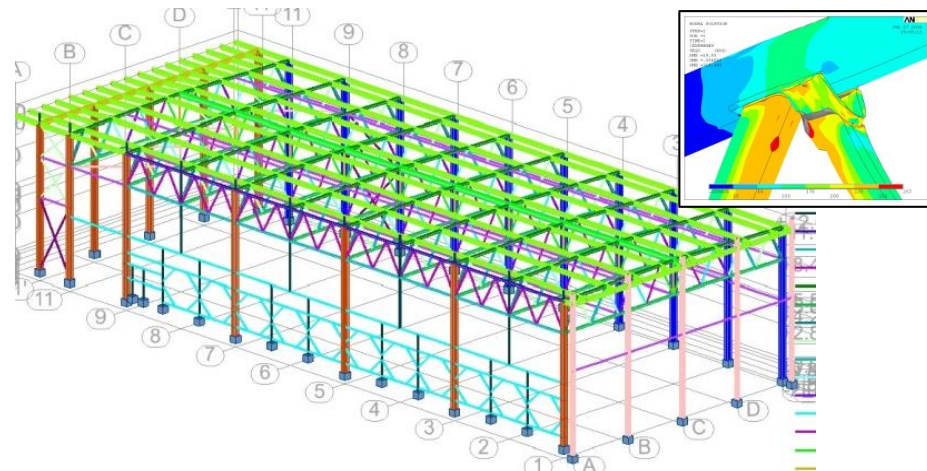
СОК «Трансвааль парк» (2004 г.)



Басманный рынок (2006 г.)

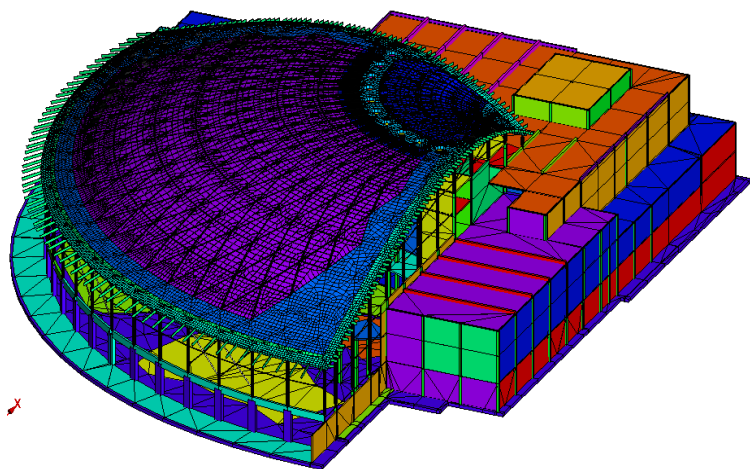


Крытый конькобежный центр «Крылатское»

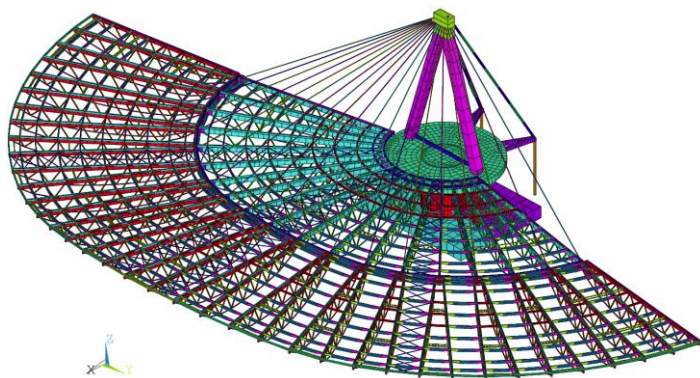


Производственный цех (Подмосковье)

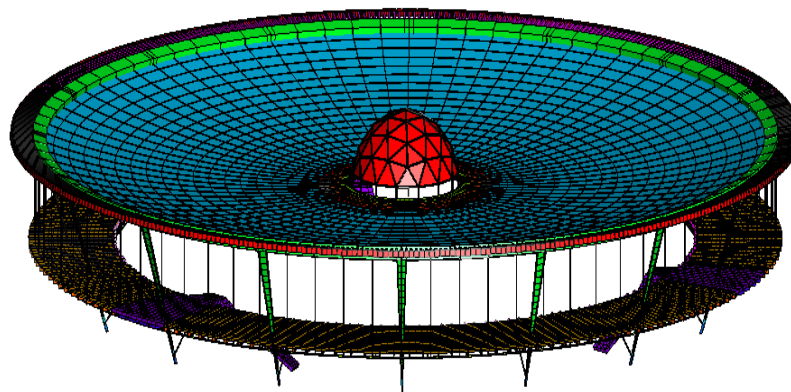
Выполнен анализ причин локальных разрушений и прогрессирующего обрушения конструкций покрытия ряда большепролетных зданий



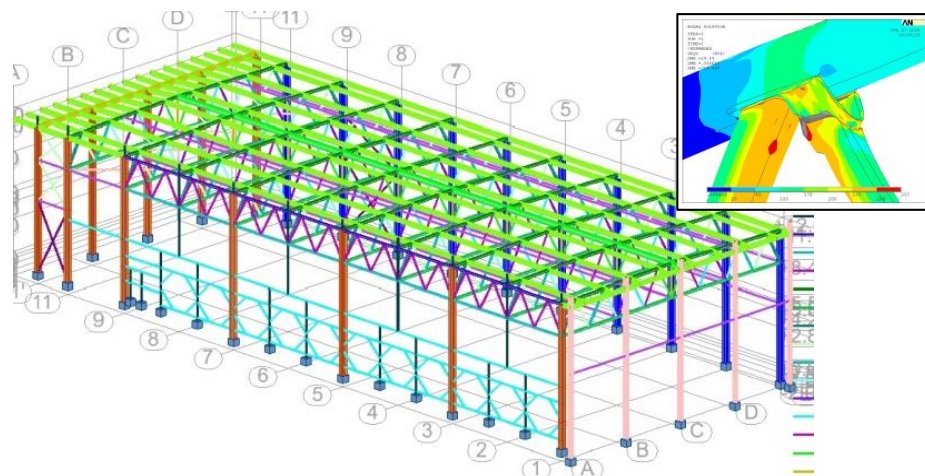
Спортивно-оздоровительный комплекс «Трансвааль парк» (2004-2005 гг.)



Крытый конькобежный центр «Крылатское»



Басманный рынок (2006-2007 гг.)



Производственный цех (Подмосковье)

**Научно-техническое сопровождение проектирования строительных (гражданских, промышленных и др.) объектов повышенного уровня ответственности.**

**Защита проектной документации в государственной экспертизе.**

*Методология и разбор реальных объектов и задач из опыта **НИЦ СтаДиО**: требования, практика, рекомендации, обсуждение*

**Александр Михайлович Белостоцкий (АМБ)**

генеральный директор ЗАО НИЦ СтаДиО, д.т.н., профессор, член-корр. РААСН



## **НТС, несколько цитат из реальной жизни...**

- **Техзадание, из свежих, фрагмент.**

**«...Целью настоящей работы является выполнение отчета по научно-техническому сопровождению проектирования объекта капитального строительства, в объёме достаточном для прохождения ГГЭ»**

- **Сайт НИЦ СтаДиО**

**«НТС, СТУ, ГГЭ, СРО, .... Очередные "три буквы на заборе" или что-то большее?»**

- **На просторах интернета - «рекомендация»**

**«Проще всего зайти в местный строительный ВУЗ. Там точно есть и кандидаты и доктора. За еду они любое НТС в любом объёме сделают. Причём на титуле будет гербовая печать».**

## Девять с половиной **основных** правил реального **НТС**, не считая их 50-и оттенков

1. **НТС** проекта **должно быть** (для зданий/сооружений уникальных и КС-3)
2. **НТС** должно быть именно «**научно-техническим сопровождением**» проекта (а не его имитацией-фальсификацией)
3. Для успешной реализации п.2 **НТС** должен выполнять коллектив(ы)/фирма(ы) с репрезентативным опытом и актуальной научно-практической репутацией в этой области (никакой умозрительной «статусности» и фиктивных/купленных аттестатов/сертификатов и пр. макулатуры)
4. **НТС** должен предварять, сопровождать и обосновывать все этапы жизненного цикла зданий и сооружений. Для стадии проектирования – концепт, изыскания, стадии ПП и РД.
5. СТУ – важная составляющая часть, во многом определяющая состав, объем и инструментарий **НТС**

## Девять с половиной основных правил реального НТС, не считая их 50-ти оттенков

6. Определение, моделирование (математическое и/или физическое), назначение нагрузок, воздействий и аварийных ситуаций, их расчетных сочетаний - одна из основ **НТС**.
7. Альтернативные расчеты параметров механической безопасности (НДС, динамика, прочность и устойчивость) при основных и особых сочетаниях воздействий - не проформа, а наука и искусство, требующие должной организации, постоянного внимания и изрядной квалификации как проводящих **НТС**, так и «альтернативщиков».
8. Программные комплексы для альтернативных расчетов в рамках **НТС** - только верифицированные в РААСН или аттестованные в НТЦ ЯРБ Ростехнадзора
9. Сравнительный анализ результатов альтернативных расчетов, поиск и устранение (научными приемами) причин расхождения по критериальным параметрам, приведение их в приемлемое соответствие, выпуск исчерпывающего отчета и Заключения по НТС - важнейшие составляющие **НТС**
- 9 1/2. Ну, и кто бы что бы ни говорил, доказательное и результативное сопровождение результатов **НТС** в госэкспертизе - его, НТС проектирования, заключительный и важнейший аккорд.



➤ Разработка, верификация и апробация параметризуемой объемной конечноэлементной модели системы «основание - водохранилище - плотина - здание станции Саяно-Шушенской ГЭС»



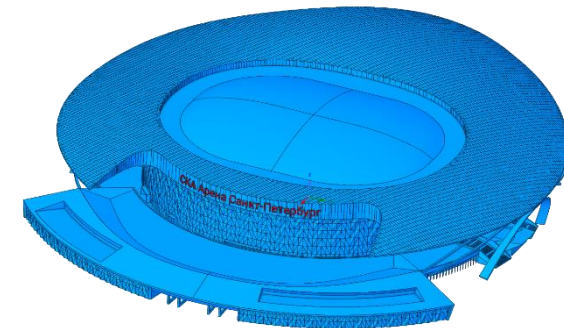
➤ Численное моделирование системы „основание - комплекс сооружений на территории ЛФВЭ ОИЯИ (корпус 1, комплекс НИСА и соседние здания)“, с учетом геологических и гидрогеологических условий. Анализ статического и динамического состояния системы при различных режимах работы и сценариях нагружения.



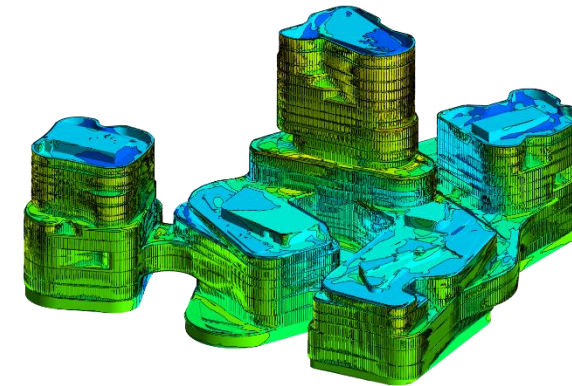
➤ Научно-техническое сопровождение проектирования и строительства объекта капитального строительства «Центр коллективного пользования «Сибирский кольцевой источник фотонов» (ЦКП «СКИФ»)



→ **Научно-техническое сопровождение проектирования Объекта «Реконструкция Петербургского спортивно-концертного комплекса, расположенного по адресу: г. Санкт-Петербург, м.о. Гагаринское, ...».** Комплексные аэродинамические исследования (с учетом окружающей застройки) на основе численного решения трехмерных задач аэродинамики



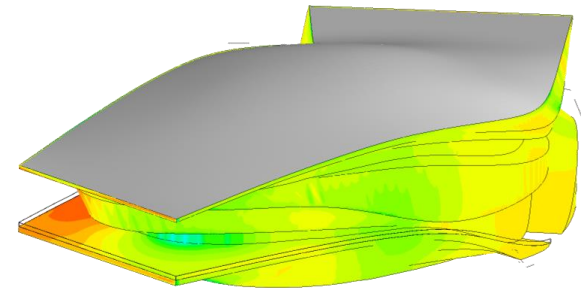
→ **Расчетная оценка ветровых нагрузок на несущие и фасадные конструкции и параметров пешеходной комфортности Объекта: «Офисно-деловой центр по адресу: г. Москва, Западный административный округ, район Кунцево, территория Рублёво-Архангельское (кварталы А27, А32, А33, Т06) на основе трехмерного численного моделирования аэродинамики»**



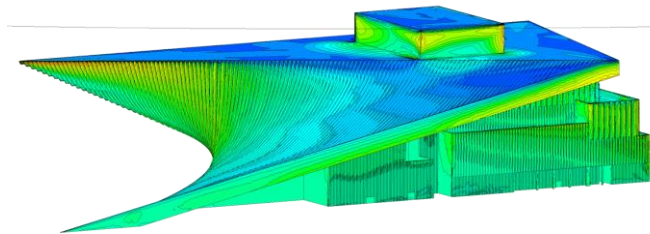
→ **Комплексные аэродинамические исследования флагштоков на территории ГТС на береговой линии Парка 300-летия г. Санкт-Петербурга (нестационарные расчеты аэродинамических коэффициентов и частот срыва вихрей, оценка аэроупругой неустойчивости, определение критических скоростей ветра и ветровых нагрузок при вихревом возбуждении)**



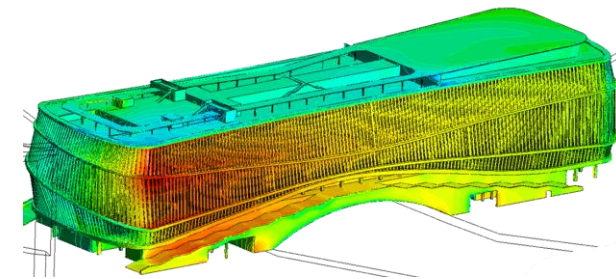
↪ **Научно-техническое сопровождение проектирования**, включая численное моделирование ветровых и снеговых нагрузок, расчетные исследования НДС, динамики, прочности и устойчивости несущих конструкций при нормативно регламентированных сочетаниях нагрузок и воздействий ..., для Объекта - «Театр оперы и балета» (г. Севастополь)



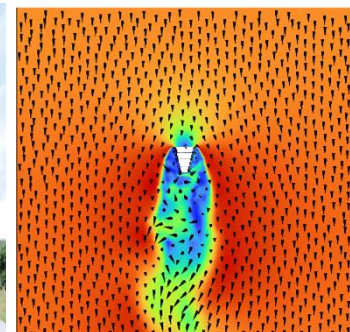
↪ **Научно-техническое сопровождение проектирования**, комплексные аэродинамические исследования по Объекту «Театр оперы и балета» (г. Калининград) на основе численного решения трехмерных задач аэродинамики



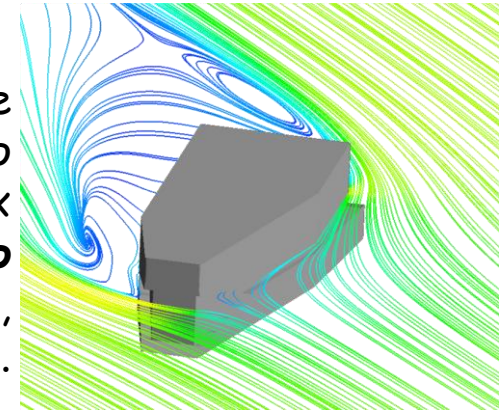
↪ **Разработка рекомендаций по назначению расчетных ветровых и снеговых нагрузок** на конструкции проектируемого объекта «Строительство общественно-делового центра на пересечении ул. Береговая и ул. Братьев Кашириных в Калининском районе г. Челябинска».



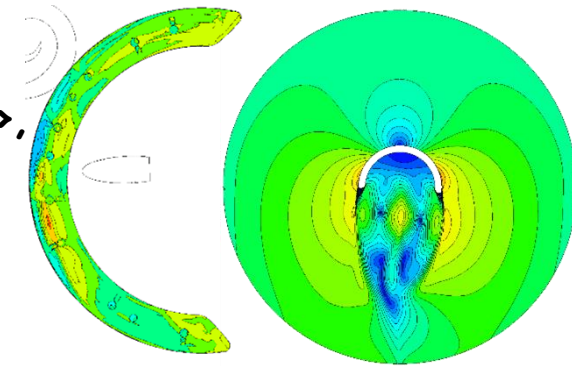
↪ **Определение расчетных ветровых нагрузок и анализ вихревого возбуждения** для проектируемого Объекта - Стела «Город трудовой доблести» (г. Екатеринбург на пересечении ул....) на основе математического (численного) моделирования трехмерных задач аэродинамики



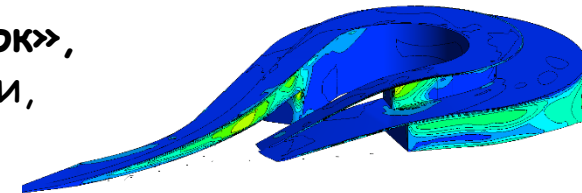
→ Научно-техническое сопровождение при разработке положений специальных технических условий (СТУ) по ветровым нагрузкам и допустимому прогибу вантовых конструкций фасада Объекта: **«Офисно-деловое здание со встроенной подземной автостоянкой»** по адресу: г. Москва, внутригородское муниципальное образование Кунцево, у д. Захарково, квартал А24



→ Расчетно-экспериментальные исследования ветровых воздействий для Объекта **«Всесезонный курорт «Манжерок»**, расположенному по адресу: Республика Алтай, Майминский район, район озера Манжерское, с юго-восточной стороны



→ Расчетно-экспериментальные исследования ветровых воздействий для Объекта: **«Всесезонный курорт «Манжерок», панорамный ресторан»** (расчеты коэффициента орографии, пиковых ветровых давлений на ограждающие (фасадные) конструкции с учетом локального рельефа местности)



➔ **Научно-техническое сопровождение проектирования, включая численные исследования напряженно-деформированного состояния, динамики, прочности и устойчивости несущих конструкций при нормативно регламентированных сочетаниях основных и особых (сейсмических и аварийных) нагрузок и воздействий и сопоставительный анализ результатов альтернативных расчетов, для Объекта - «Хореографическая академия в г. Севастополь»**



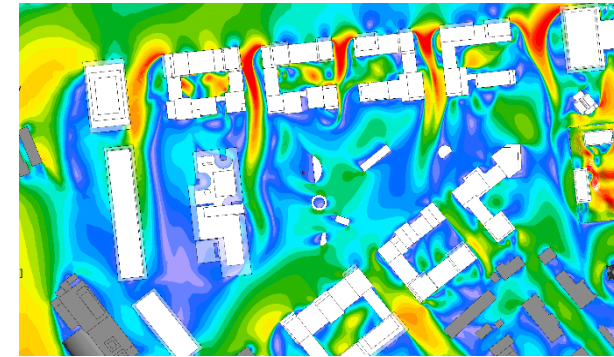
➔ **Научно-техническое сопровождение проектирования для Объекта: Многоэтажная высотная жилая застройка. Жилой дом с размещением автостоянок, объектов обслуживания в границах ул. Луначарского и Московского шоссе, г.о. Самара**



➔ **Научно-техническое сопровождение проектирования, включая расчетные исследования сейсмостойкости и сопоставительный анализ результатов альтернативных расчетов, для Объекта - Жилой комплекс Аль Каср с подземным паркингом, стилобатной частью, включающей коммерческие площади, помещения управляющей компании по адресу: г. Каспийск**



➔ Определение параметров ветровой комфортности пешеходных зон на основе численного решения трёхмерных задач аэродинамики по объекту: «Многофункциональная застройка на участке: г. Москва, ЗАО, Бережковская набережная, влд. 20, влд. 20Б»



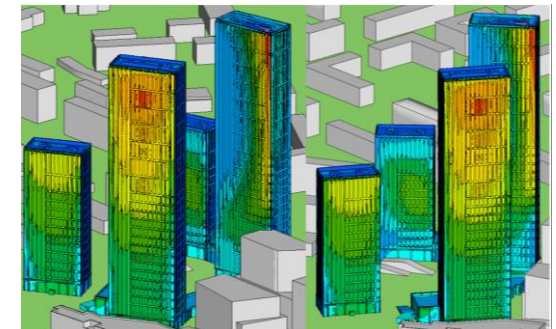
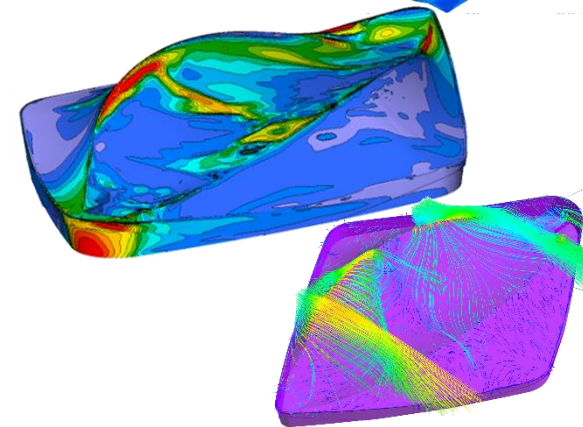
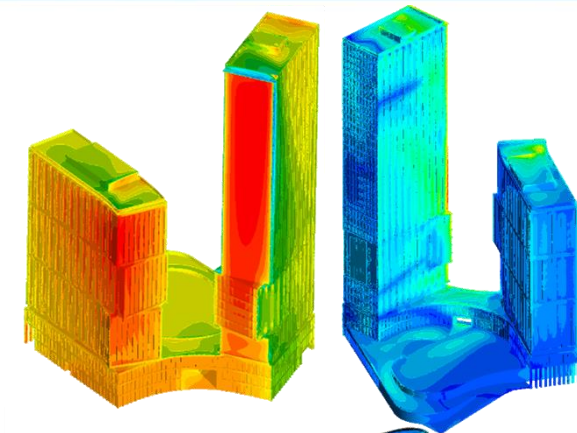
➔ Комплексные аэродинамические исследования шпиля башни комплекса зданий Национального космического центра по адресу: г. Москва, Филевский бульвар (ул. Новозаводская) (определение аэродинамических коэффициентов и частот срыва вихрей для шпиля с учетом и без учета наветрия)



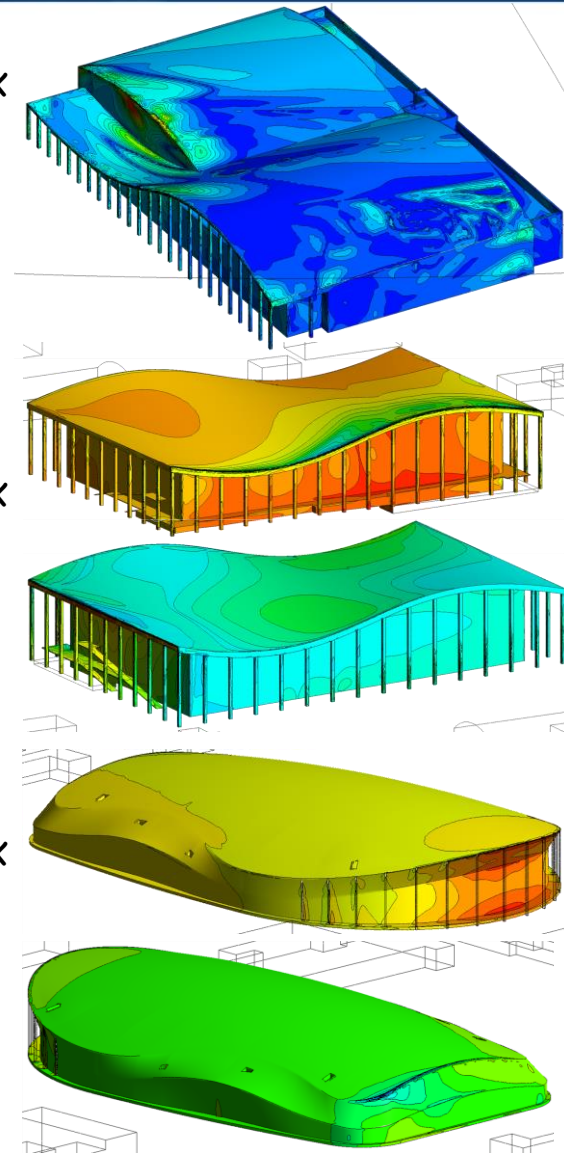
➔ Численные аэродинамические исследования интегральных характеристик различных концептуальных форм высотного здания и параметров пешеходной комфортности в зоне комплекса зданий по Объекту: «Многофункциональный высотный жилой комплекс с подземной автостоянкой, встроено-пристроенными нежилыми помещениями Сити 2. ...."», по адресу: г. Москва, территория, прилегающая к ММДЦ Москва-Сити



- ➔ **Научно-техническое сопровождение проектирования**, включая численные аэродинамические исследования, расчетные исследования параметров механической безопасности, сопровождение в ФАУ «Главгосэкспертиза России», для Объекта: «**Высотная жилая застройка (...)**», расположенный в границах ул. Луначарского и Московского ш. в Октябрьском р-не г.о. Самара
- ➔ **Научно-техническое сопровождение проектирования**, включая комплексные аэродинамические исследования, расчетные исследования напряженно-деформированного состояния, динамики, прочности и устойчивости несущих конструкций при нормативно регламентированных сочетаниях основных и особых (аварийных) нагрузок и воздействий и сопоставительный анализ результатов альтернативных расчетов, для Объекта - «**Серфинг-парк «Волна» (Москва, ...)**
- ➔ **Определение расчётных ветровых нагрузок на несущие и фасадные конструкции и параметров пешеходной комфортности многофункционального жилого комплекса**, расположенного по адресу: г. **Москва, Огородный проезд, вл.20**, на основе численного решения трехмерной задачи аэродинамики



- Разработка рекомендаций по назначению ветровых и снеговых нагрузок на проектируемый **Универсальный спортивный комплекс** в г. **Южно-Сахалинск**, на основе численного решения трехмерных задач аэродинамики. В рамках проектирования объекта «Универсальный спортивный комплекс»
- Разработка рекомендаций по назначению ветровых и снеговых нагрузок на проектируемый **Центр водных видов спорта** в г. **Южно-Сахалинск**, на основе численного решения трехмерных задач аэродинамики. В рамках проектирования объекта «Центр водных видов спорта»
- Разработка рекомендаций по назначению ветровых и снеговых нагрузок на проектируемую **Ледовую арену** в г. **Южно-Сахалинск**, на основе численного решения трехмерных задач аэродинамики. В рамках проектирования объекта «Ледовая арена»

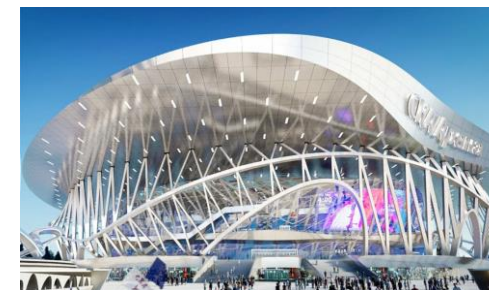




Разработка, верификация и апробация параметризуемой объемной конечноэлементной модели системы «**основание – водохранилище – плотина – здание станции Саяно-Шушенской ГЭС**»



НТС проектирования и строительства **Петербургского спортивно-концертного комплекса** (г. Санкт-Петербург), выполнение альтернативных расчетов железобетонных и стальных конструкций



Комплексное НТС проектирования Объекта: «**Театр оперы и балета**» (г. Севастополь)

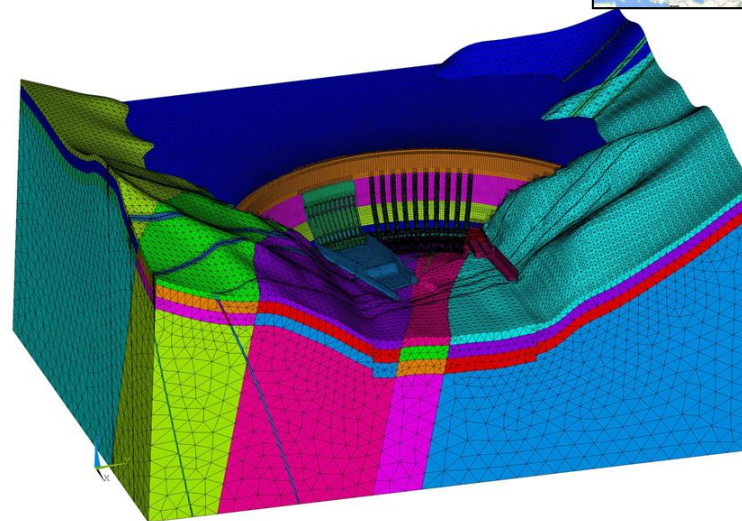
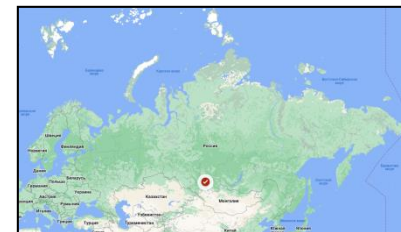


Комплексное НТС проектирования Объекта: «**Театр оперы и балета**» (г. Калининград)

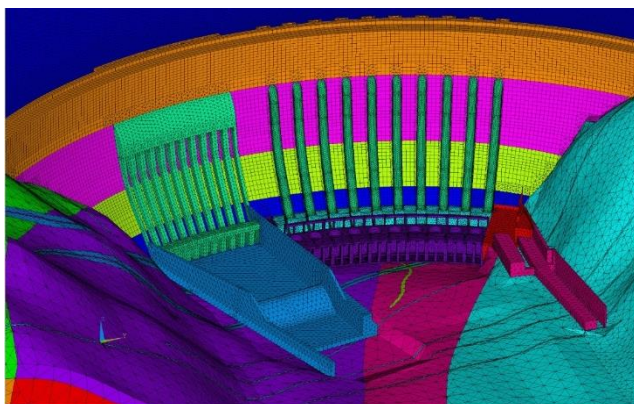




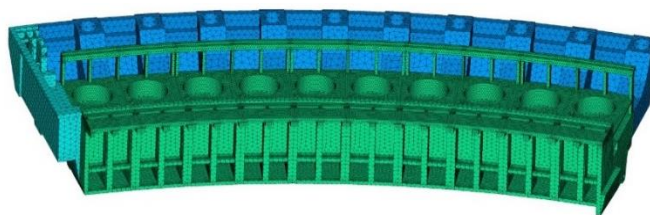
Гидроузел СШГЭС им. П.С. Непорожного



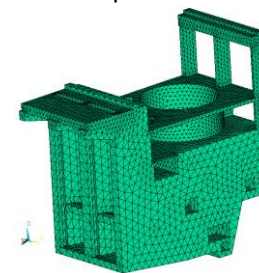
КЭ-модель системы «основание – водохранилище – плотина – здание станции»



Фрагмент КЭ-модели плотины системы «основание – водохранилище – ....»

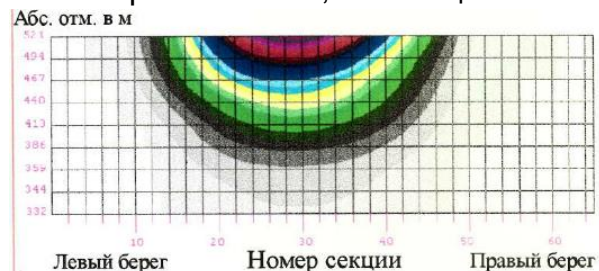


КЭ-модель здания станции

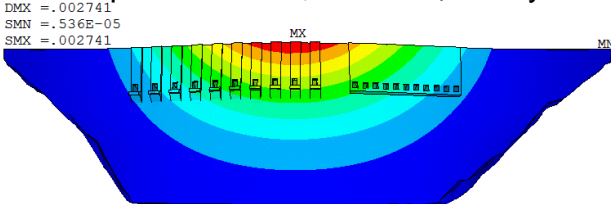


КЭ-модель агрегатного блока

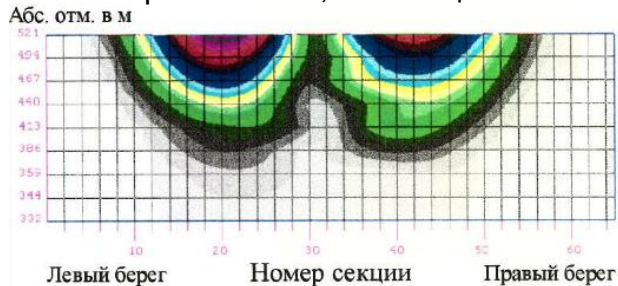
Первая частота, 1.236 Гц. МСВ.



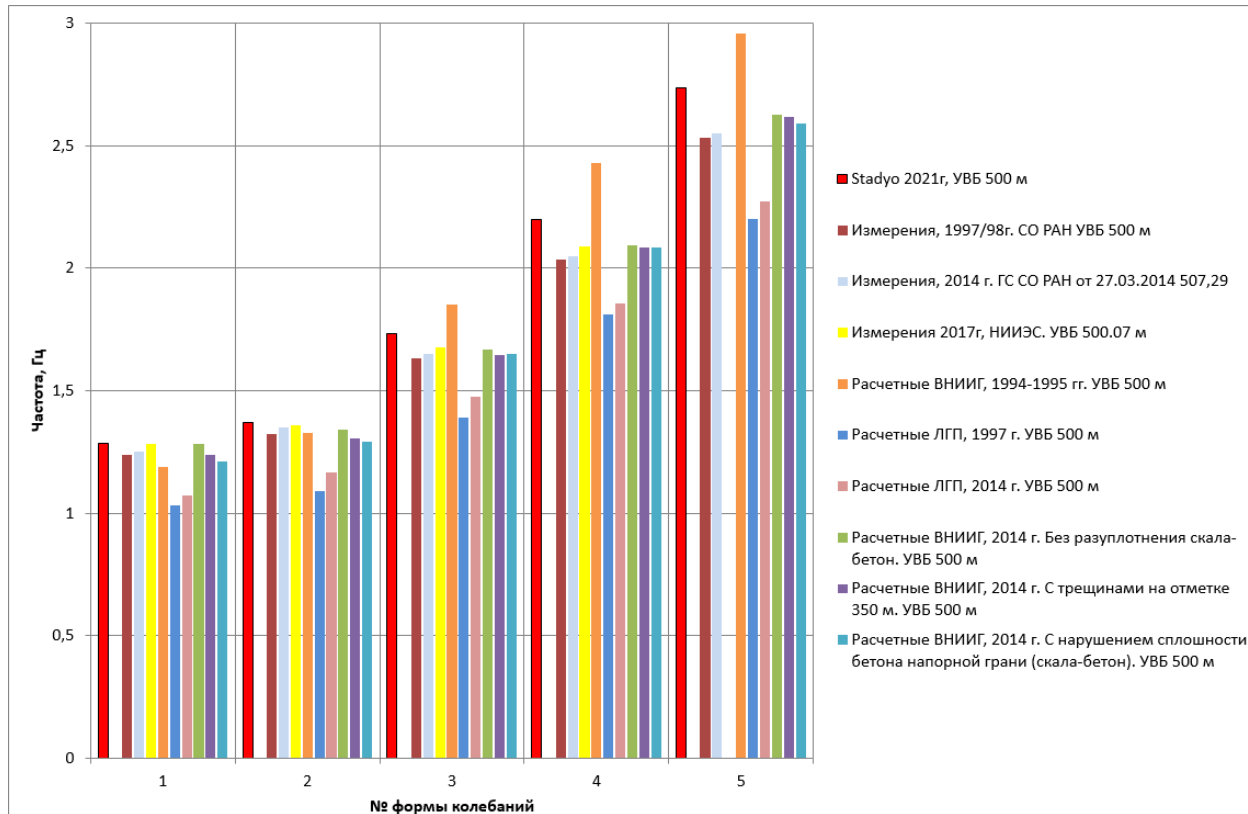
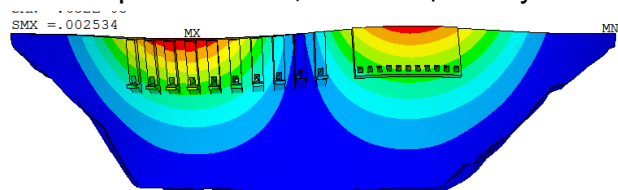
Первая частота, 1.286 Гц. Stadyo.



Вторая частота, 1.325 Гц. МСВ.

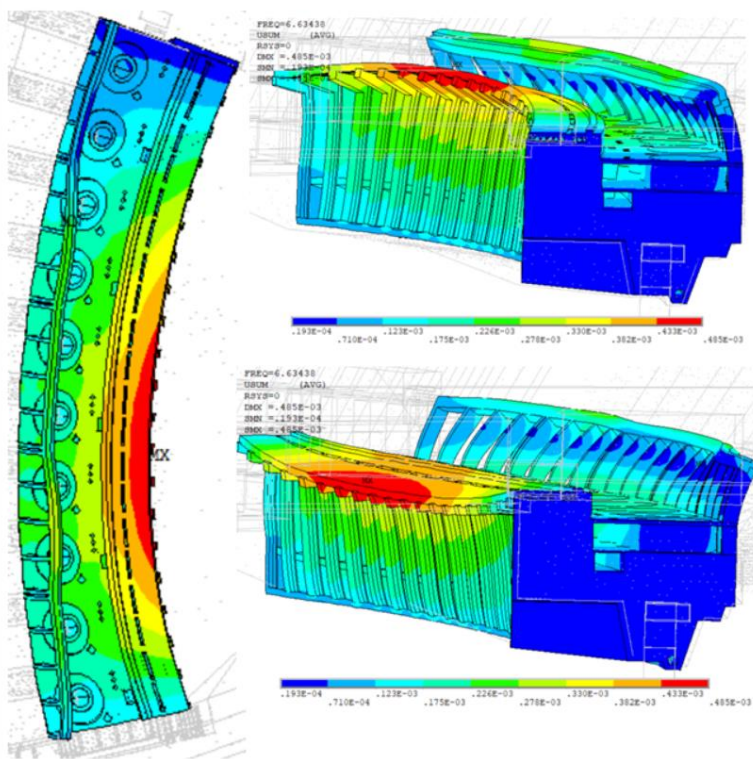


Вторая частота, 1.374 Гц. Stadyo.



Сопоставление расчетных и натуральных собственных частот/форм системы, Гц. УВБ: 500 м

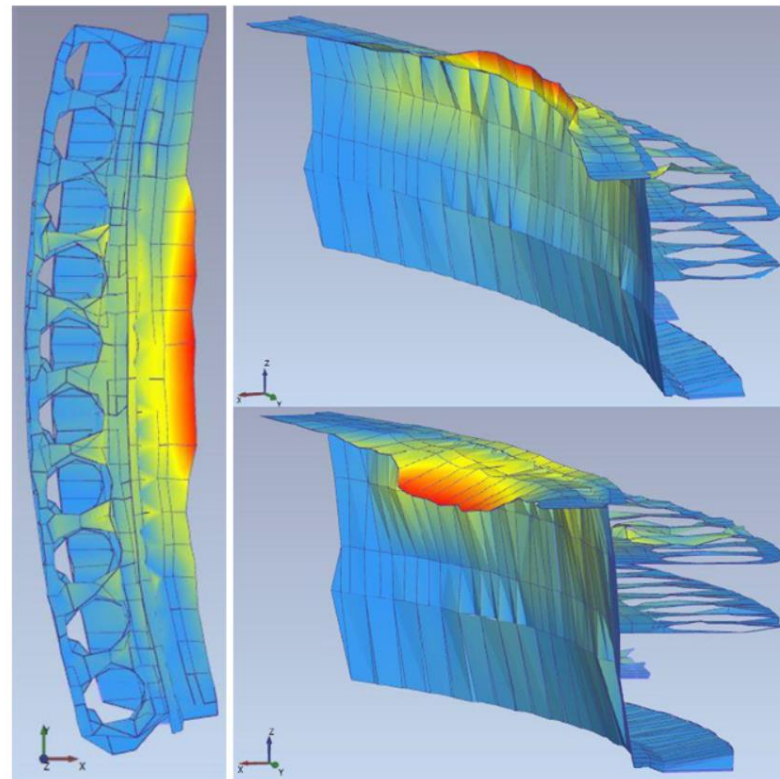
ЗАО НИЦ СтаДПО  
(ПК ANSYS)



$f = 6.634 \text{ Гц}$

ВНИИГ

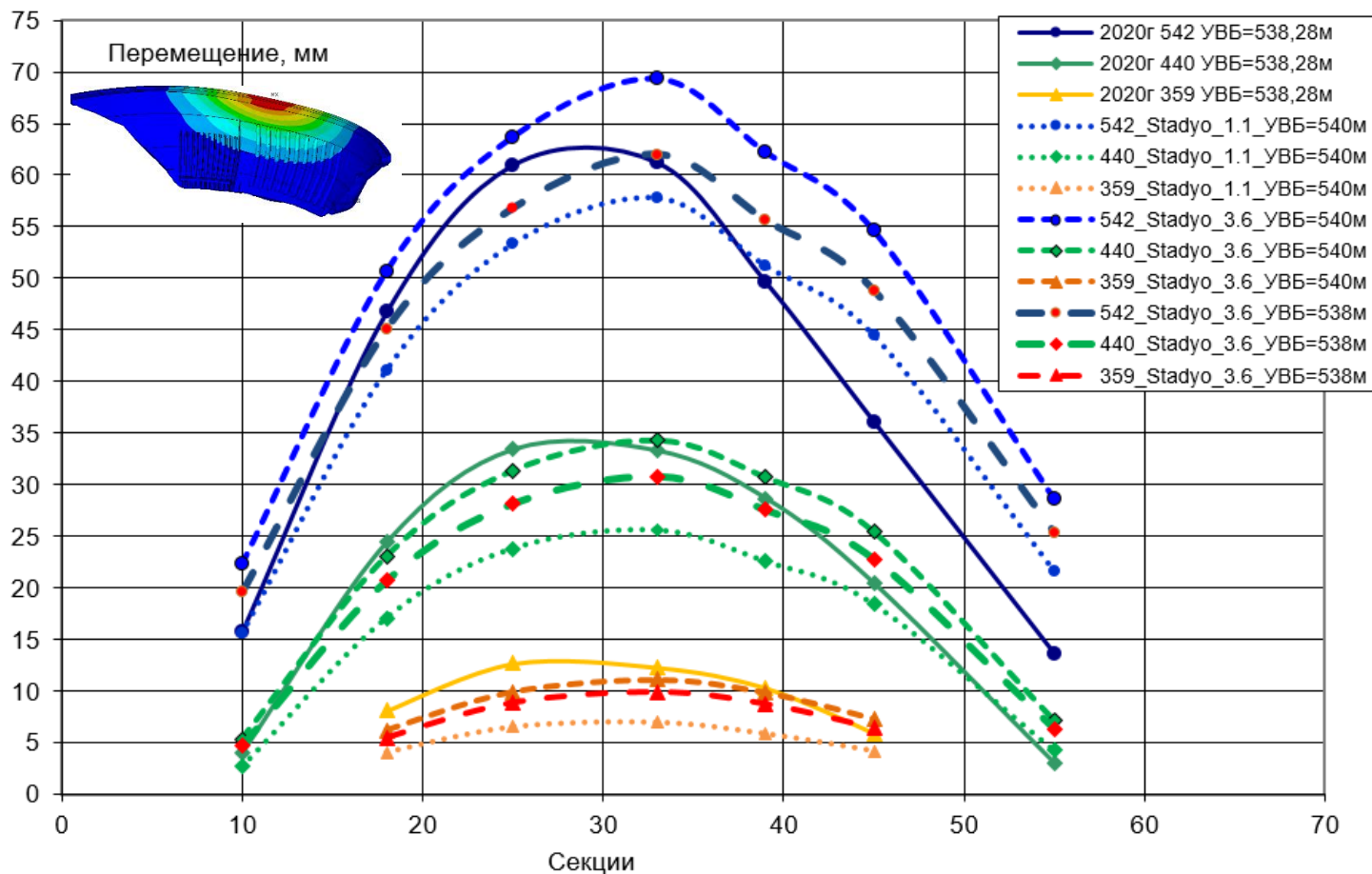
(инструментальное определение собственных частот) 2020 г.



$f = 6.7 \text{ Гц}$

Сопоставление расчетных и измеренных динамических характеристик здания ГЭС

Радиальные перемещения, по ряду отметок при макс УВБ 540/538

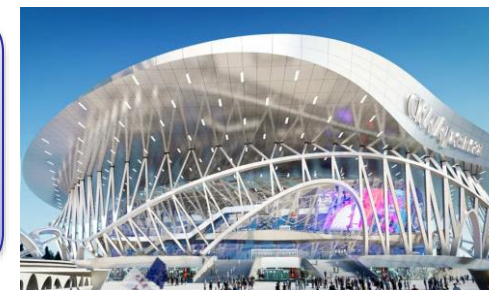


Относительные радиальные перемещения гребня плотины в базовой модели на трех отметках при расчетном УВБ 538/540. Сопоставление расчетных и натуральных (мониторинг) данных.

Разработка, верификация и апробация параметризуемой объемной конечноэлементной модели системы **«основание – водохранилище – плотина – здание станции Саяно-Шушенской ГЭС»**



НТС проектирования и строительства **Петербургского спортивно-концертного комплекса** (г. Санкт-Петербург), выполнение альтернативных расчетов железобетонных и стальных конструкций



Комплексное НТС проектирования Объекта: **«Театр оперы и балета»** (г. Севастополь)

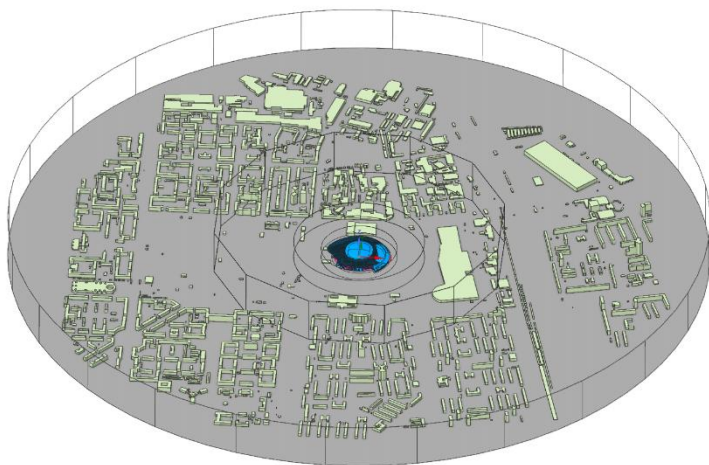


Комплексное НТС проектирования Объекта: **«Театр оперы и балета»** (г. Калининград)

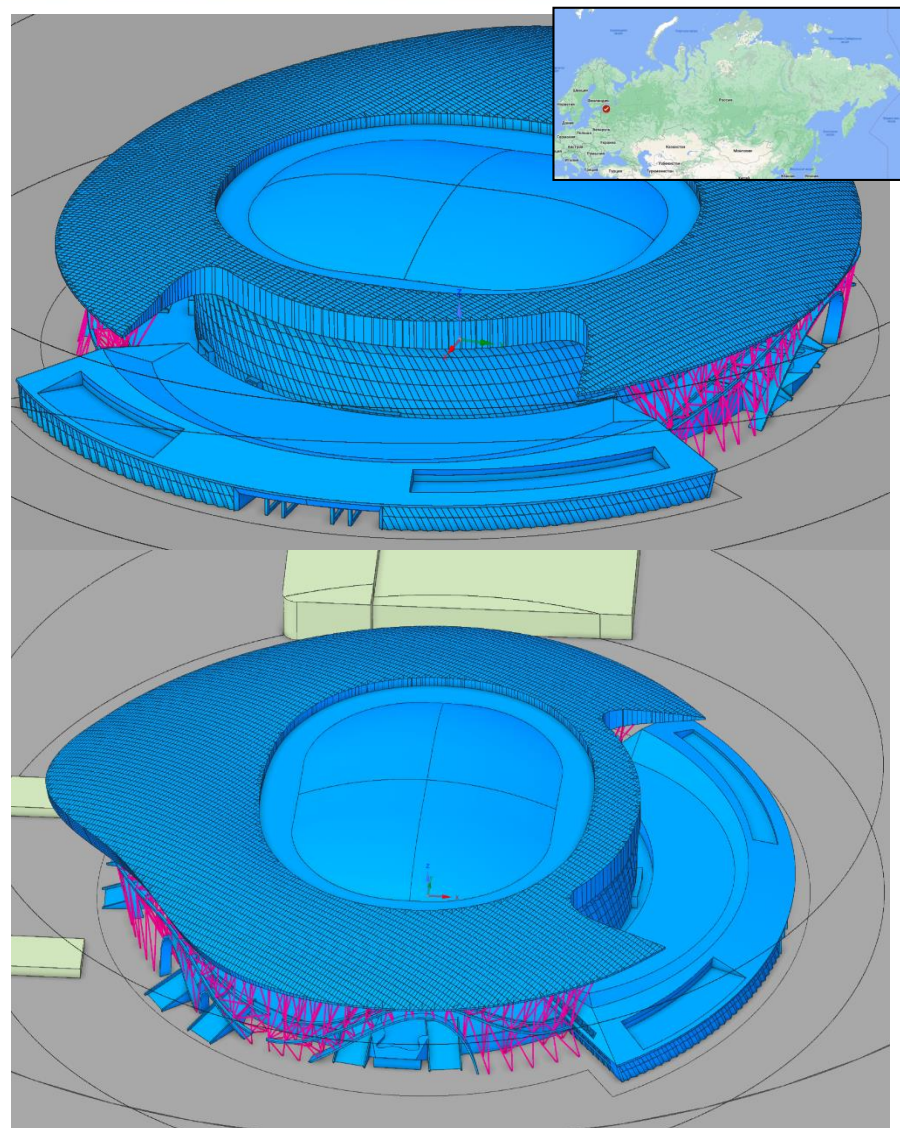




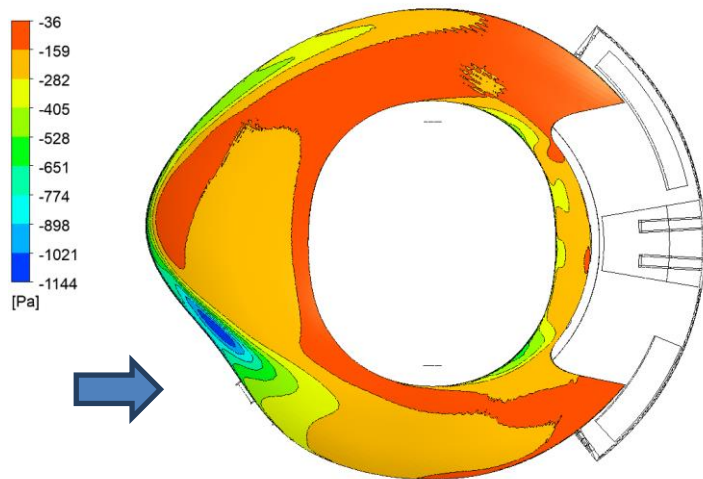
Проект спортивно-концертного комплекса  
в г. Санкт-Петербург



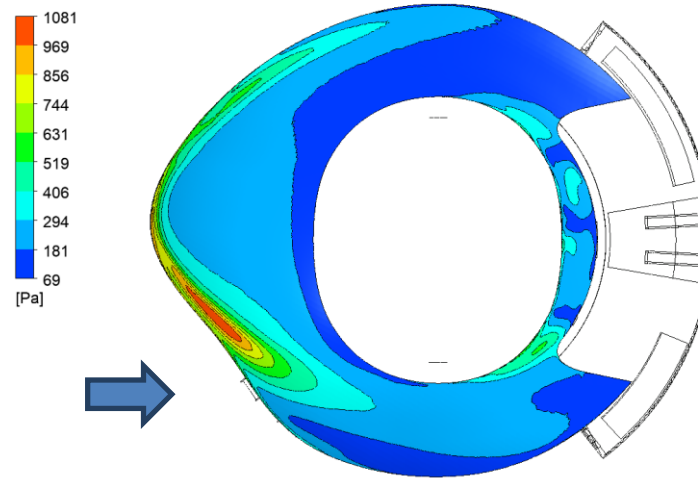
Модель с застройкой. Геометрическая модель. Общий вид



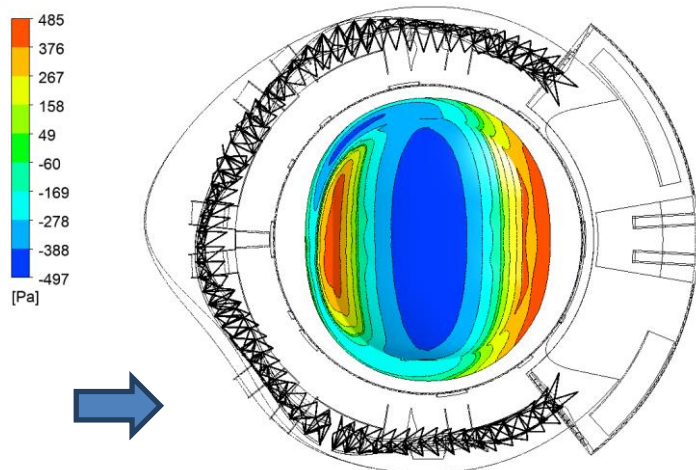
Модель с застройкой. Геометрическая модель.  
Виды вблизи СКК.



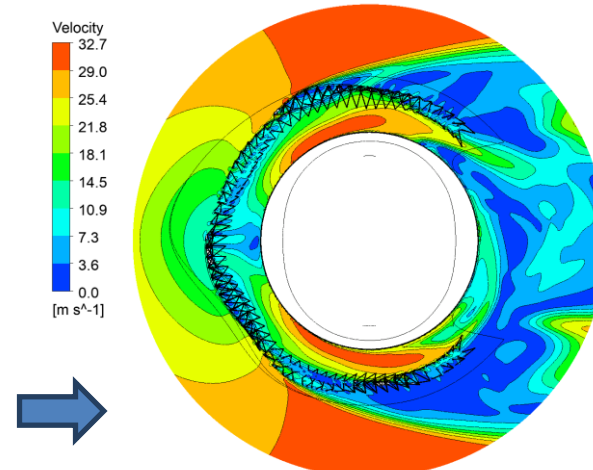
Средняя составляющая ветрового давления (Па) на конструкции Декоративного козырька СКК без учета окружающей застройки. Угол атаки ветра 270°.



Пульсационная составляющая ветрового давления (амплитуда, Па) на конструкции Декоративного козырька СКК без учета окружающей застройки. Угол атаки ветра 270°.

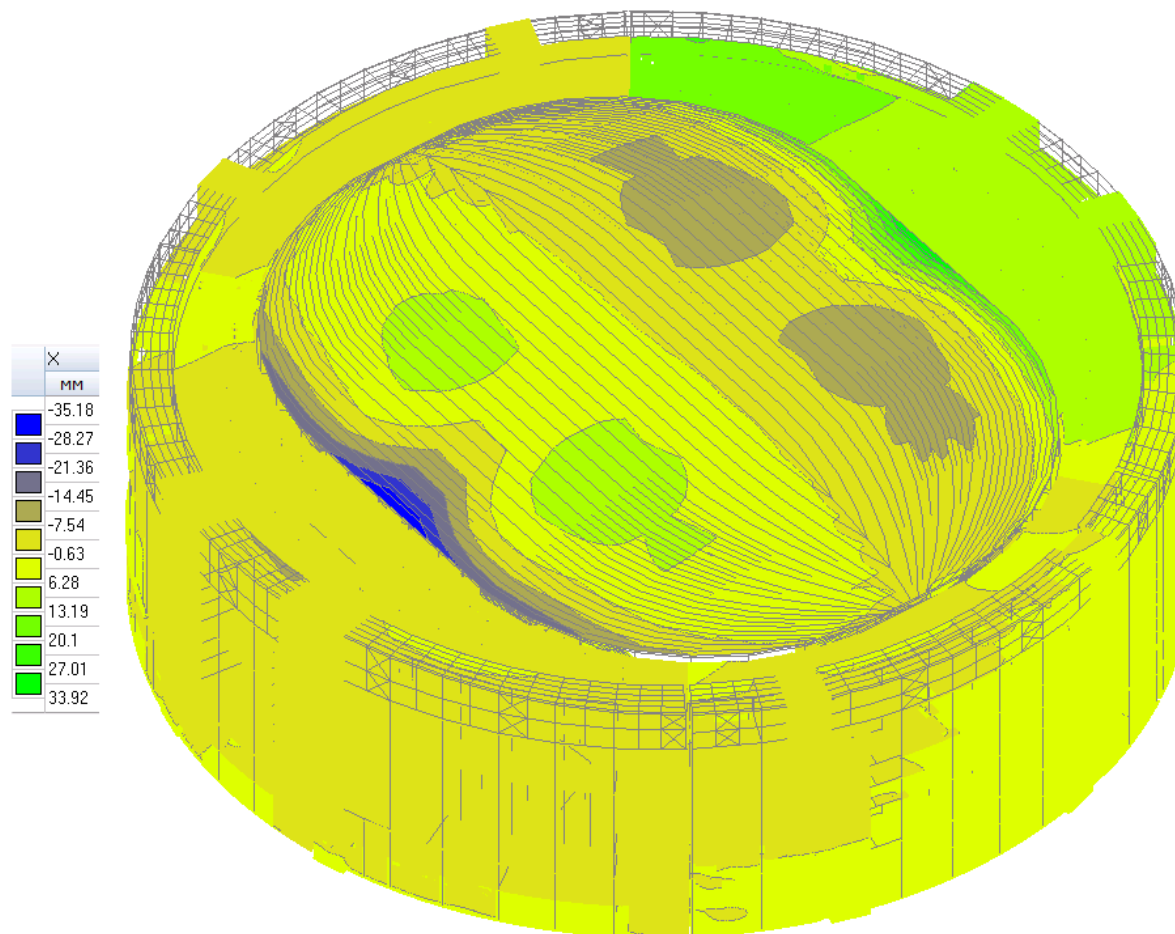


Суммарное ветровое давление (Па) на конструкции Купола СКК без учета окружающей застройки. Угол атаки ветра 270°.

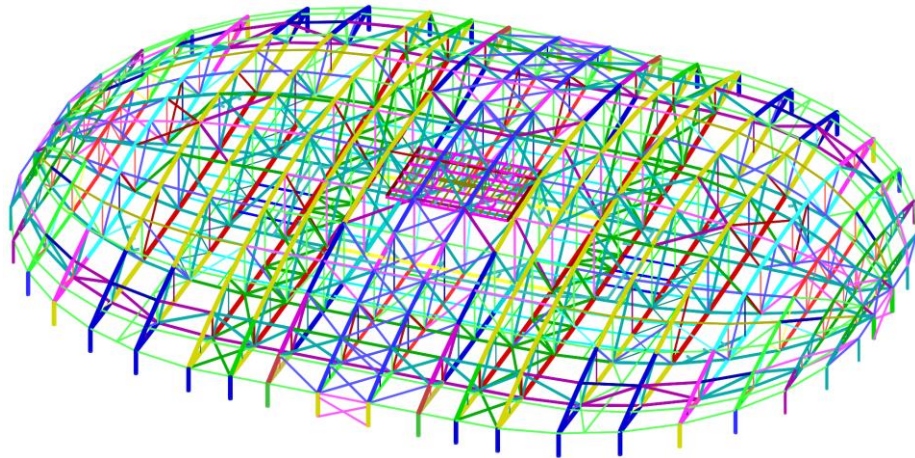


Средние скорости ветра (м/с) вокруг СКК на высоте 20м над уровнем земли. Угол атаки ветра 270° – без учета окружающей застройки.

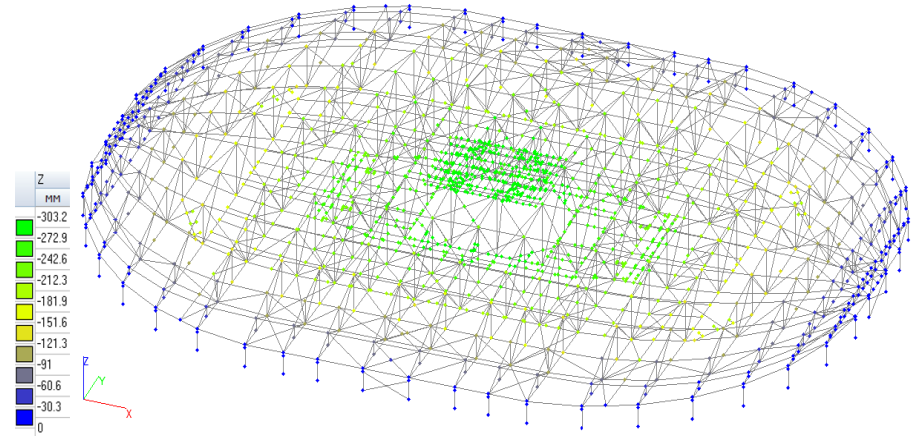




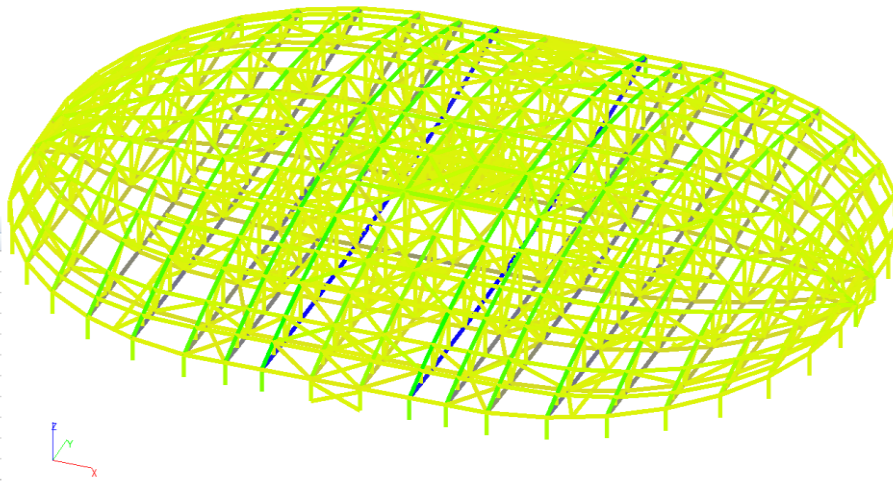
Горизонтальные перемещения центральной части (сектора 4-9), мм



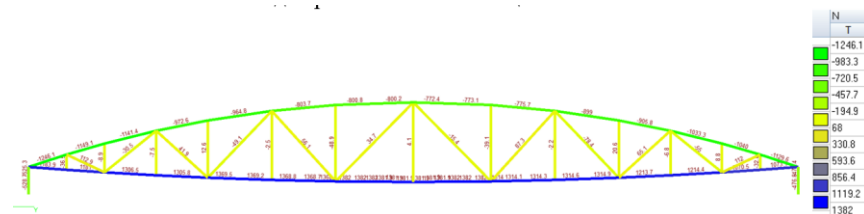
КЭ-модель купола



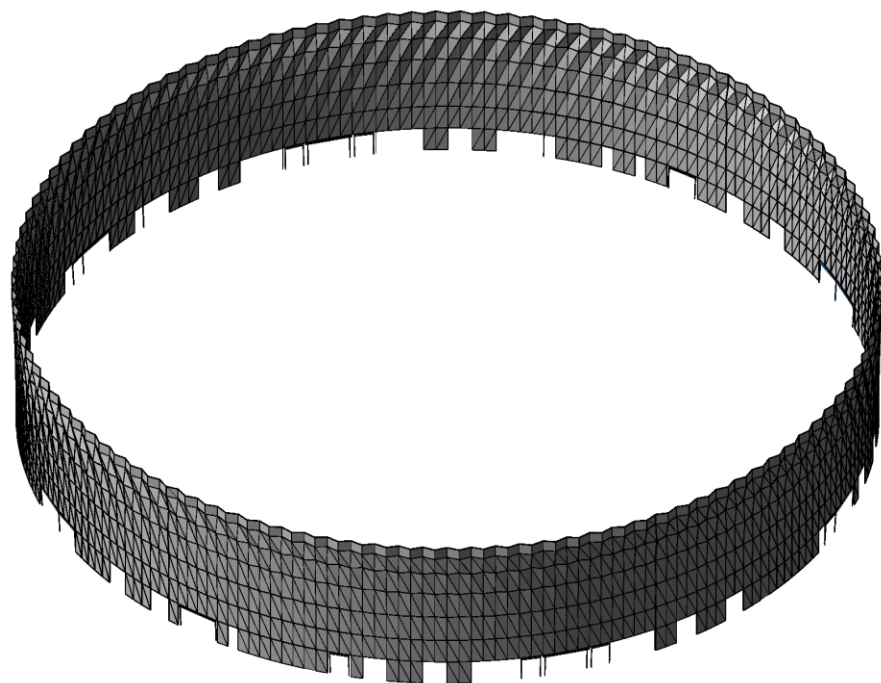
Вертикальные перемещения конструкций купола от нормативных нагрузок, мм



Продольные усилия в конструкциях купола от расчетных нагрузок, т

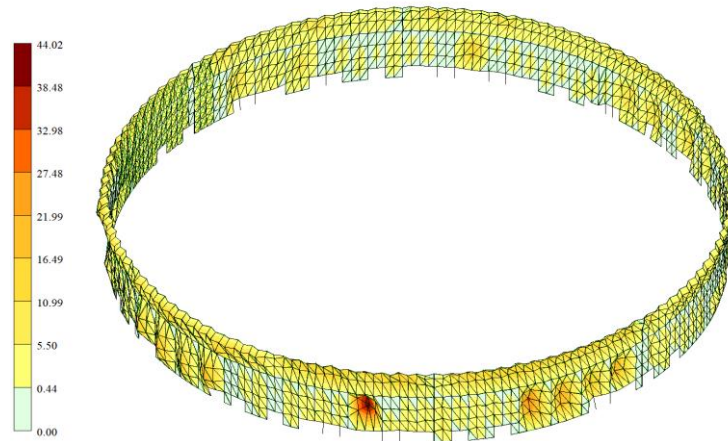


Продольные усилия в главной ферме по оси A10 от расчетных нагрузок, т



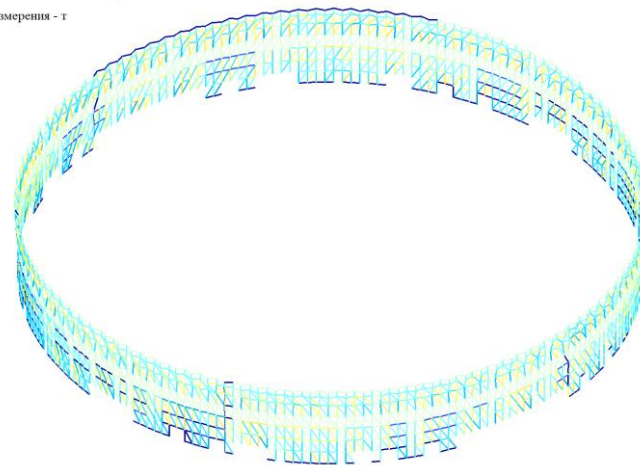
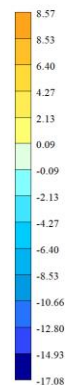
КЭ-модель витражных ограждающих конструкций

Изополю суммарных перемещений по XY(G)  
Единицы измерения - мм

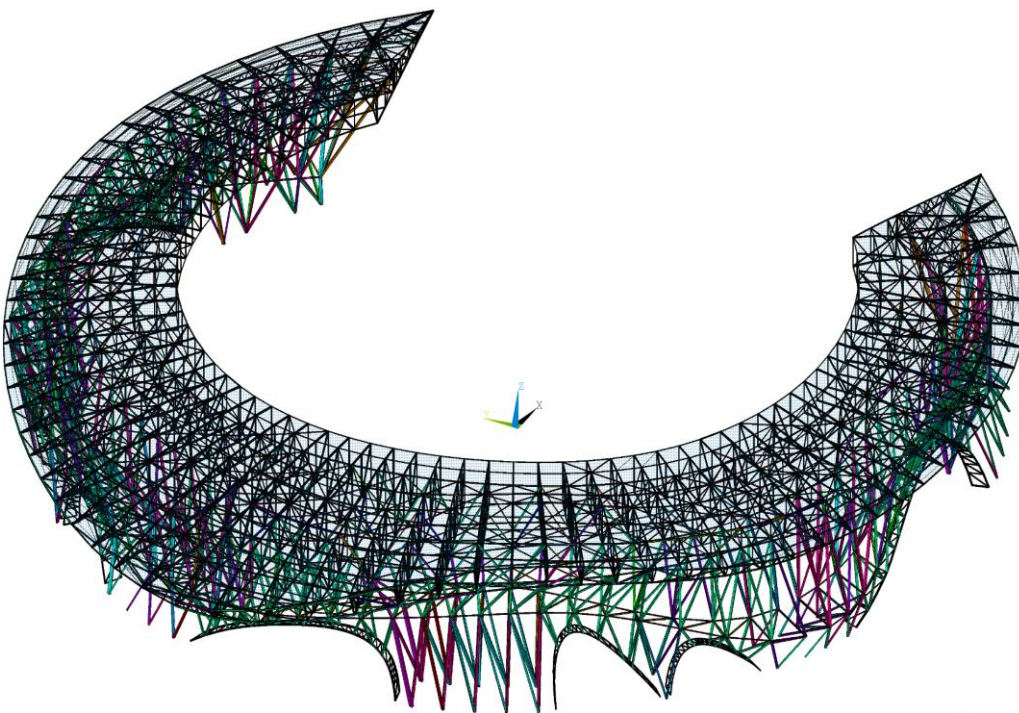


Модель N  
Единицы измерения - т

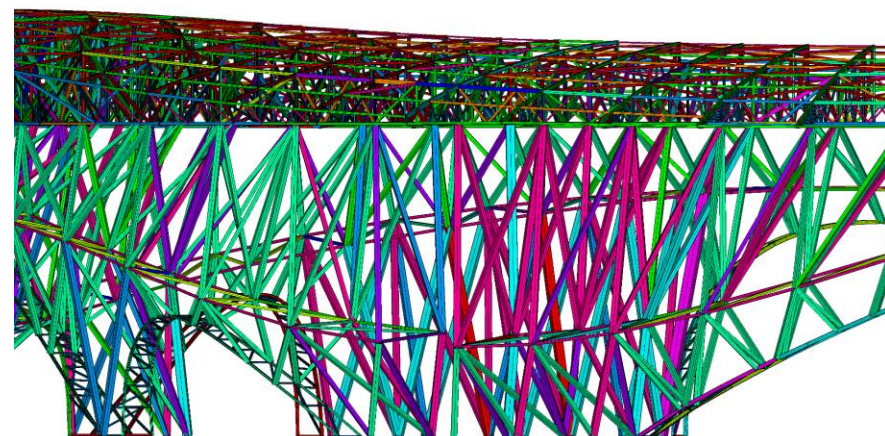
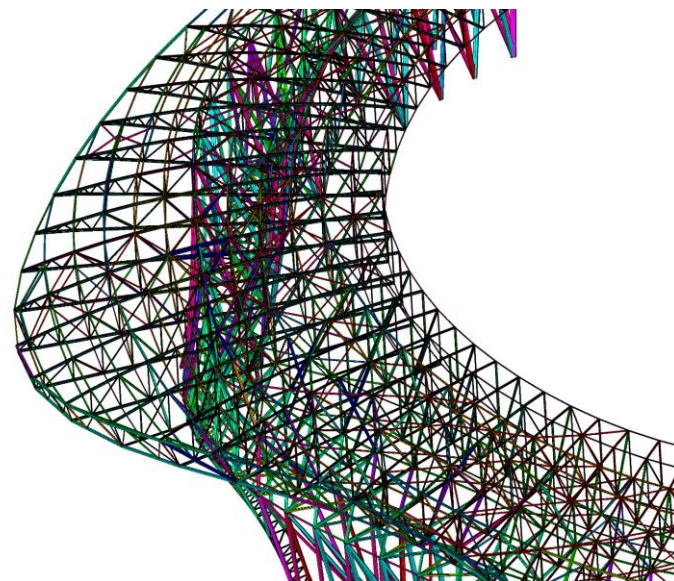
Горизонтальные перемещения, мм



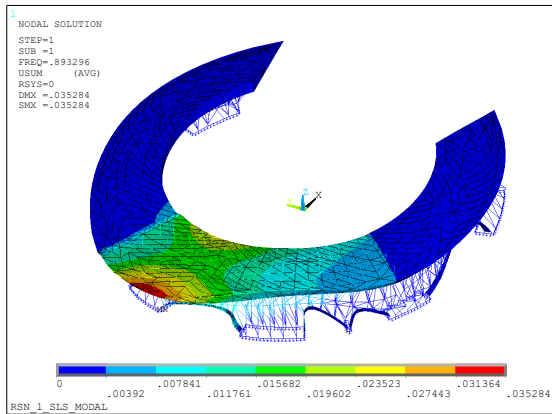
Продольные усилия в алюминиевых элементах, т



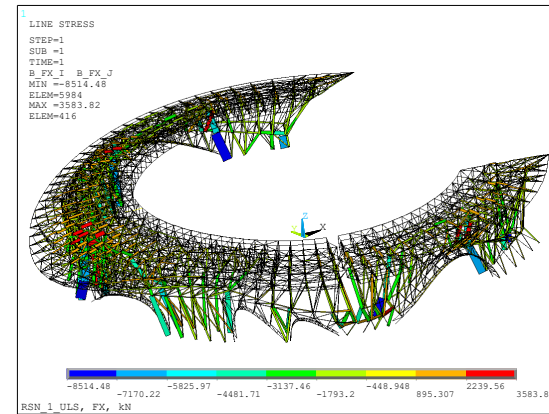
КЭ-модель декоративного козырька



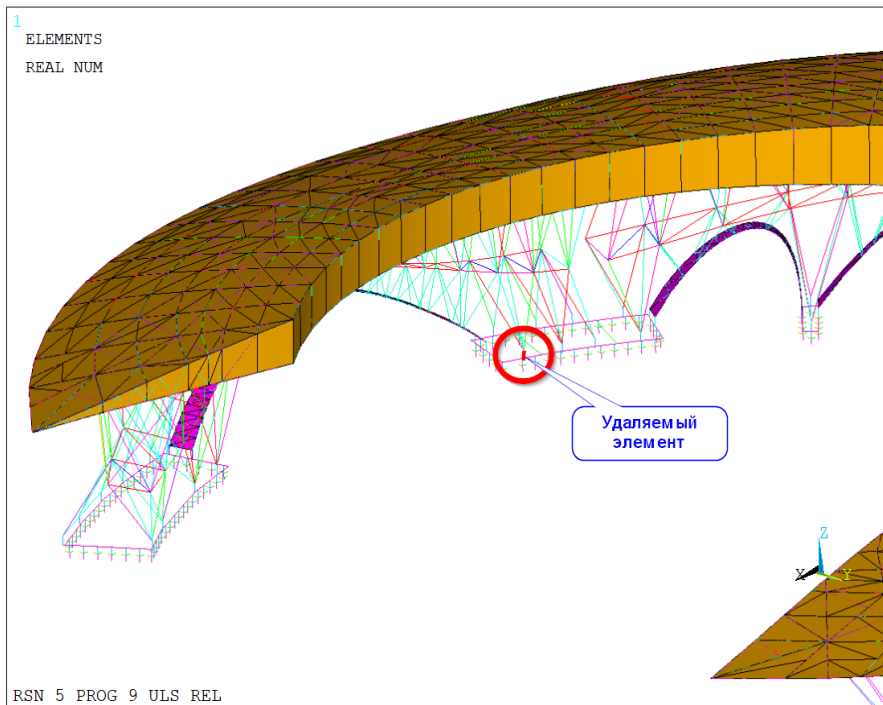
Фрагменты КЭ-модели декоративного козырька



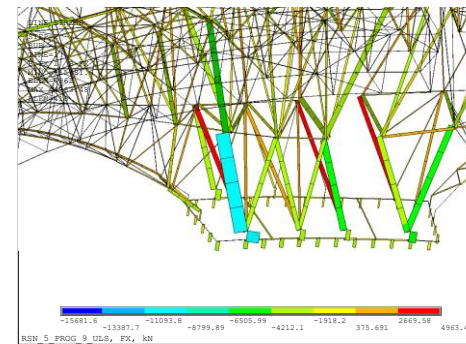
1-я собственная форма колебаний, 0.893 Гц



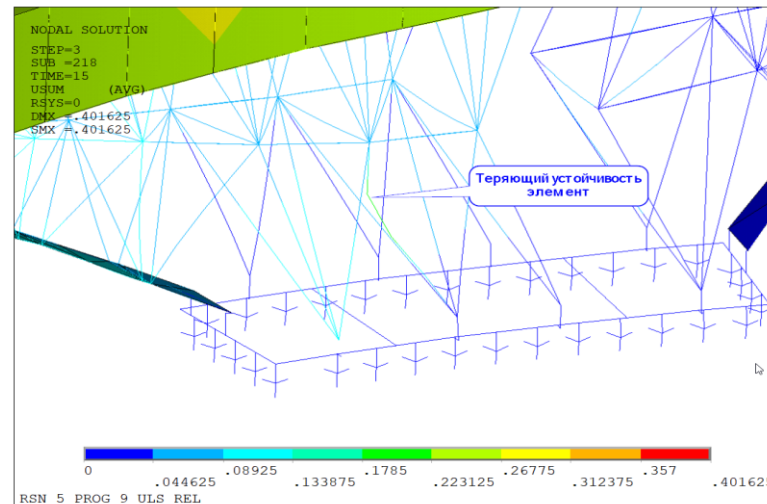
Продольные усилия в элементах, кН



Расчет на прогрессирующее обрушение, разрушение наиболее нагруженного узла колонны



Продольные усилия в элементах до разрушения элемента, кН

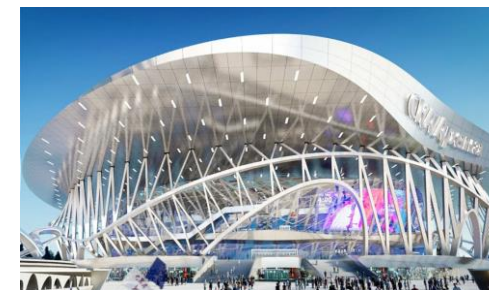


Деформированная схема. Суммарные перемещения, м

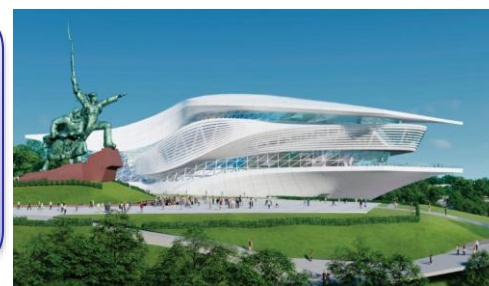
Разработка, верификация и апробация параметризуемой объемной конечноэлементной модели системы **«основание – водохранилище – плотина – здание станции Саяно-Шушенской ГЭС»**



НТС проектирования и строительства **Петербургского спортивно-концертного комплекса** (г. Санкт-Петербург), выполнение альтернативных расчетов железобетонных и стальных конструкций



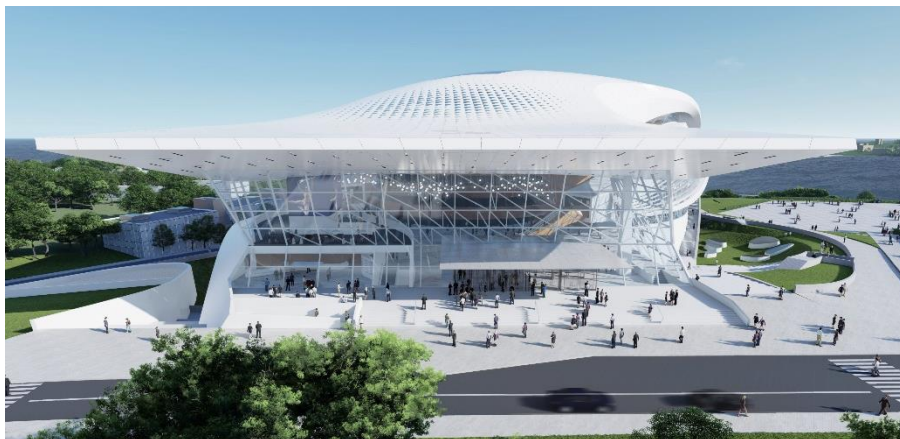
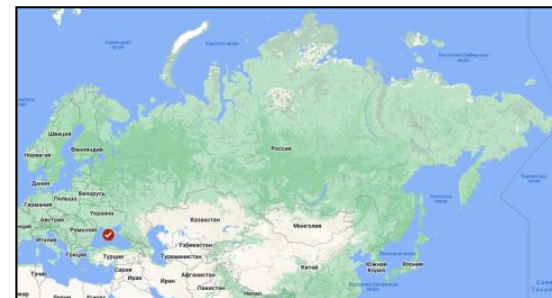
Комплексное НТС проектирования Объекта: **«Театр оперы и балета»** (г. Севастополь)



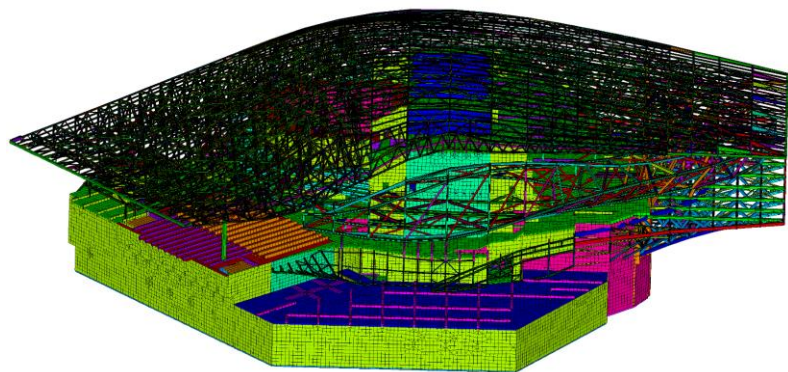
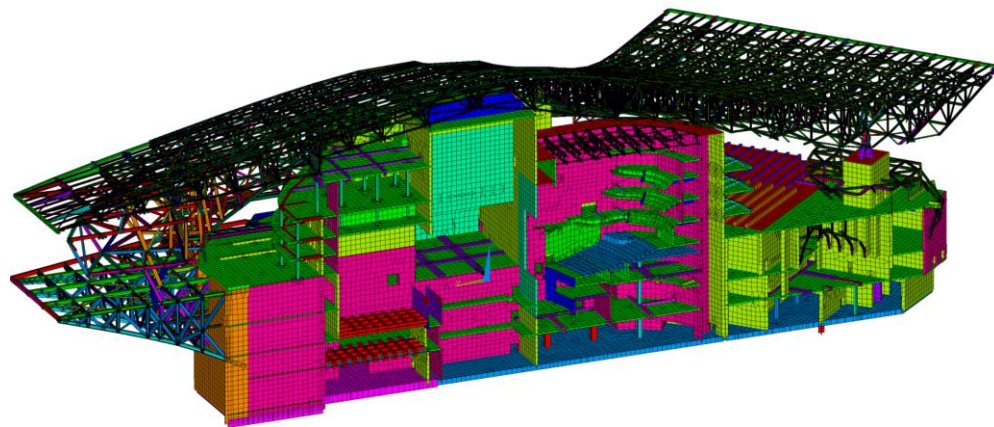
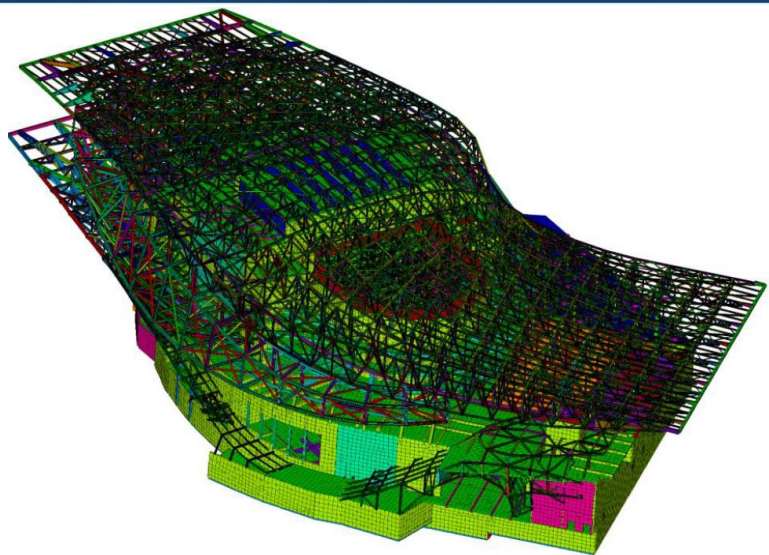
Комплексное НТС проектирования Объекта: **«Театр оперы и балета»** (г. Калининград)



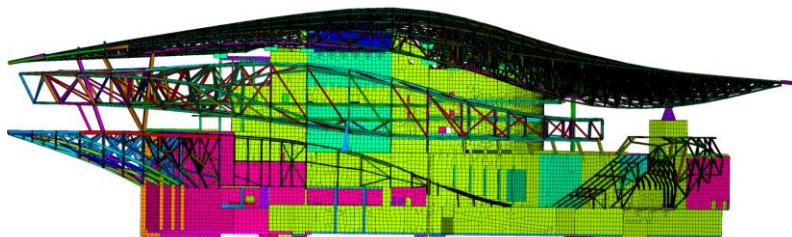
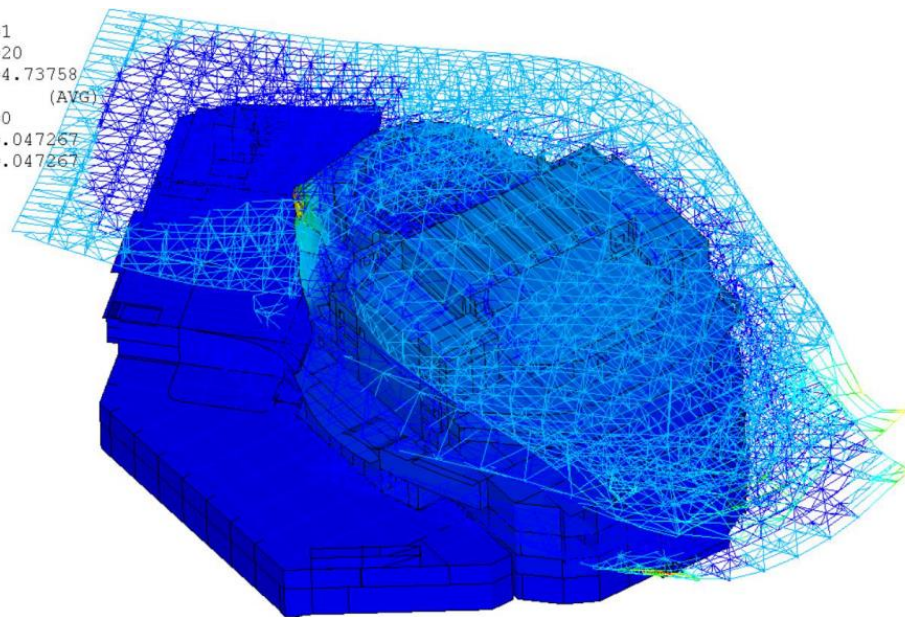
Научно-техническое сопровождение проектирования, включая численное моделирование ветровых и снеговых нагрузок, расчетные исследования напряженно-деформированного состояния, динамики, прочности и устойчивости несущих конструкций при нормативно регламентированных сочетаниях основных и особых (сейсмических и аварийных) нагрузок и воздействий и сопоставительный анализ результатов альтернативных расчетов, для Объекта - «Театр оперы и балета» (г. Севастополь)

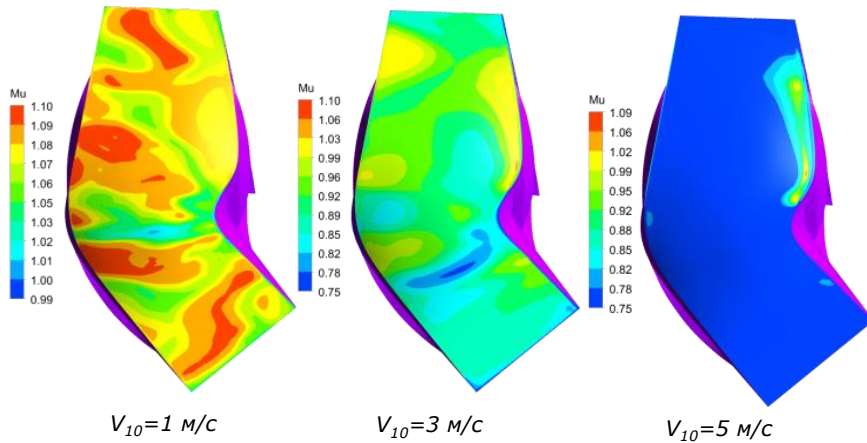




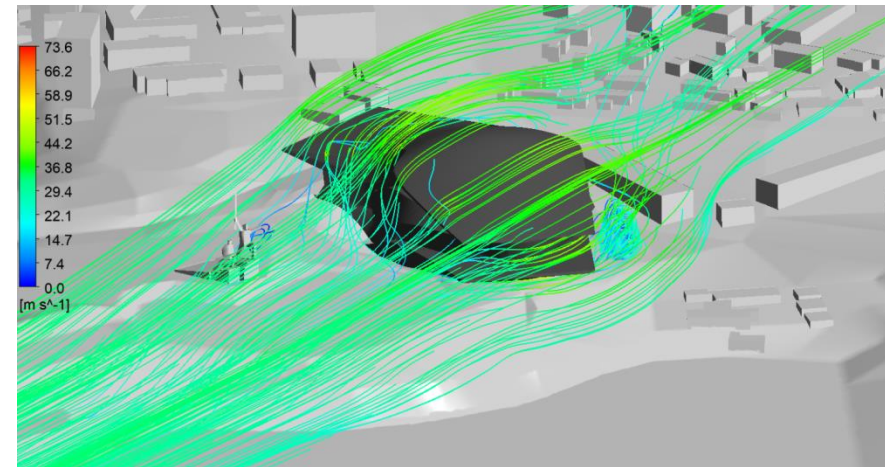


STEP=1  
SUB =20  
FREQ=4.73758  
USUM (AVG)  
RSYS=0  
DMX =.047267  
SMX =.047267

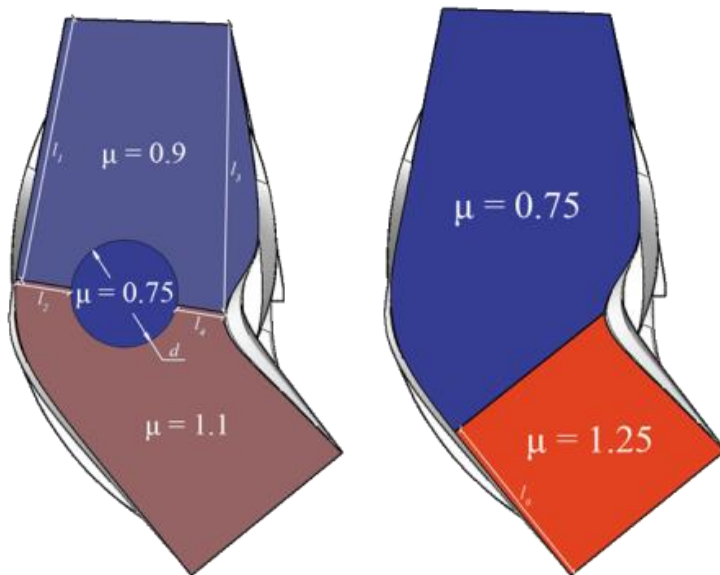




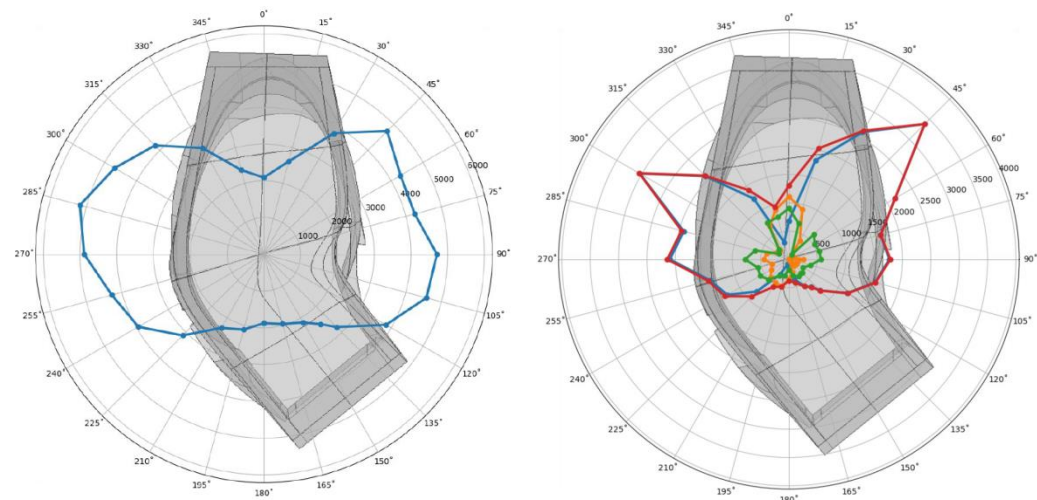
Расчетное распределение коэффициента  $\mu$



Линии тока ветра в характерных сечениях, м/с.



Рекомендуемые схемы коэффициента  $\mu$   
для прочностных расчетов



Покрытие

Стены

Суммарные расчетные ветровые нагрузки



## Научно-исследовательский центр СтаДиО

Свидетельство СРО «АПОЭК» «Проектировщики оборонного и энергетического комплексов».

Номер решения о приеме в члены СРО № 06-ПСС-38/2018 от 20.06.2018 г.

123098, Москва, пл. акад. Курчатова, 1, т. (499)706-8810, e-mail: [stadyo@stadyo.ru](mailto:stadyo@stadyo.ru), Web-site: [www.stadyo.ru](http://www.stadyo.ru)

Инв. МТП-2021-02/2СТУ

“Утверждаю”  
Генеральный директор ЗАО НИЦ СтаДиО



А.М. Белостоцкий  
2021 г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

в рамках научно-технического сопровождения проектирования  
Объекта: «Театр оперы и балета» (г. Севастополь)

**Анализ материалов сейсмического микрорайонирования,  
выбор акселерограмм/спектров ускорений (ответа)  
и обоснование значений сейсмических коэффициентов  
для расчетов Объекта на сейсмические воздействия**

Научный руководитель  
докт. техн. наук, профессор, член-корр. РААСН **А.М. Белостоцкий**

Ответственный исполнитель  
канд. техн. наук **Д.С. Дмитриев**

Исполнители  
канд. техн. наук **А.И. Нагибович**  
канд. техн. наук **А.С. Павлов**  
канд. техн. наук **К.И. Островский**

2021

Сценарное землетрясение Z2, грунтовый разрез на площадке строительства G2

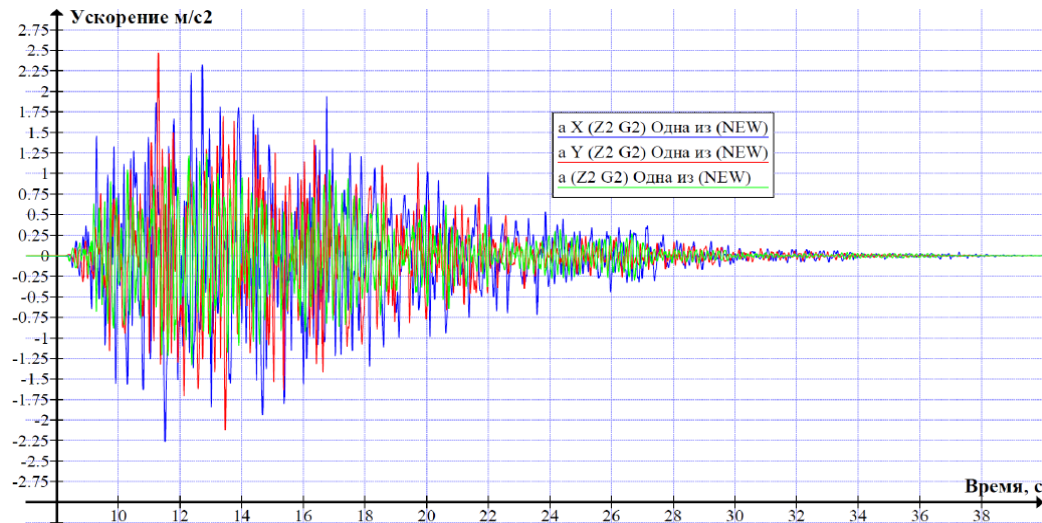


Рис. 12 Трехкомпонентная акселерограмма (одна из набора).  
Шаг акселерограммы по времени 0.01 с. Диапазон 8-40 с.

Сценарное землетрясение Z3, грунтовый разрез на площадке строительства G2

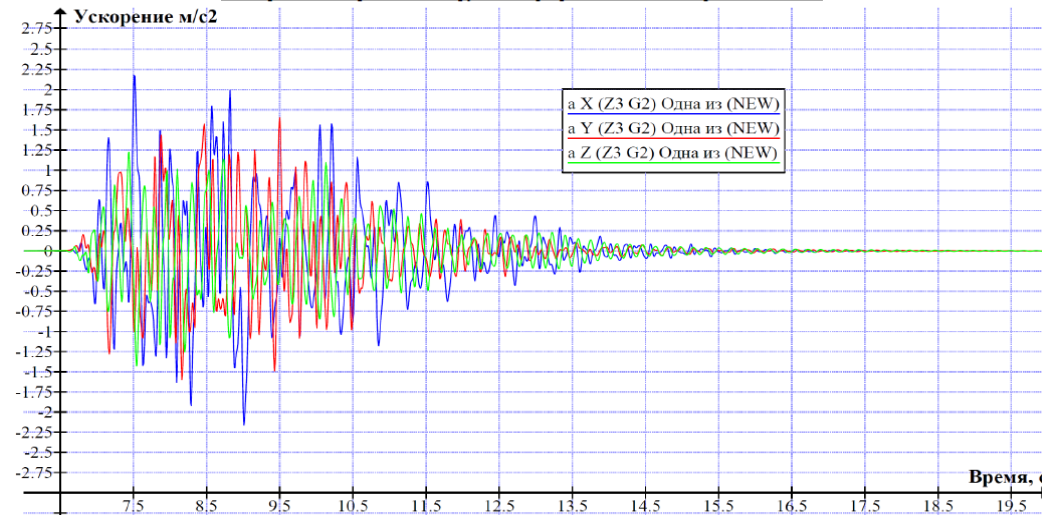
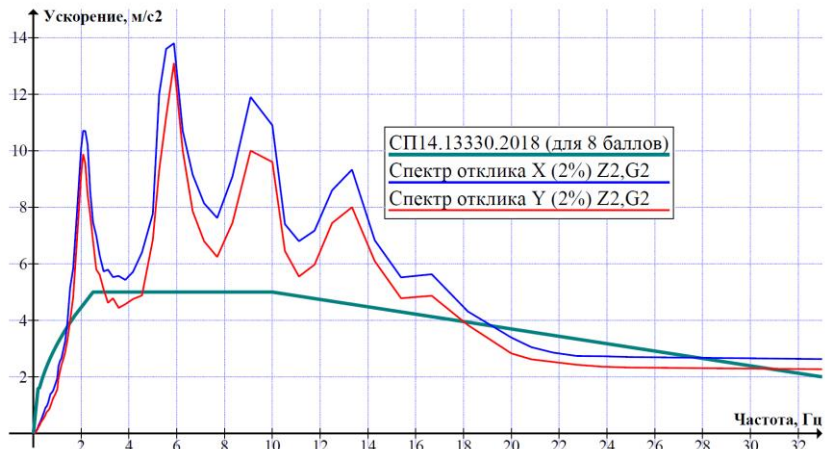
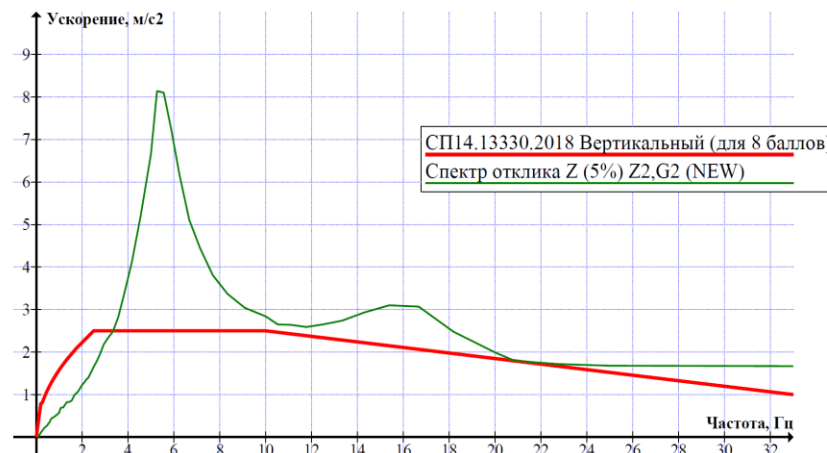
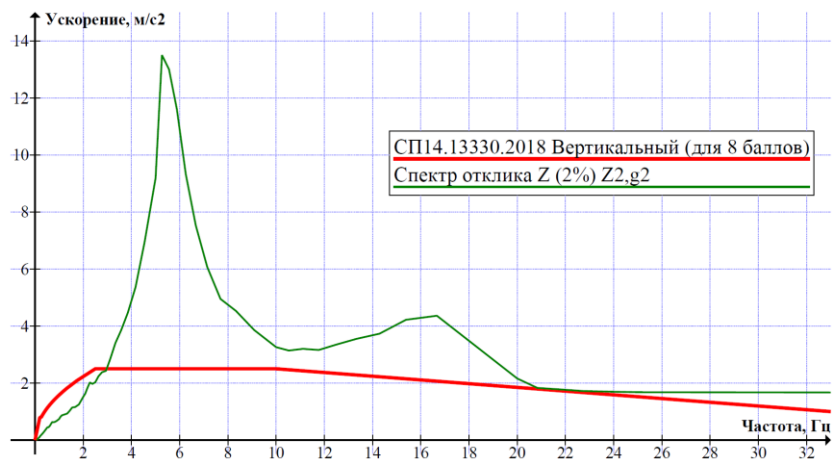
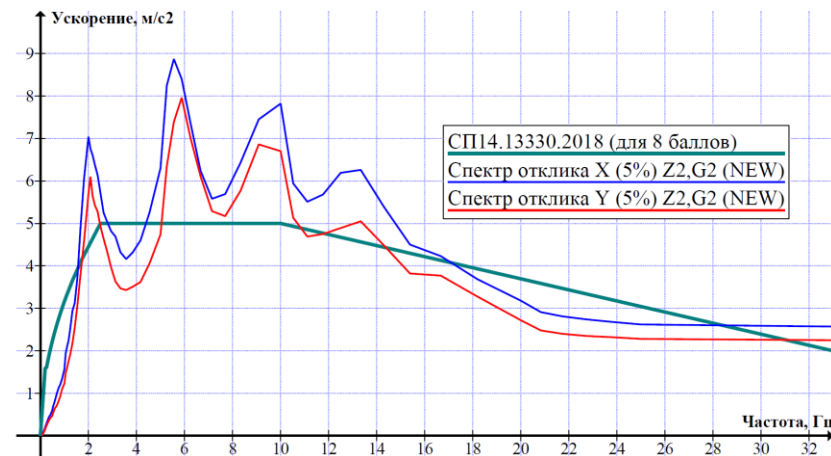


Рис. 16 Трехкомпонентная акселерограмма (одна из набора).  
Шаг акселерограммы по времени 0.01 с. Диапазон 6-20 с.

## Спектры воздействия при демпфировании 2%



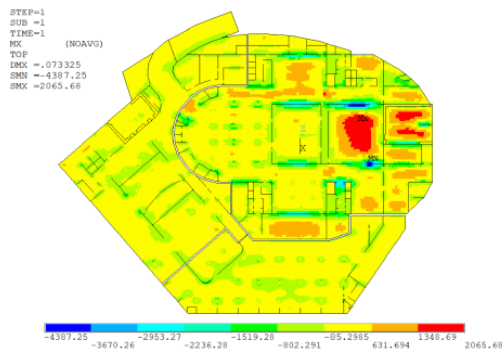
## Спектры воздействия при демпфировании 5%



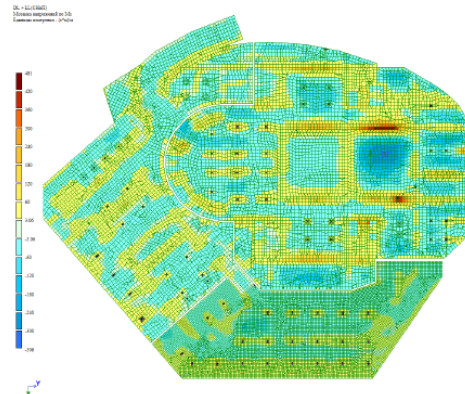
ЗАО НИЦ СтаДнО - ANSYS Mechanical

ООО «МЕТРОПОЛИС» - ЛИРА-САПР

*Погонный изгибающий момент  $M_x$  в фундаментной плите, кН×м/м (Основное сочетание РСН-1)*

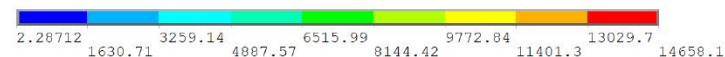
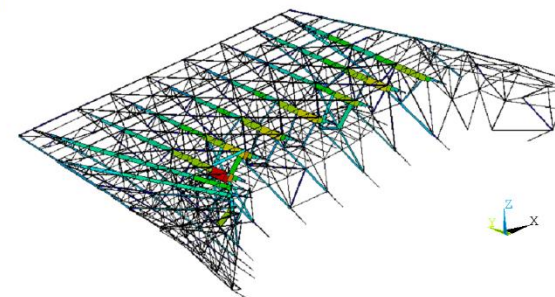


$M_{x_{min}} = -2\ 065\ \text{кН}\times\text{м/м}$   
 $M_{x_{max}} = 4\ 387\ \text{кН}\times\text{м/м}$



$M_{x_{min}} = -3\ 002\ \text{кН}\times\text{м/м}$   
 $M_{x_{max}} = 4\ 719\ \text{кН}\times\text{м/м}$

FX I MAXFX J MAX  
MIN =2.28712  
ELEM=203185  
MAX =14658.1  
ELEM=204291

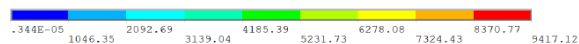
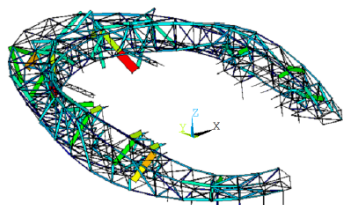


ЗАО НИЦ СтаДнО - ANSYS Mechanical

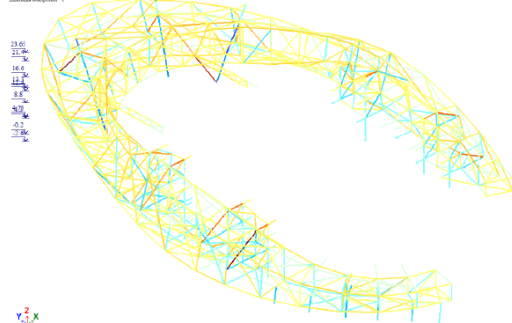
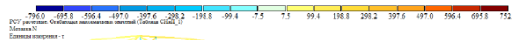
ООО «МЕТРОПОЛИС» - ЛИРА-САПР

*Огибающая максимальных значений продольных усилий в стальных элементах пояса  $N_{min}$ , кН  
Особое сочетание (сейсмика РЗ (ПЗ) с учётом статического фона)*

FX I MAXFX J MAX  
MIN =.344E-05  
ELEM=204190  
MAX =9417.12  
ELEM=139761



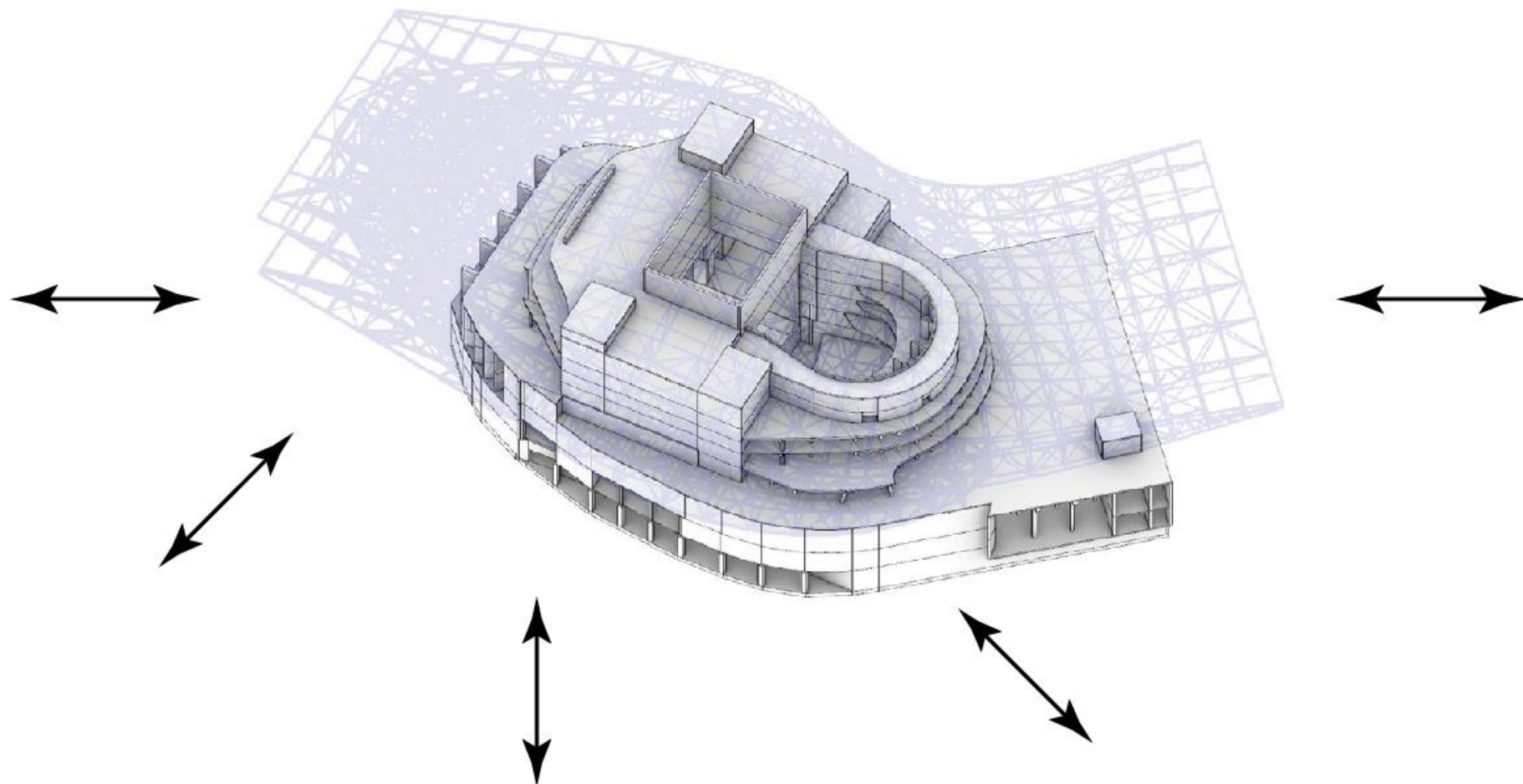
$N_{min} = 9\ 417\ \text{кН}$



$N_{min} = 7\ 808\ \text{кН}$

STEP=1  
SUB =1  
TIME=1  
SOIL\_RS (AVG)  
TOP  
IMX =-.056213  
SMN =-1780.18  
SMX =-1.11001



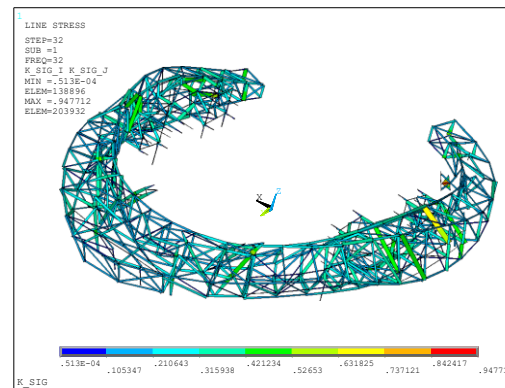
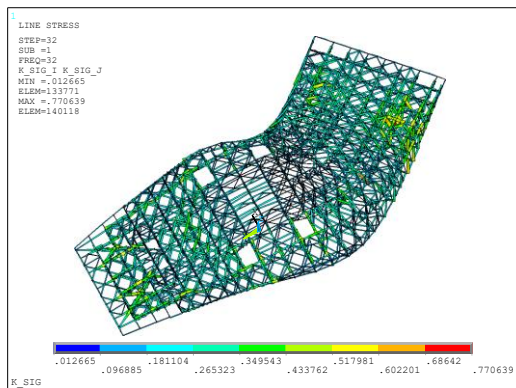


С учетом сложной конструктивной формы были проведены расчеты и отобраны критические направления сейсмического воздействия с шагом 45 градусов в горизонтальной плоскости + вертикальная сейсмика

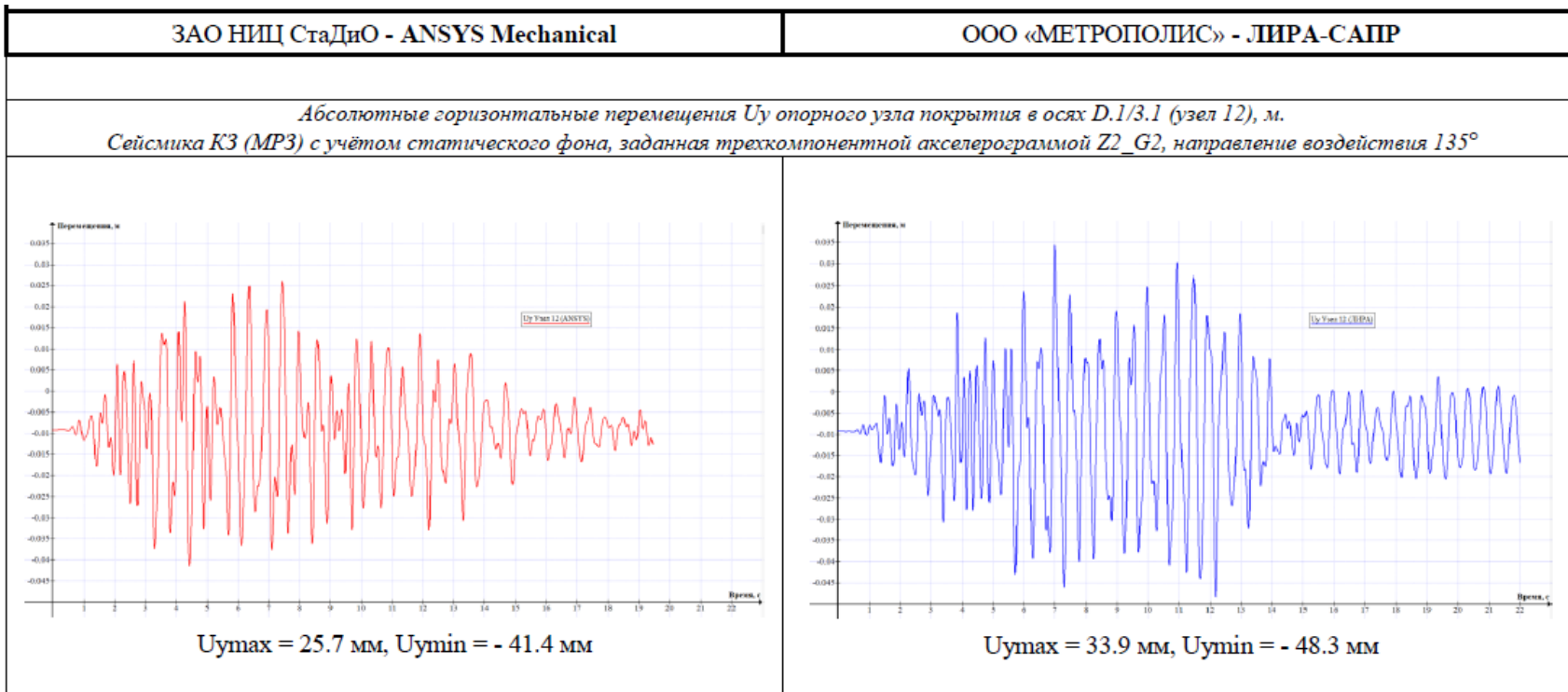
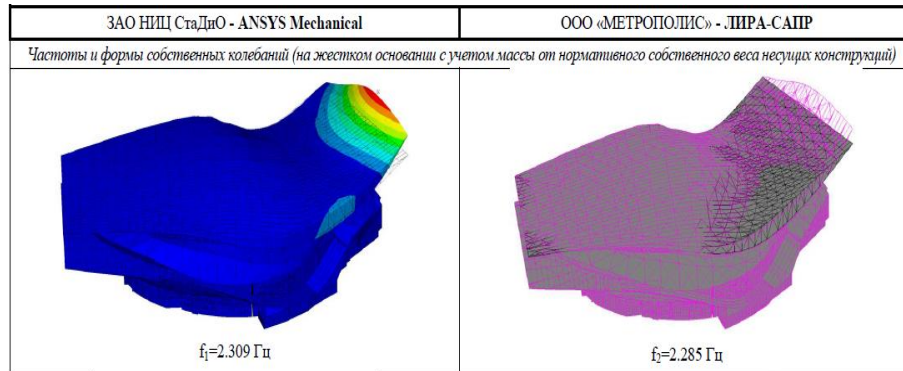
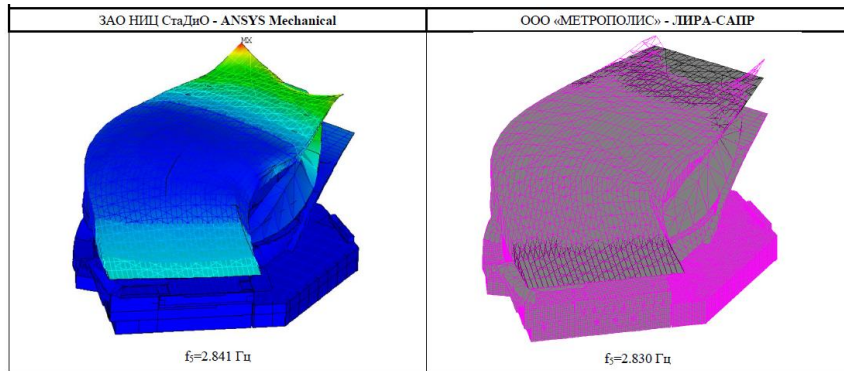
## Расчет на РЗ. Проверка сечений стальных конструкций

На основании полученных комбинаций усилий проведена проверка стальных элементов конструкции согласно СП 16.13330 и СП 14.13330 по несущей способности

Конструкция	Прочность	Устойчивость относительно локальных осей Y-Y	Устойчивость относительно локальных осей Z-Z	Устойчивость при изгибе в двух плоскостях
Покрытия	0.770	0.542	0.566	0.534
Консоль	0.976	0.449	0.531	0.557
Структура пояса	0.947	0.465	0.465	0.465

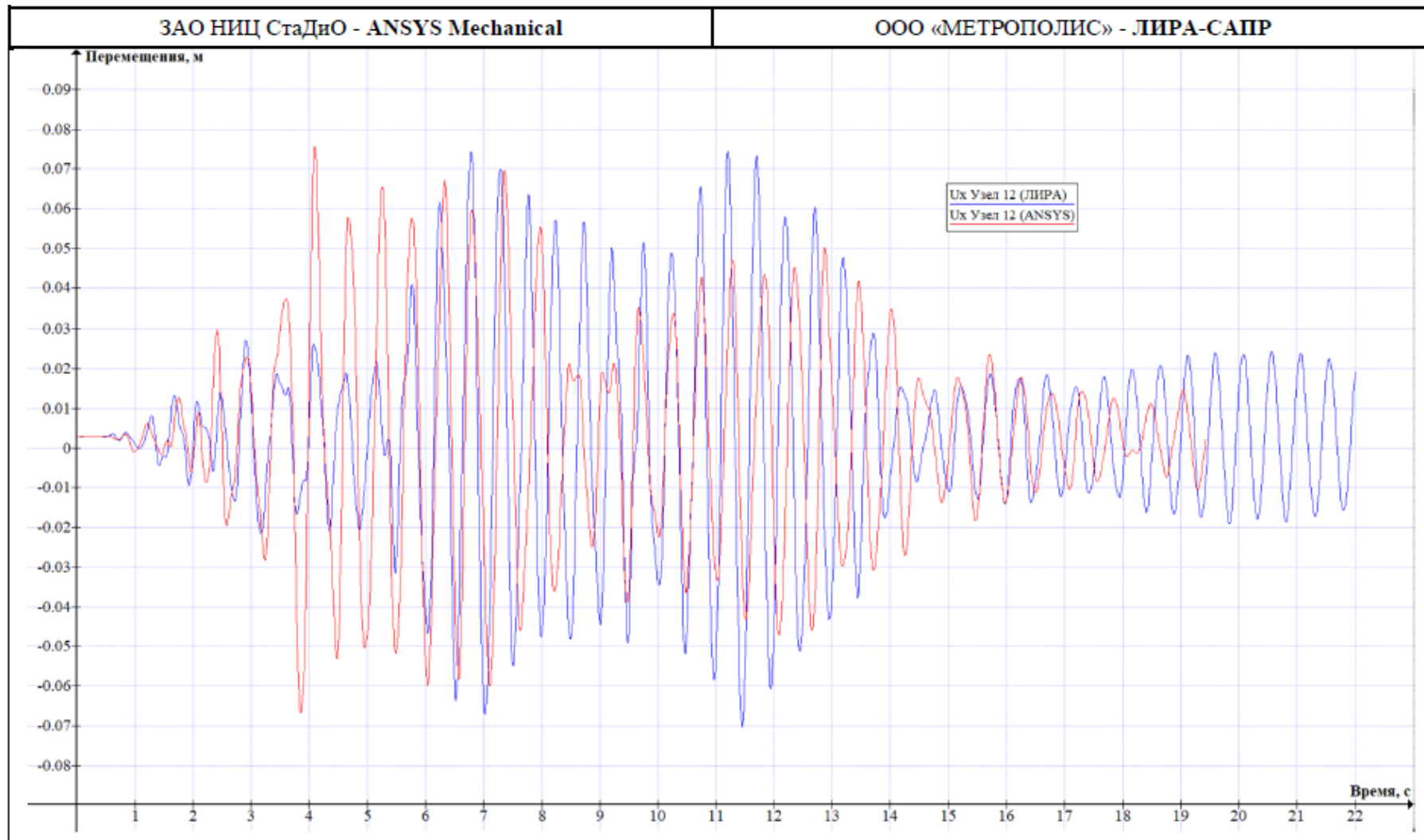


## Расчет на КЗ

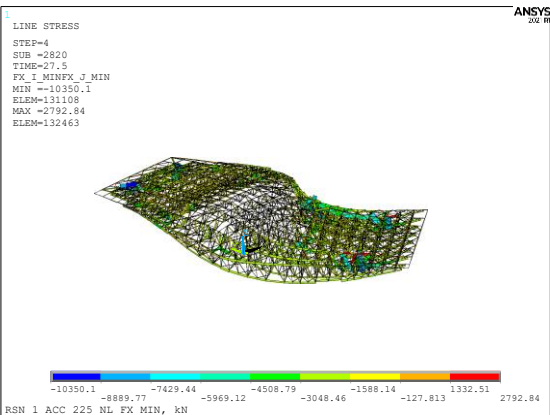
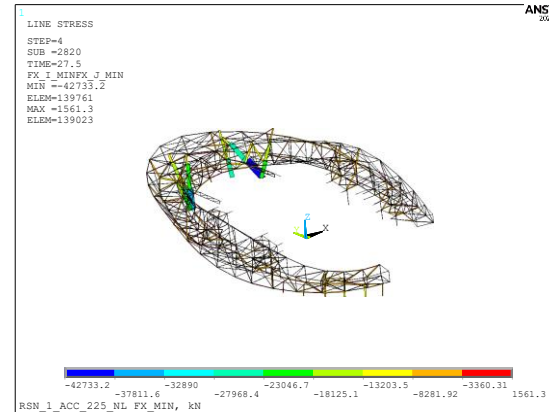
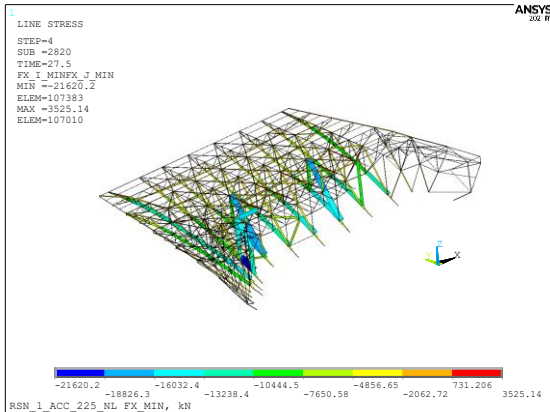




## Расчет на КЗ

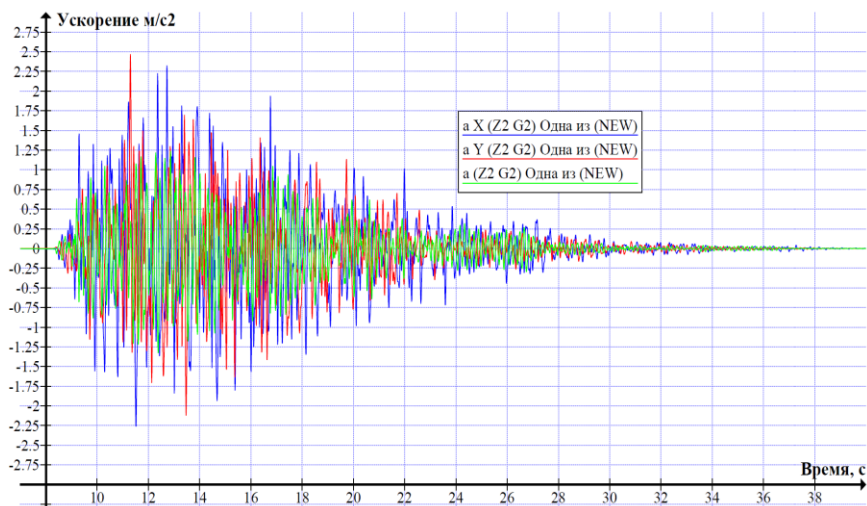


## Расчет на КЗ

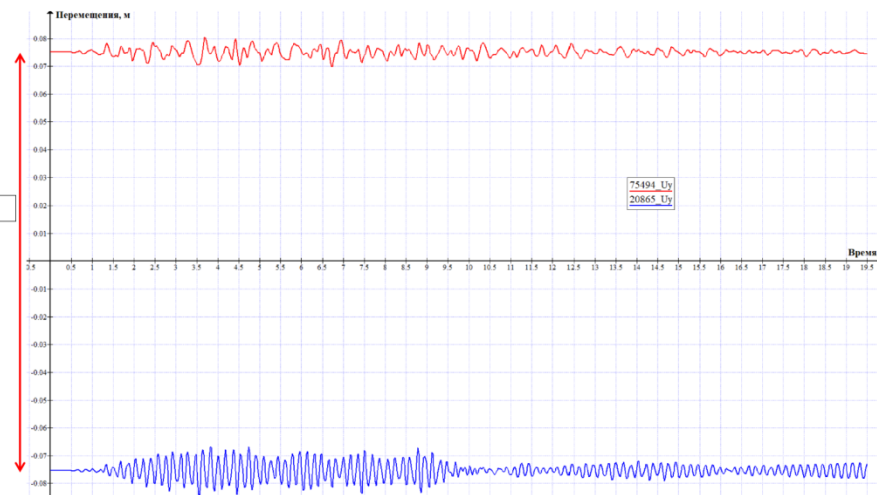


Также как и в случае с расчетом на РЗ по результатам проведенных расчетов КЗ были построены огибающие продольных усилий по элементам конструкций консоли, покрытия и стальной структуры фасадного пояса, кН

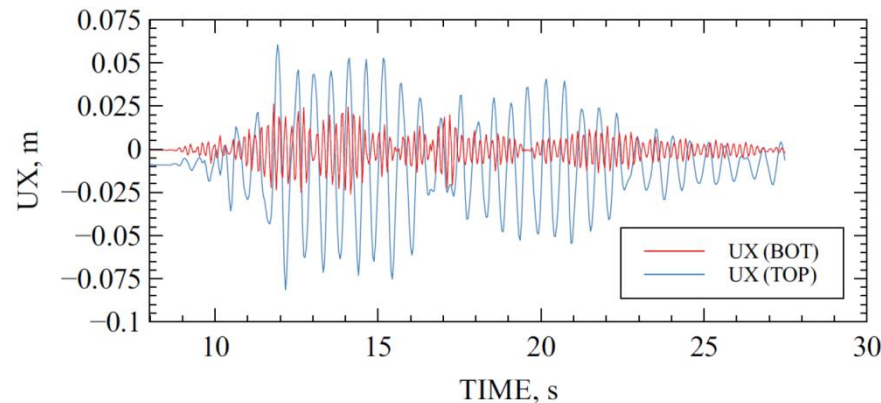
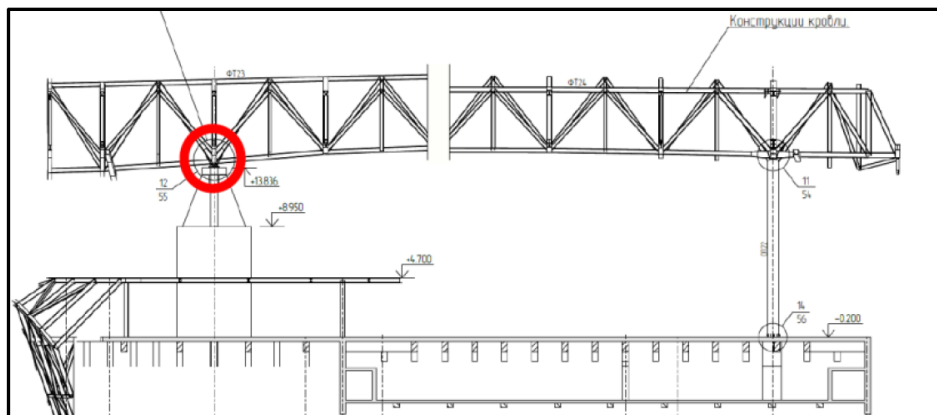
## Расчет на КЗ



Трехкомпонентная акселерограмма (одна из набора).  
Шаг акселерограммы по времени 0.01 с. Диапазон 8-40 с.



Оценка возможности соударения соседних сейсмических блоков

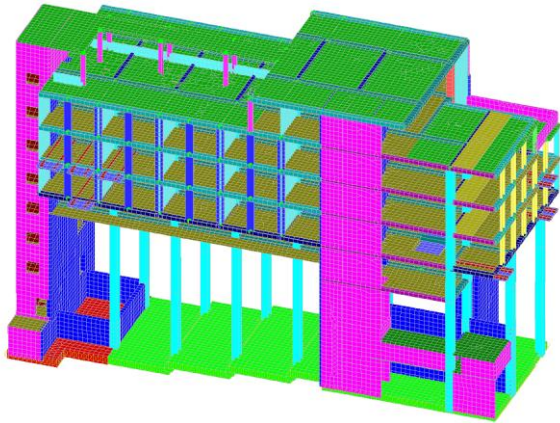


Расчетная оценка всесторонне подвижной опоры

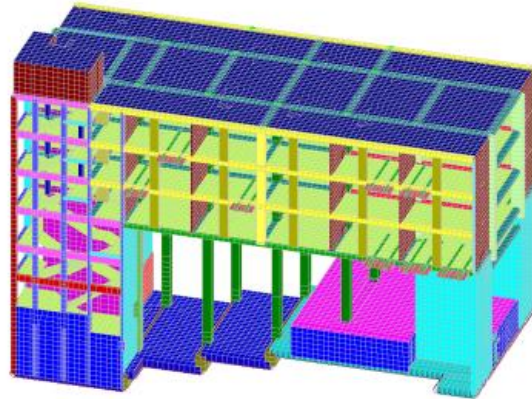
## НТСП для Объекта – «Хореографическая академия в г. Севастополь»



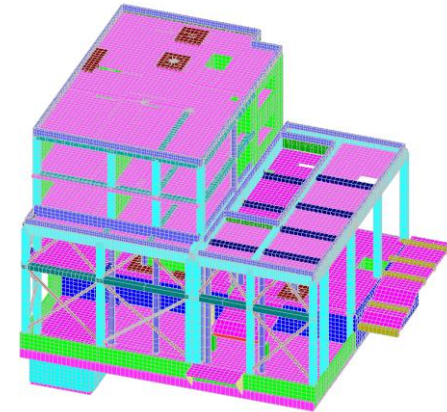
НТСП для Объекта – «Хореографическая академия в г. Севастополь»



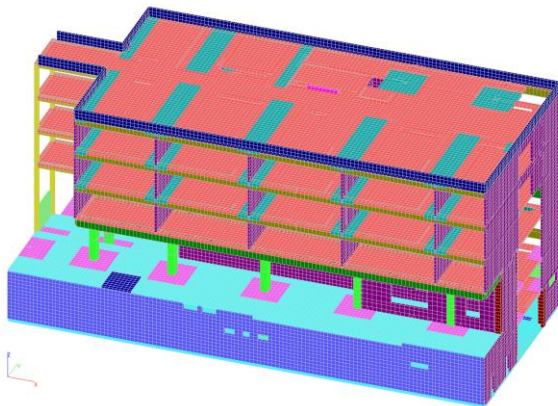
Блок 1



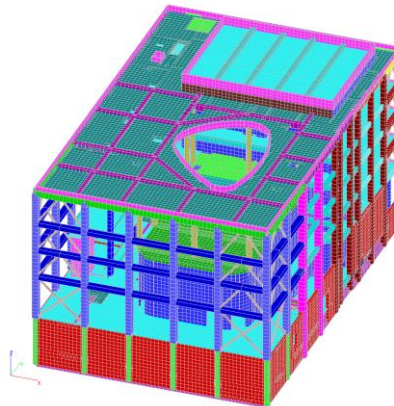
Блок 2



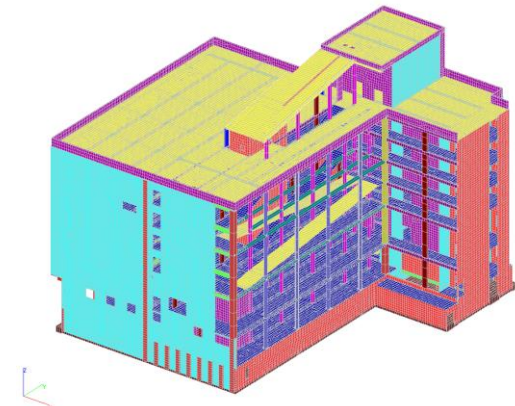
Блок 3



Блок 4



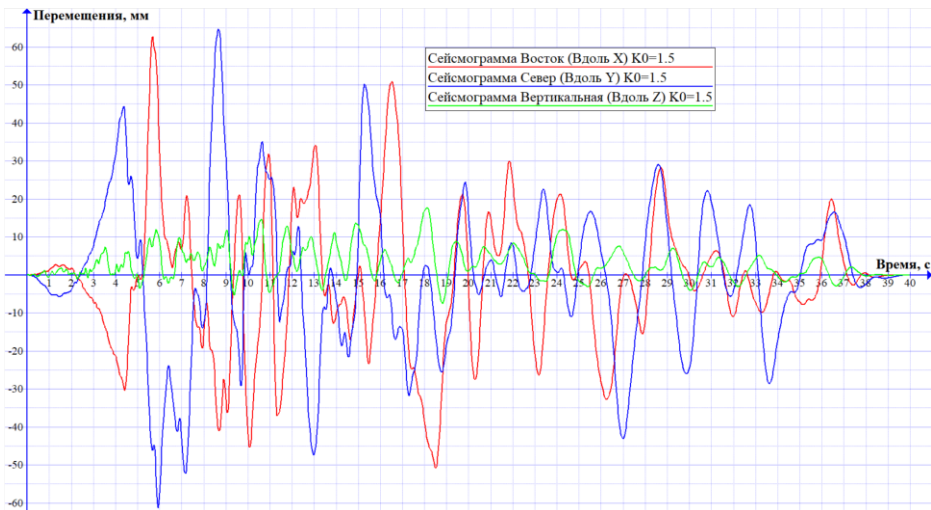
Блок 5



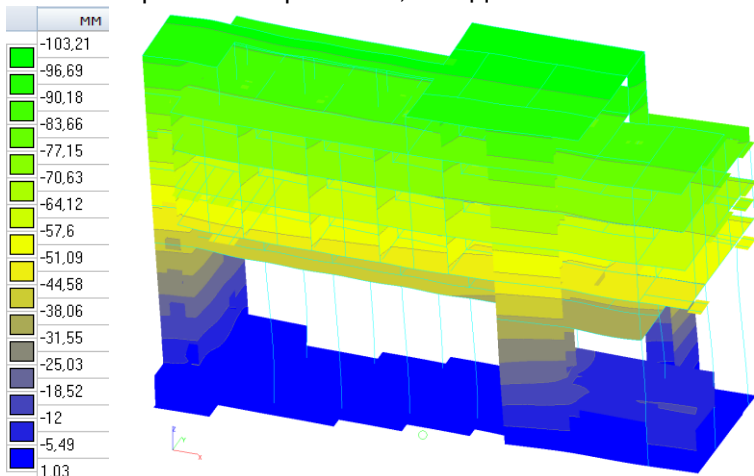
Блок 6

КЭ – модели отдельных блоков сооружения

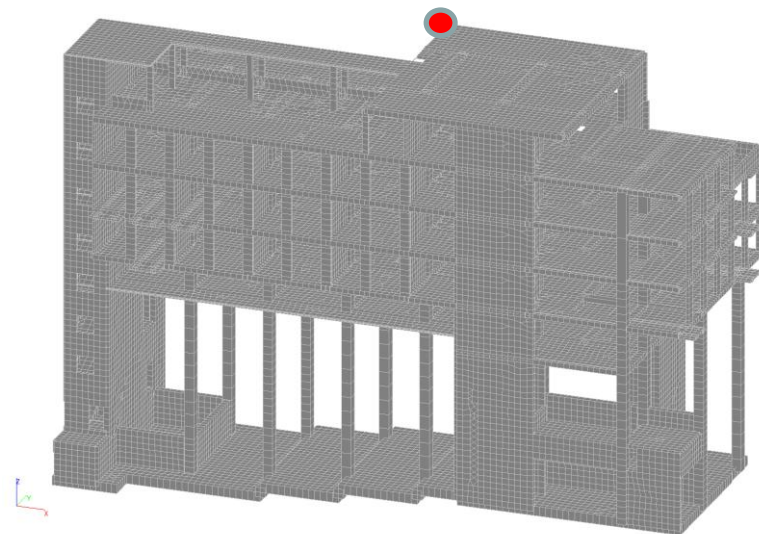
## НТСП для Объекта – «Хореографическая академия в г. Севастополь»



Трехкомпонентная сейсмограмма с учетом коэффициентов  $K_0$ ,  $K_1$  и  $K_2$ .  
Шаг сейсмограммы по времени 0,02 с. Диапазон 0-40 с



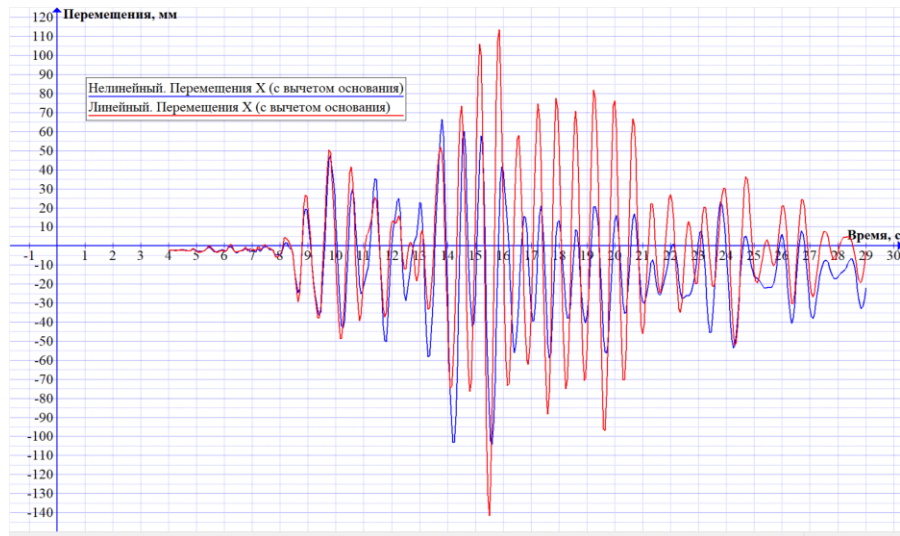
Максимальные горизонтальные перемещения  $U_x$ , мм  
Особое сочетание нагрузок (сеймика КЗ(МРЗ)).  
Момент времени  $t=14,20$ с.



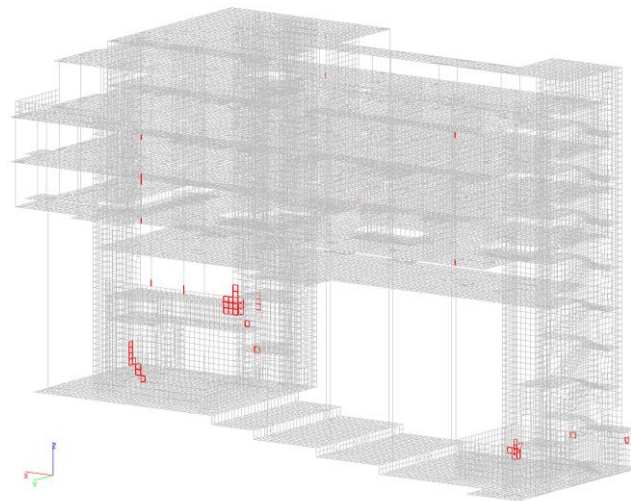
Максимальные по абсолютной величине перемещения (особое сочетание, сеймика уровня КЗ с учётом статического фона)

Направление	Значение, мм
По горизонтали вдоль оси X	103,21
По горизонтали вдоль оси Y	82,82
По вертикали вдоль оси Z	28,35

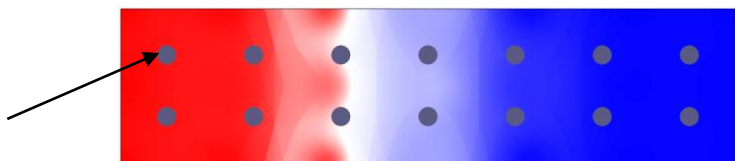
## НТСП для Объекта – «Хореографическая академия в г. Севастополь»



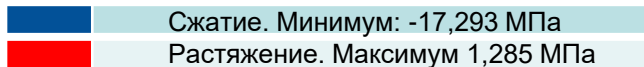
Графики горизонтальных перемещений по X. верхней точки Блока 1  
Особое сочетание нагрузок (сейсмика КЗ(МРЗ))



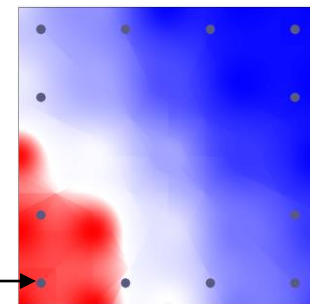
Красным цветом отмечены элементы, в которых арматура достигла предела текучести **при растяжении**. Особое сочетание нагрузок (сейсмика КЗ(МРЗ)).



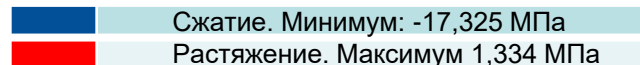
Пилон  $\Phi 1$  сечением 800x200мм на пересечении осей 16-17/Е между отм. 4,850 и 8,730м Нормальные напряжения в нижнем сечении пилона. Момент времени  $t=13,75с$ .



Напряжения в угловом арматурном стержне (показан стрелкой) достигли предела текучести (522 МПа).

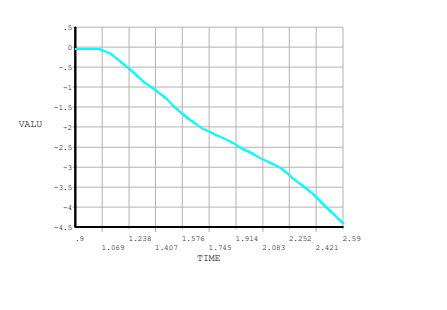
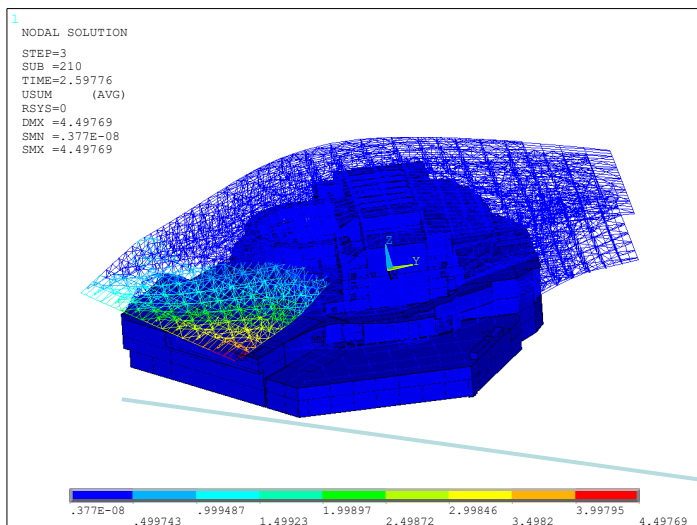


Колонна К1.1 сечением 800x800мм на пересечении осей 18/Д между отм. -5,250 и -4,480м. Момент времени  $t=15,20с$ .



Напряжения в угловом арматурном стержне (показан стрелкой) достигли предела текучести (522 МПа).

## Расчет на прогрессирующее обрушение. Локальное разрушение опорной стальной колонны под покрытием



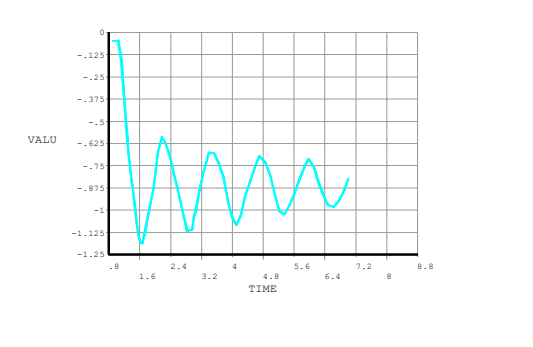
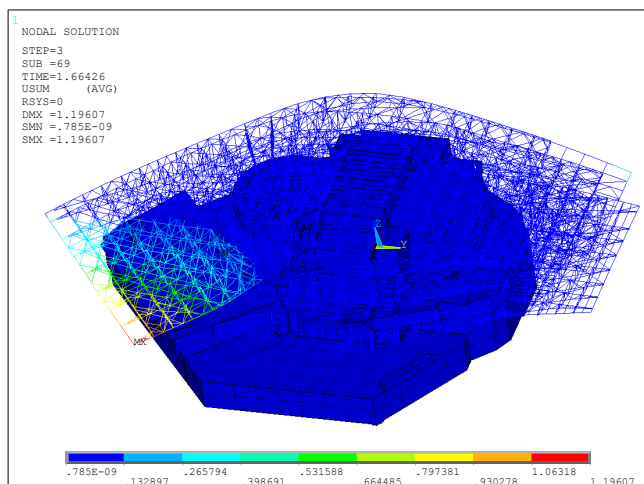
**Линия излома**  
**Максимальное перемещение**  
**4.5 м до обрыва расчета**

Отказ опорных элементов по результатам расчетов в динамической постановке приводит к обрушению покрытия.

Исходный расчет проектировщиков на прогрессирующее обрушение по СП 385 с изм. 1 без учета динамичности не приводит к обрушению



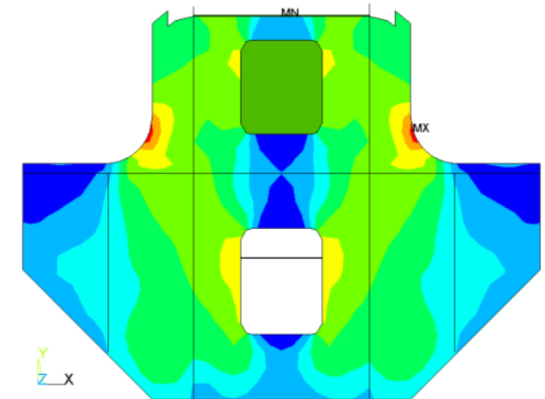
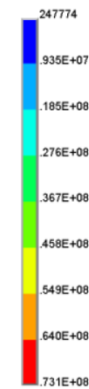
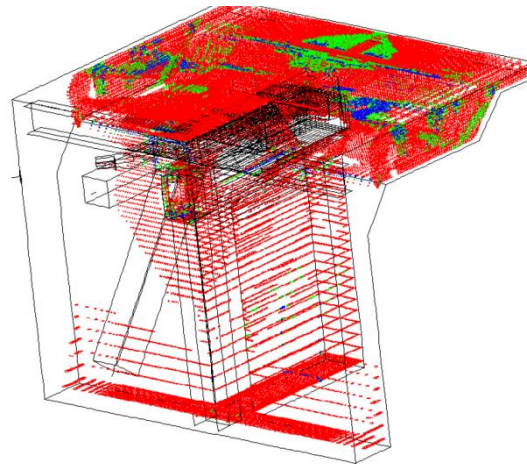
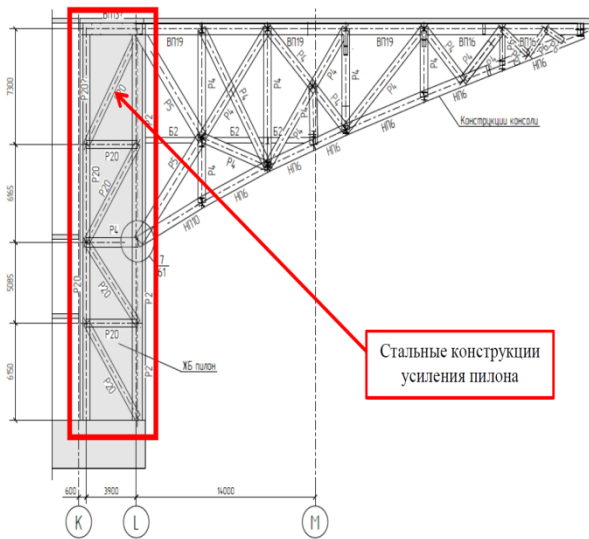
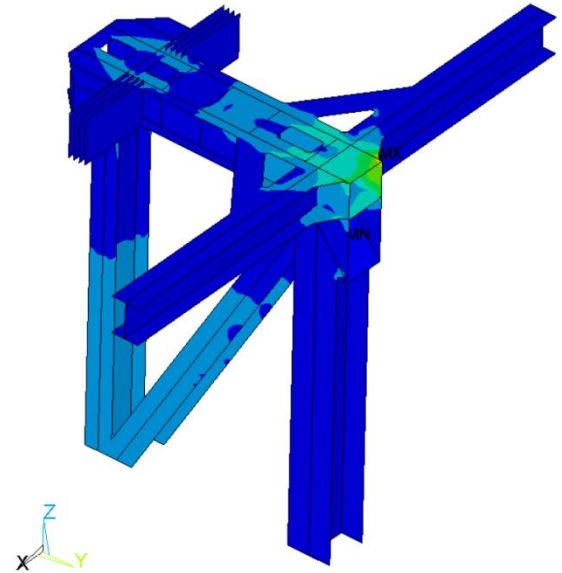
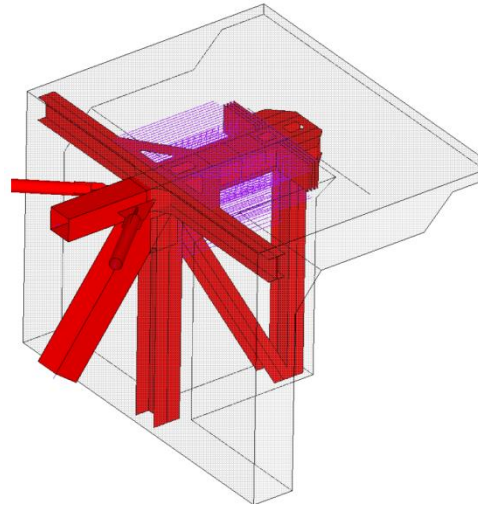
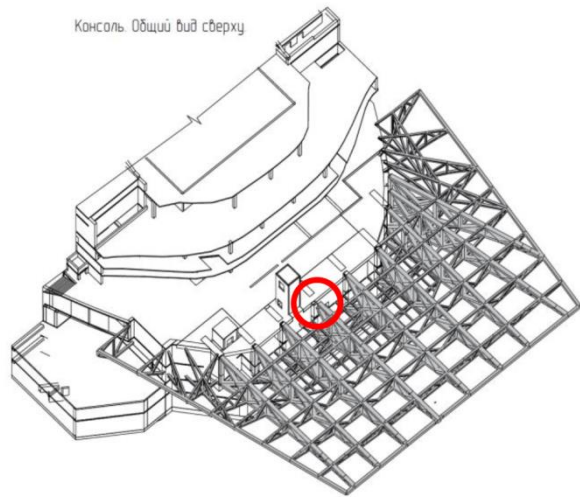
## Расчет на прогрессирующее обрушение. Локальное разрушение опорной стальной колонны под покрытием

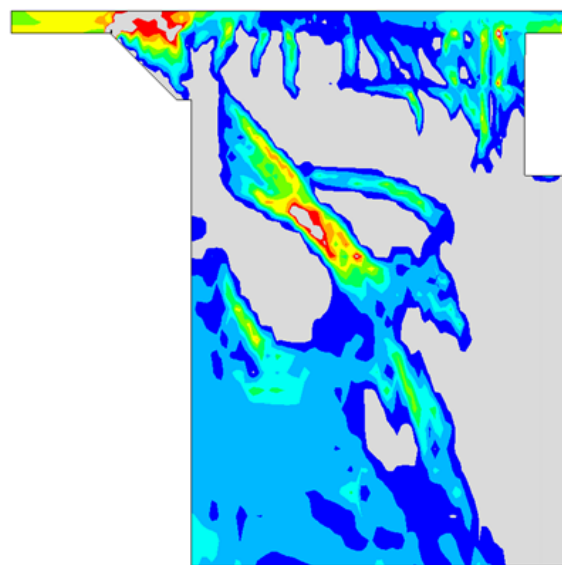
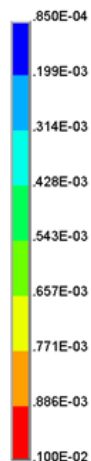
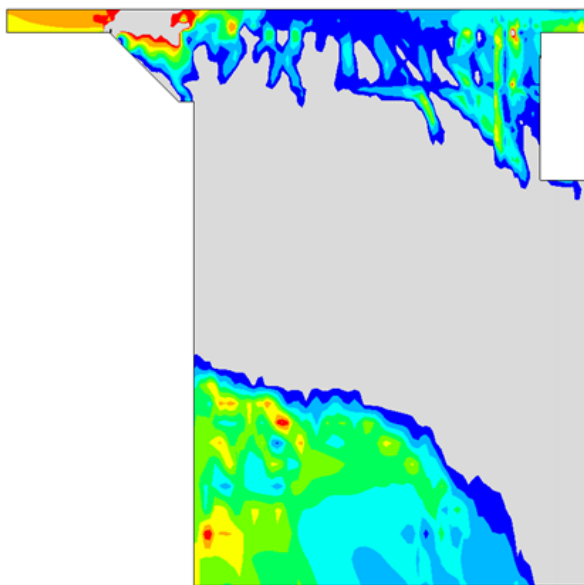
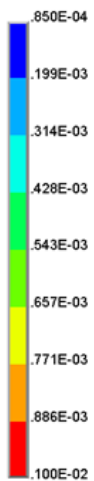
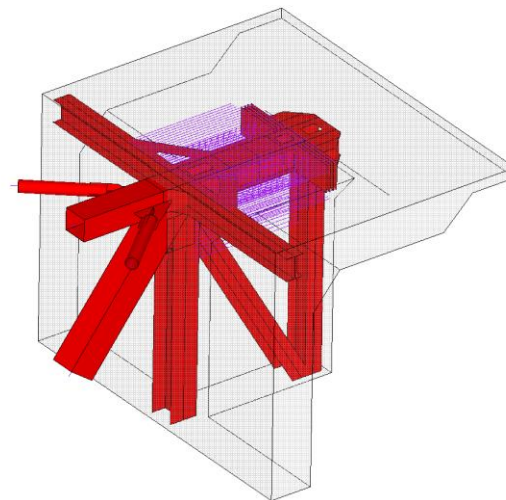
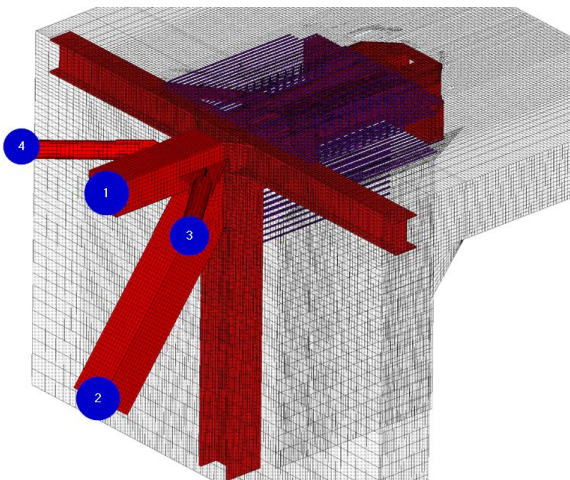
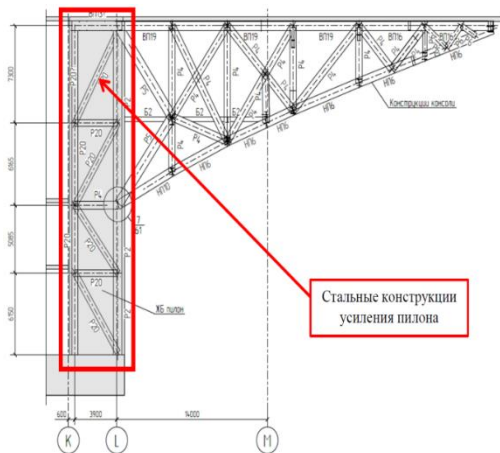


Вертикальные перемещения узла  
консоли во времени  
Максимум 1.196 м

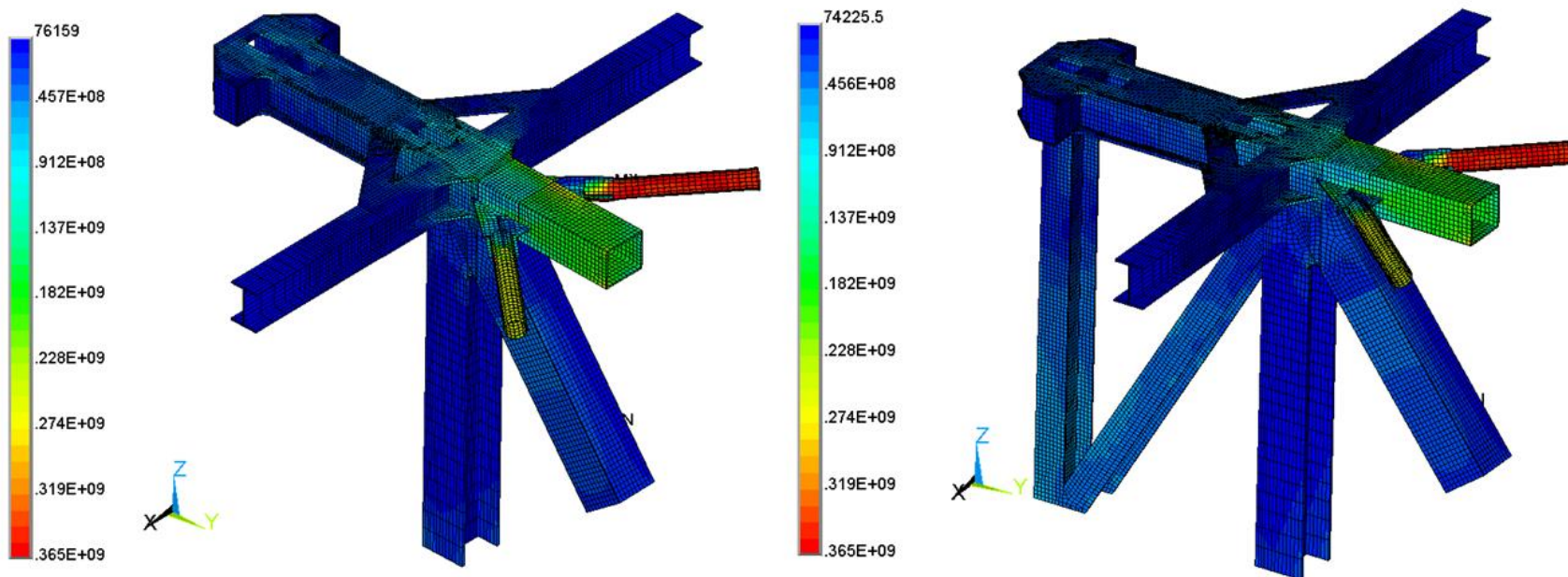
Момент наибольшего суммарного  
перемещения конструкции во времени, м  
(время  $t = 1.664$  сек)

## Расчет сложных конструктивных узлов

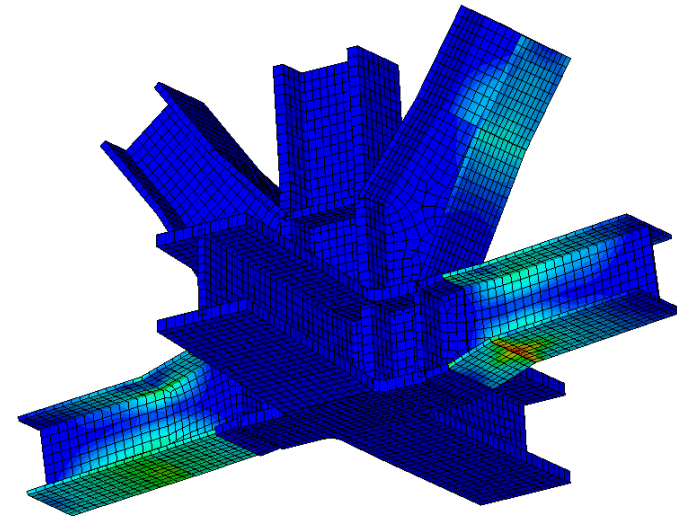
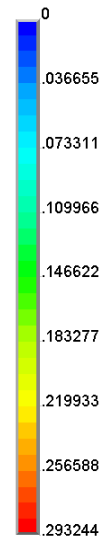
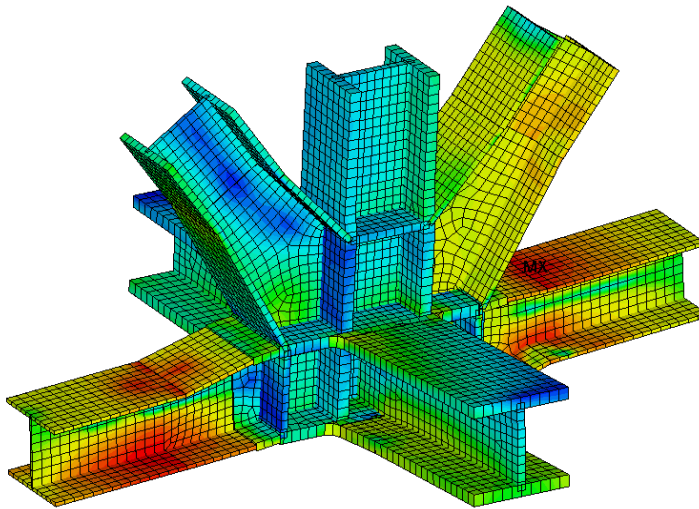
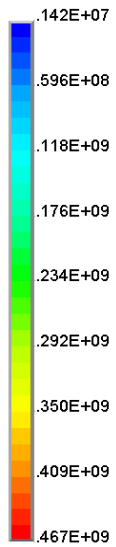
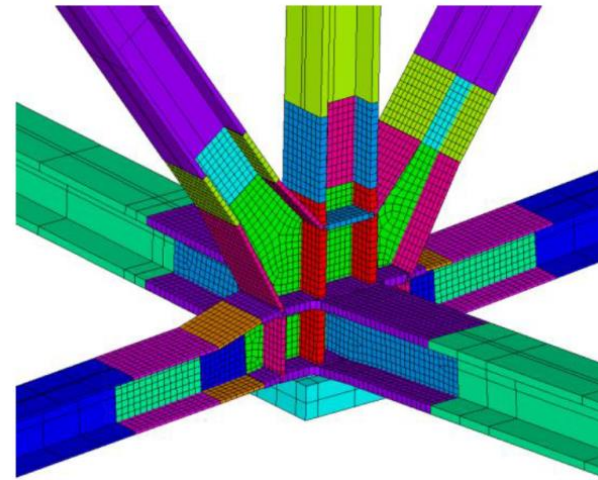
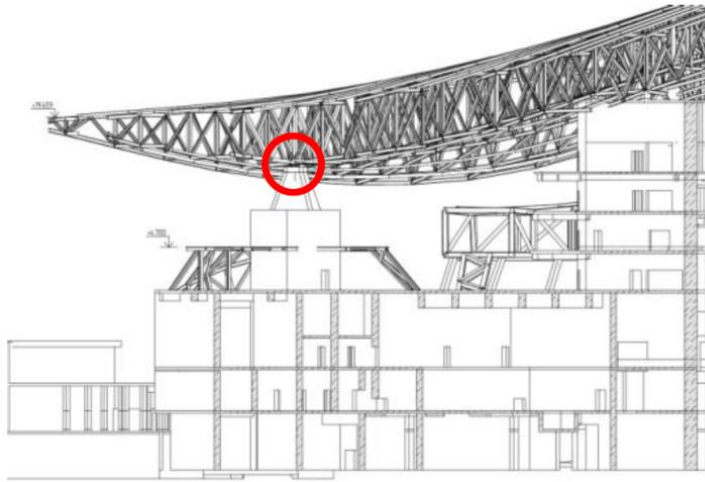




K1 = 1.0 (сочетание РСН-С13). Главные деформации  $\epsilon_1$  (слева—исходный вариант, справа—вариант с добавлением металлических элементов)



Проектное землетрясение при  $K_1 = 1.0$  (сочетание РСН-С13). Эквивалентные напряжения, Па  
(слева – исходный вариант, справа – вариант с добавлением металлических элементов)



Разработка, верификация и апробация параметризуемой объемной конечноэлементной модели системы **«основание – водохранилище – плотина – здание станции Саяно-Шушенской ГЭС»**



НТС проектирования и строительства **Петербургского спортивно-концертного комплекса** (г. Санкт-Петербург), выполнение альтернативных расчетов железобетонных и стальных конструкций

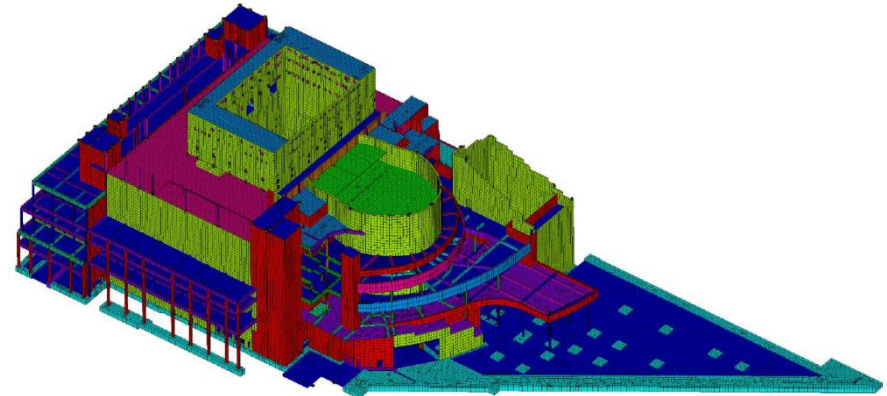
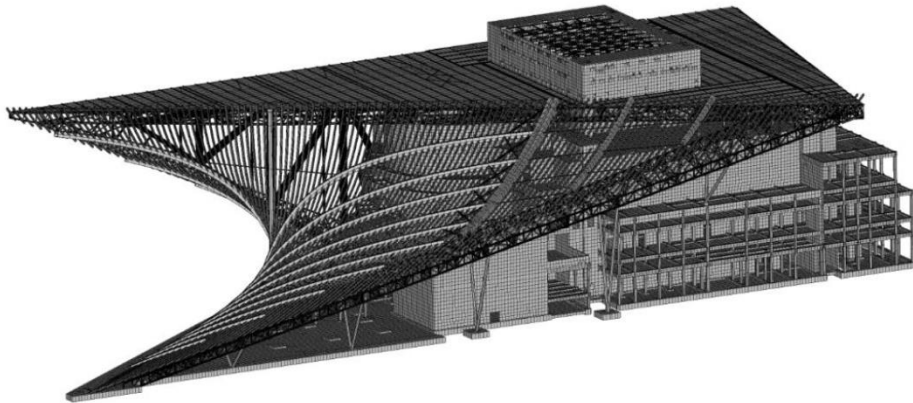


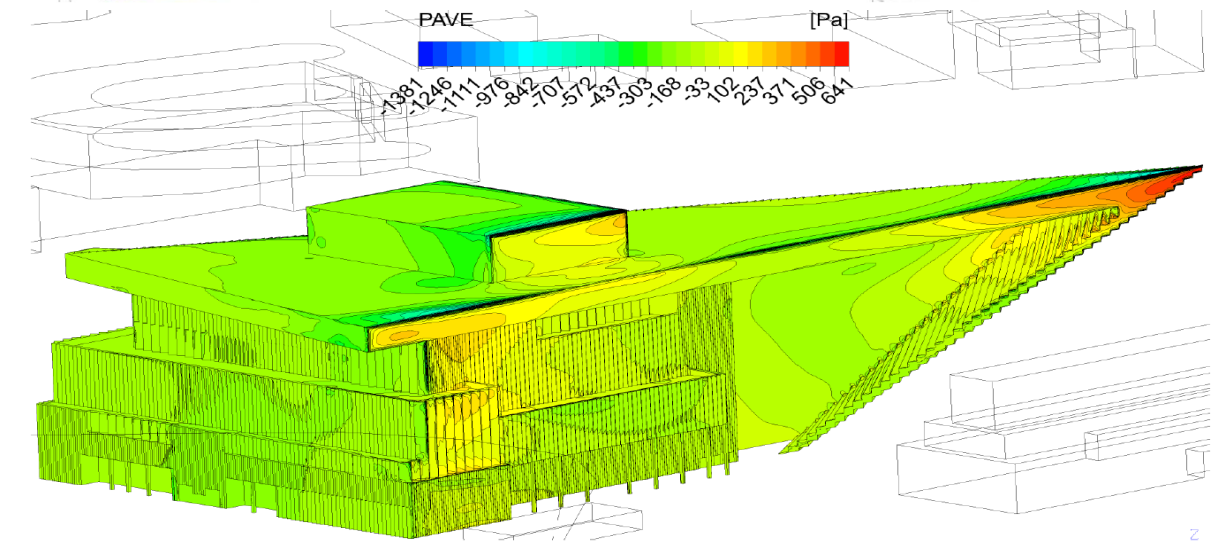
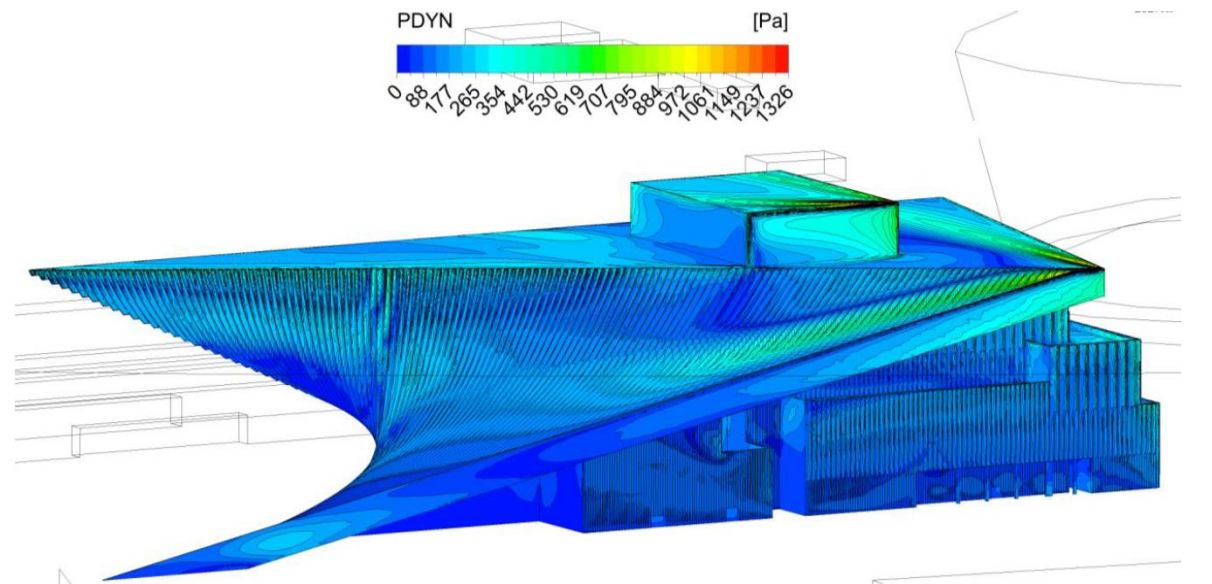
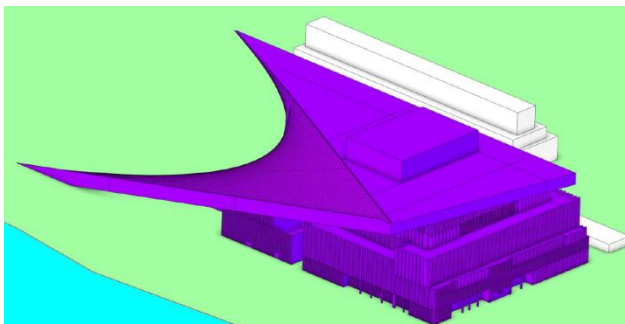
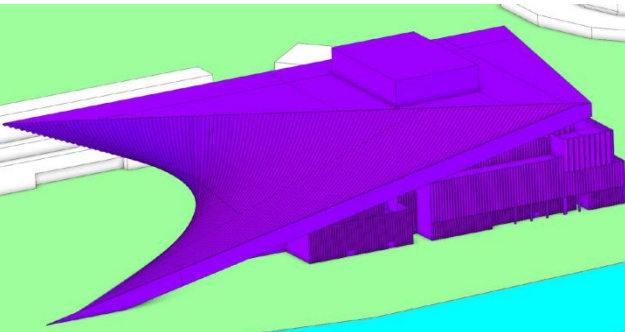
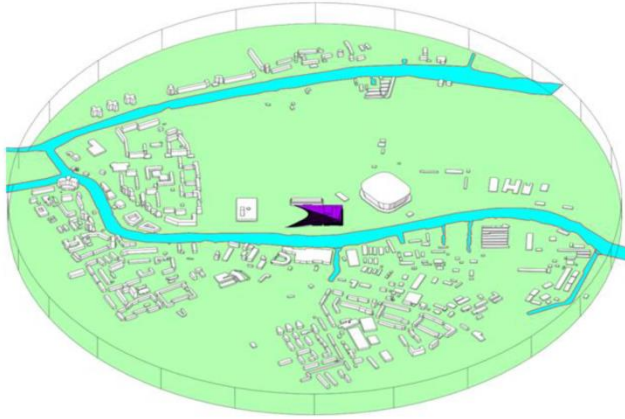
Комплексное НТС проектирования Объекта: **«Театр оперы и балета»** (г. Севастополь)



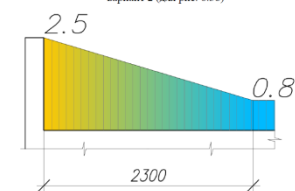
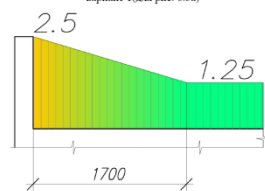
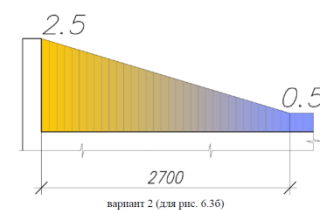
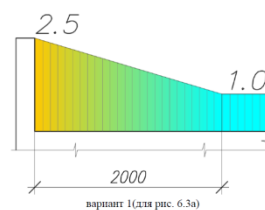
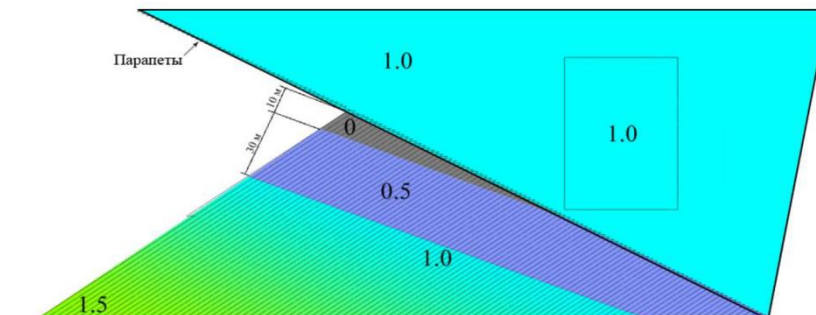
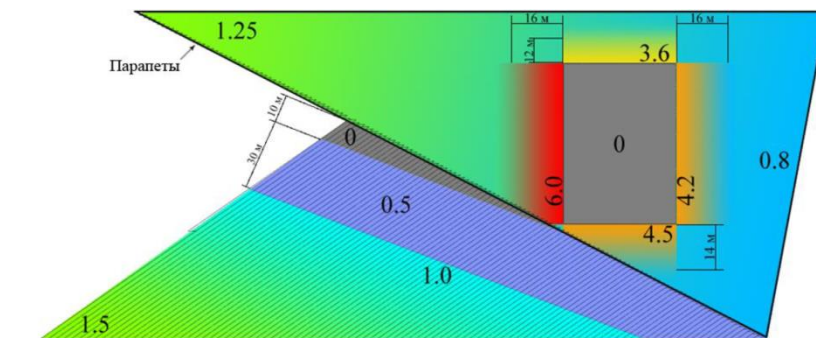
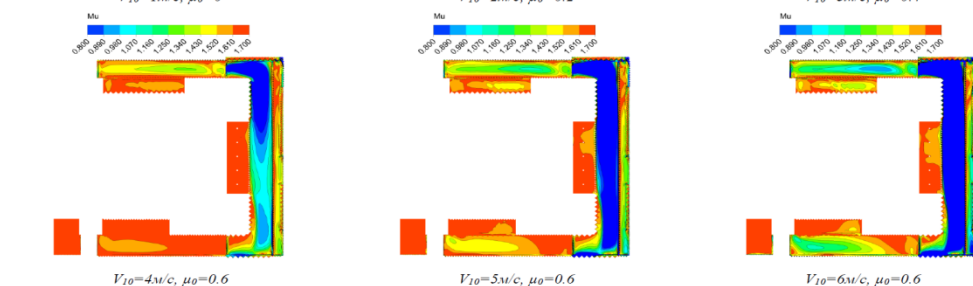
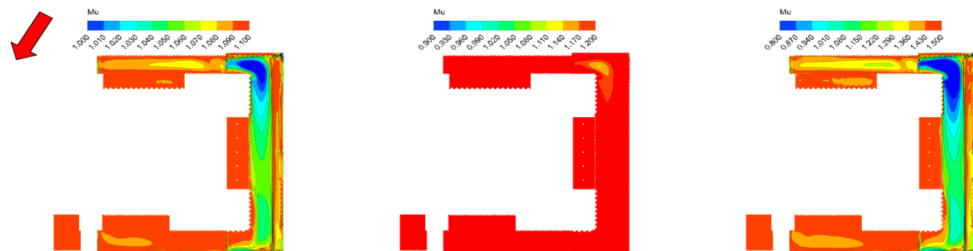
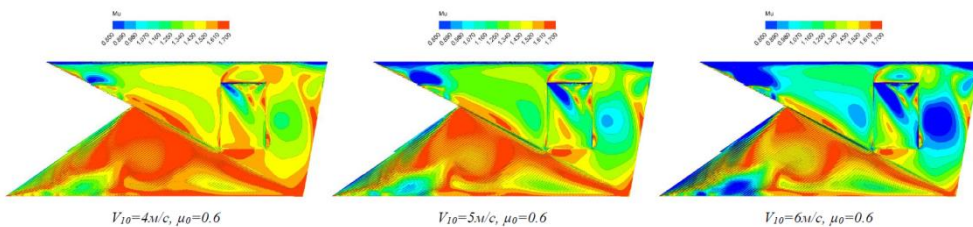
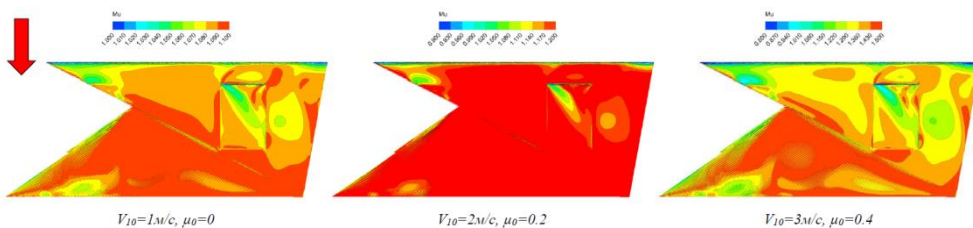
Комплексное НТС проектирования Объекта: **«Театр оперы и балета»** (г. Калининград)

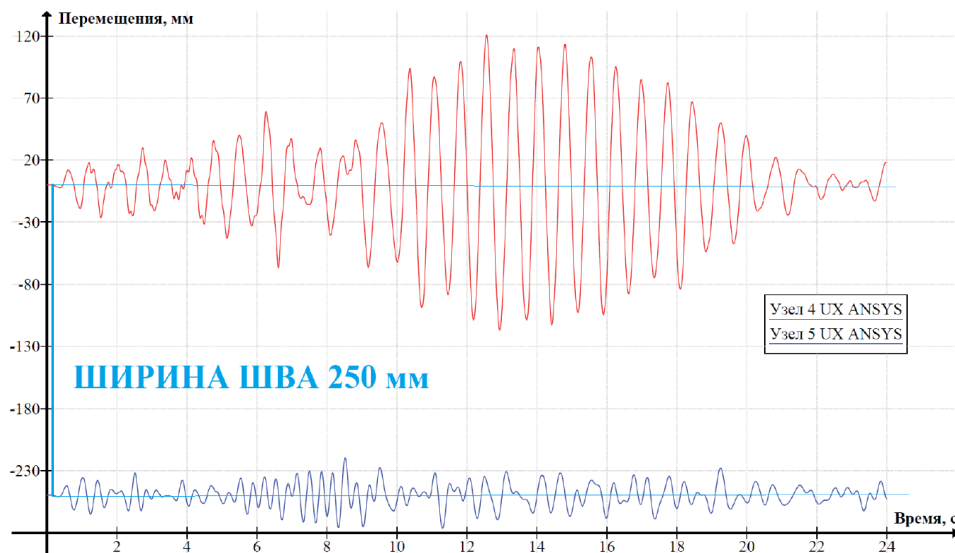
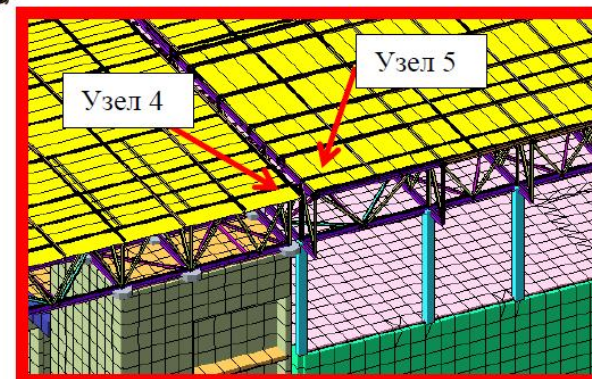
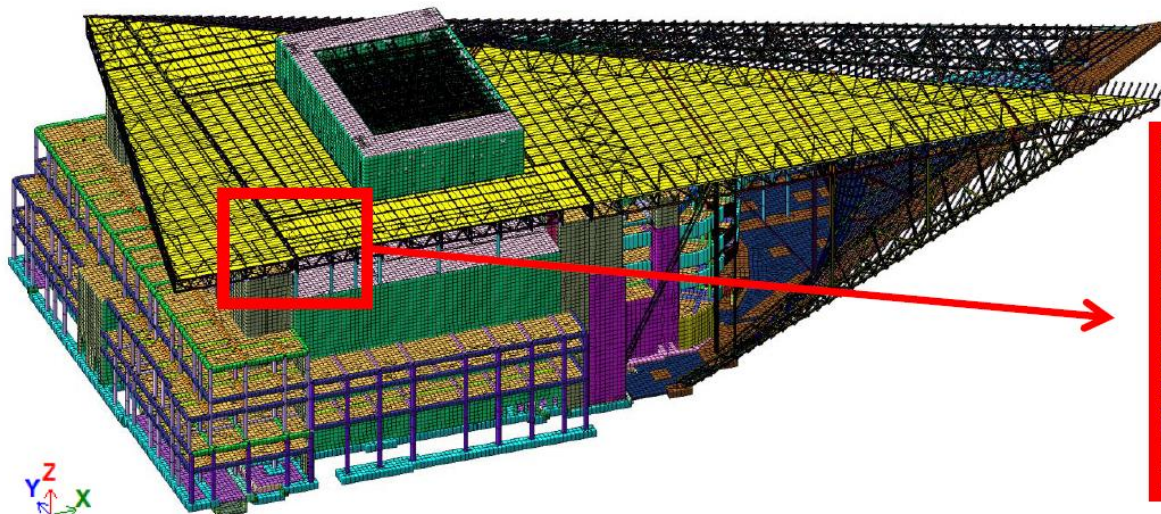




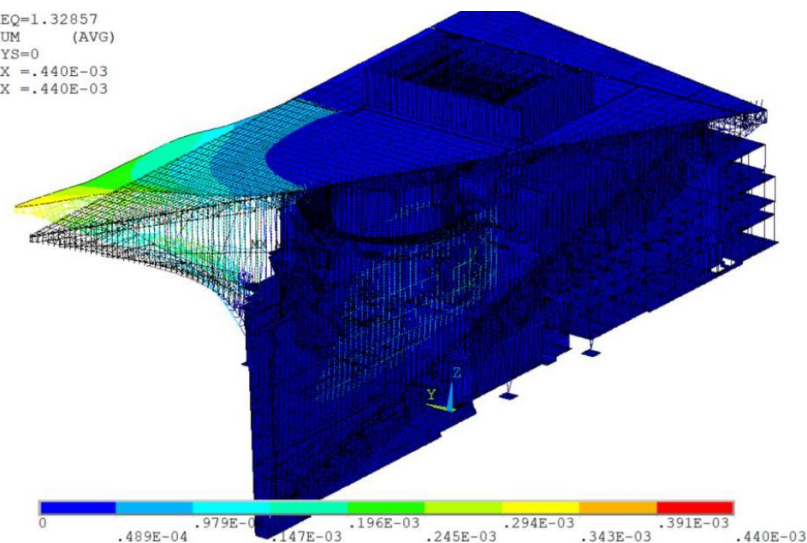


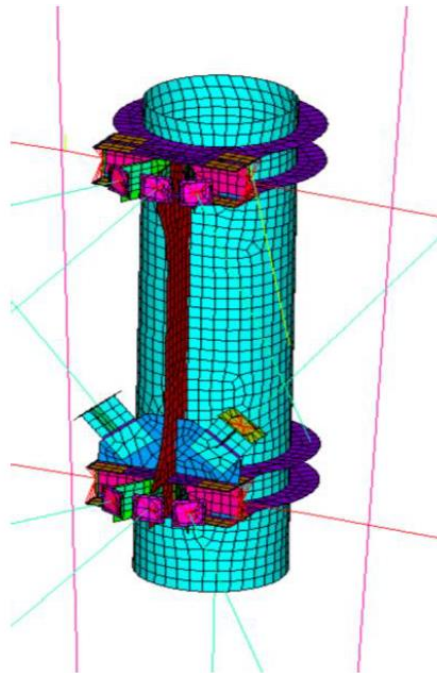
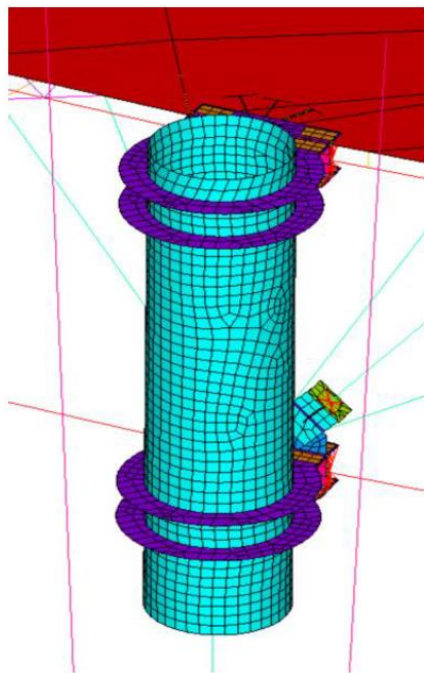




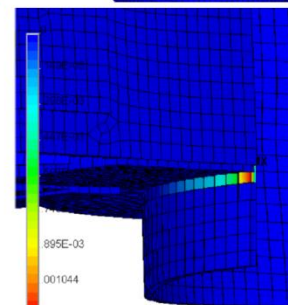
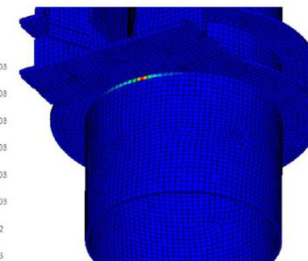
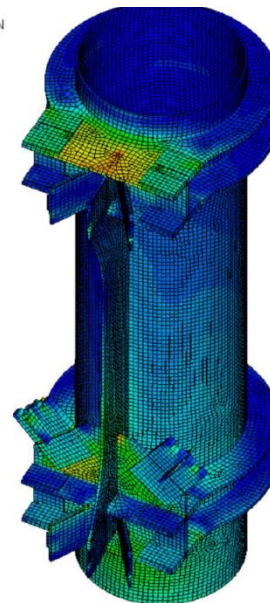
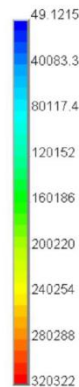


FREQ=1.32857  
USUM (AVG)  
RSYS=0  
DMX =.440E-03  
SMX =.440E-03



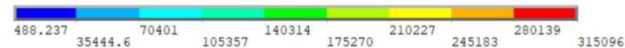
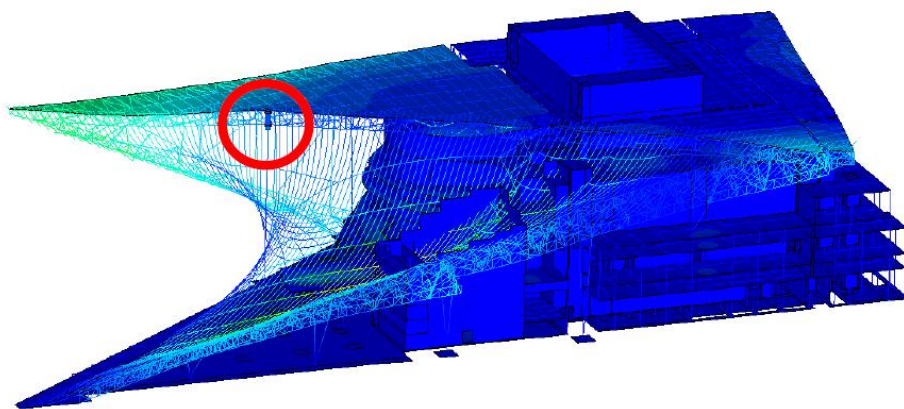
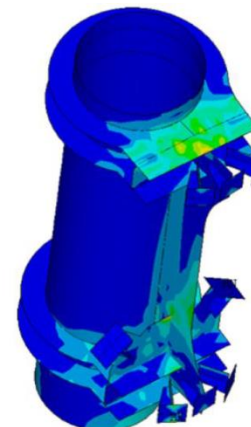


NODAL SOLUTION



NODAL SOLUTION

STEP=11  
SUB =1  
FREQ=11  
SEQV (AVG)  
DMX =.031224  
SMI =488.237  
SMX =315096



## Проблемы проведения комплексного научно-технического сопровождения

1. Российские нормы (СП 14..., СП 20...), «группа товарищей» на пути (поперек) прогресса
2. Статус и наполнение НТС проектирования и строительства уникальных объектов
3. Разработка Национального вычислительного комплекса (в строительстве). Актуально ли - как и на базе чего?
4. Должны быть определены и утверждены требования к авторам НТС
5. Вопросы НТС уникальных объектов должны решаться с участием государственной экспертизы, **но никак не по ее «указке» !**

## Девять с половиной **основных** правил реального **НТС**, не считая их 50-и оттенков

1. **НТС** проекта **должно быть** (для зданий/сооружений уникальных и КС-3)
2. **НТС** должно быть именно «**научно-техническим сопровождением**» проекта (а не его имитацией-фальсификацией)
3. Для успешной реализации п.2 **НТС** должен выполнять коллектив(ы)/фирма(ы) с репрезентативным опытом и актуальной научно-практической репутацией в этой области (никакой умозрительной «статусности» и фиктивных/купленных аттестатов/сертификатов и пр. макулатуры)
4. **НТС** должен предварять, сопровождать и обосновывать все этапы жизненного цикла зданий и сооружений. Для стадии проектирования - концепт, изыскания, стадии ПП и РД.
5. **СТУ** - важная составляющая часть, во многом определяющая состав, объем и инструментарий **НТС**



## Девять с половиной основных правил реального НТС, не считая их 50-ти оттенков

6. Определение, моделирование (математическое и/или физическое), назначение нагрузок, воздействий и аварийных ситуаций, их расчетных сочетаний - одна из основ **НТС**.
7. Альтернативные расчеты параметров механической безопасности (НДС, динамика, прочность и устойчивость) при основных и особых сочетаниях воздействий - не проформа, а наука и искусство, требующие должной организации, постоянного внимания и изрядной квалификации как проводящих **НТС**, так и «альтернативщиков».
8. Программные комплексы для альтернативных расчетов в рамках **НТС** - только верифицированные в РААСН или аттестованные в НТЦ ЯРБ Ростехнадзора
9. Сравнительный анализ результатов альтернативных расчетов, поиск и устранение (научными приемами) причин расхождения по критериальным параметрам, приведение их в приемлемое соответствие, выпуск исчерпывающего отчета и Заключения по НТС - важнейшие составляющие **НТС**
- 9 1/2. Ну, и кто бы что бы ни говорил, доказательное и результативное сопровождение результатов **НТС** в госэкспертизе - его, НТС проектирования, заключительный и важнейший аккорд.





**СПАСИБО  
ЗА ВНИМАНИЕ!**