



Национальный исследовательский университет

**Московский государственный строительный университет**

**Снижение эксплуатационных затрат  
в жизненном цикле мостовых сооружений  
за счет использования алюминия**

профессор, д.т.н. Коргин А.В.

2017 г.

## Железнодорожный мост (главный пролет) из алюминиевого сплава в США



- Год постройки: 1946
- Тип моста – железнодорожный
- Длина пролета – 30,5 м
- Главный пролет над рекой является единственным полностью алюминиевым железнодорожным пролетом в США. Построен Alcoa (при участии MSTR), чтобы продемонстрировать структурные свойства алюминия для строительства мостов
- Остальная часть моста был изготовлен Bethlehem Steel Co. и изготовлен из стандартной стали; на современных фотографиях хорошо заметна разница в коррозионной стойкости пролетов

# Транспортные и пешеходные мосты в Европе и Северной Америке из алюминиевых сплавов



Лион,  
Франция



Квебек,  
Канада



# Транспортные и пешеходные мосты в Европе и Северной Америке из алюминиевых сплавов





# Транспортные и пешеходные мосты в Европе и Северной Америке из алюминиевых сплавов





# Транспортные и пешеходные мосты из алюминиевых сплавов в России



Коломенский пешеходный мост в Санкт-Петербурге,  
построен в 1969 г.

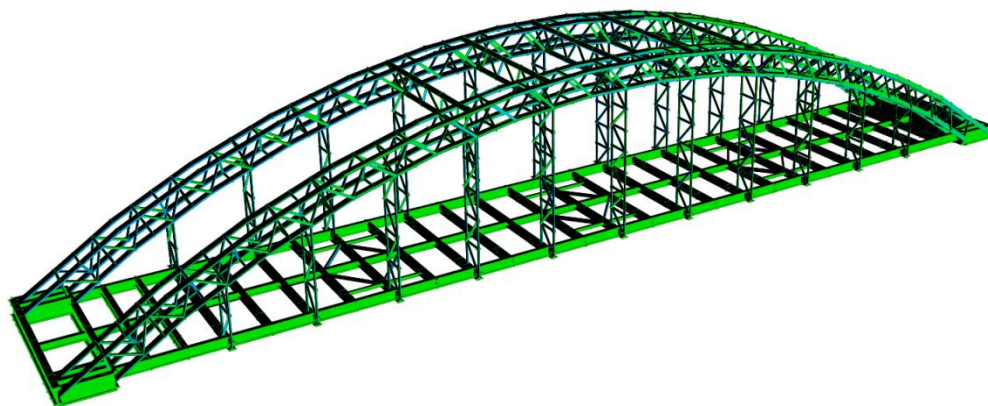
Транспортно-пешеходный  
мост, планируемый к  
постройке во Владивостоке  
в 2017 г.



# Пешеходный мост из алюминиевых сплавов в Нижегородской области возведение - июнь 2017 г. Пролет 38 м



Сборка моста на  
заводе в г. Чебоксары  
май 2017 г.



Численная модель пешеходного  
моста, планируемого к постройке  
в Нижнем Новгороде в 2017 г.



# Пешеходный мост из алюминиевых сплавов в Нижегородской области возведение - июнь 2017 г. Пролет 38 м

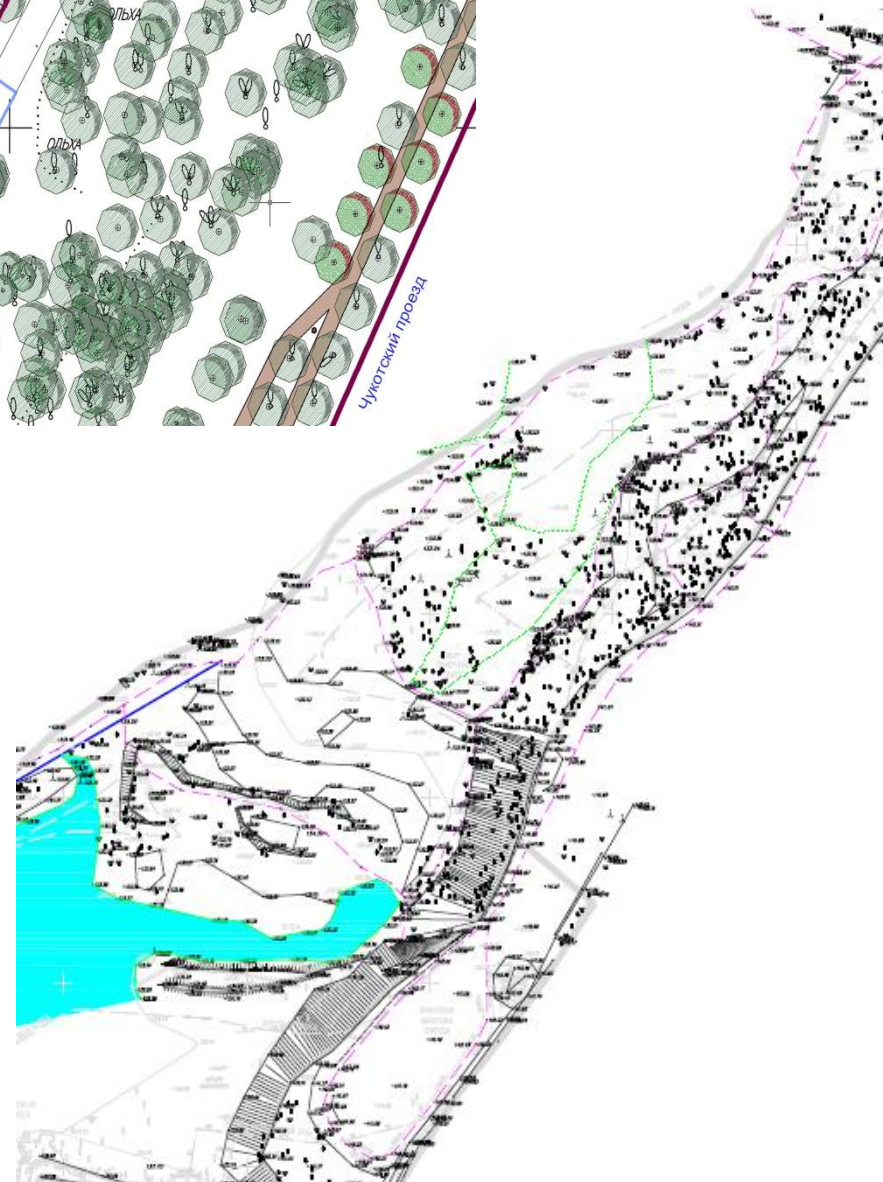
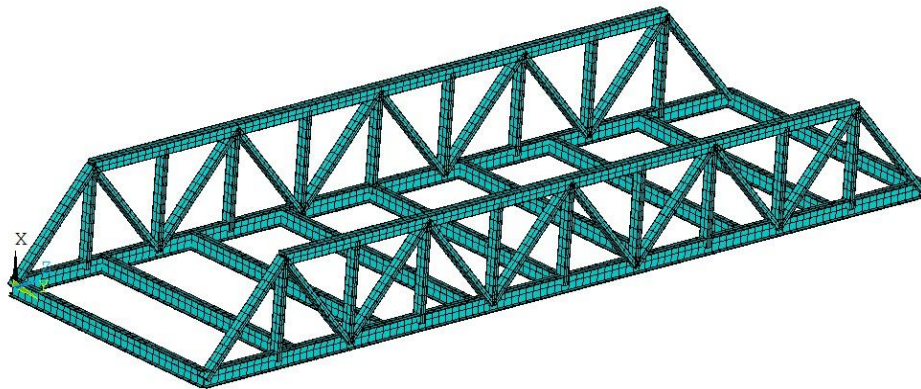
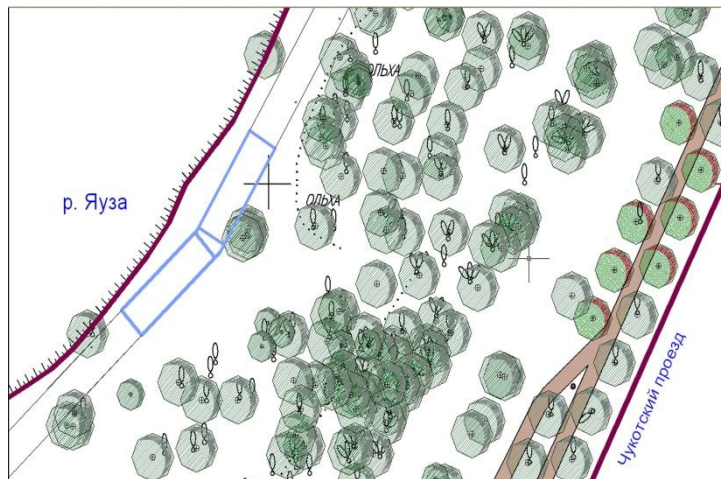


Монтаж моста в д.  
Афонино  
июнь 2017 г.





# Пешеходные мосты из алюминиевых сплавов в пешеходной зоне р. Яуза, г. Москва, возведение - 2017 г. Пролет 10 м



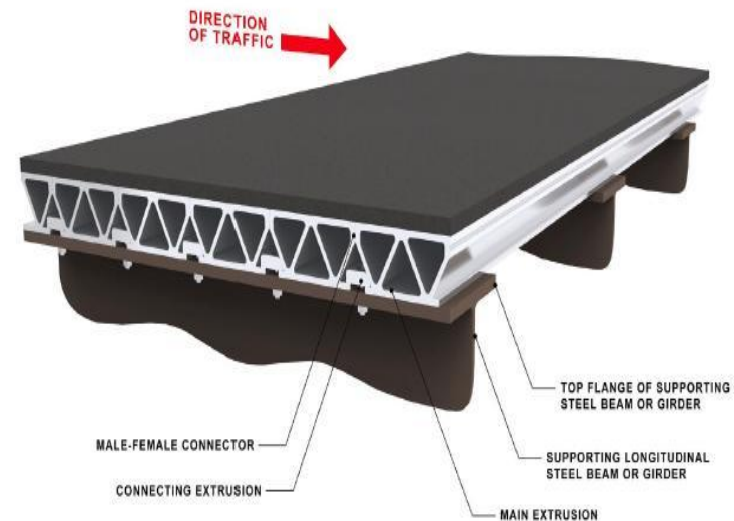
Численная модель пешеходных мостов, планируемого к постройке на р. Яузе в г. Москве в 2017 г.

## Экономико-социальные преимущества мостов из алюминиевых сплавов

- 1) Коммерческая выгода от применения более легких конструкций, что позволяет:
  - увеличить переменную нагрузку на мост при его обновлении;
  - снизить стоимость подъемных мостов и мостов с длинными пролетами, у которых вес конструкции является основной нагрузкой;
  - расширить существующие мосты путем добавления легких конструкций;
  - упростить сборку и строительство, снизить транспортные расходы.
- 2) Выгода с точки зрения развития окружающей среды:
  - минимизация потребления материалов;
  - снижение стоимости и влияния на окружающую среду от операций техобслуживания.
- 3) Преимущества от использования современных технологий изготовления конструкций из алюминиевых сплавов.
  - использования алюминиевых профилей с большим разнообразием поперечных сечений, (высотой до 600 мм и шириной до 400 мм);
  - повышение качества сборки крупногабаритных фрагментов в заводских условиях.
- 4) Конкурентная стоимость алюминиевых конструкций.
  - при оптимальном конструировании начальная стоимость алюминиевых конструкций может конкурировать со стальными конструкциями,
  - в течение полного жизненного цикла алюминиевые конструкции имеют преимущество за счет меньших затрат на техническое обслуживание и более длительного срока службы.



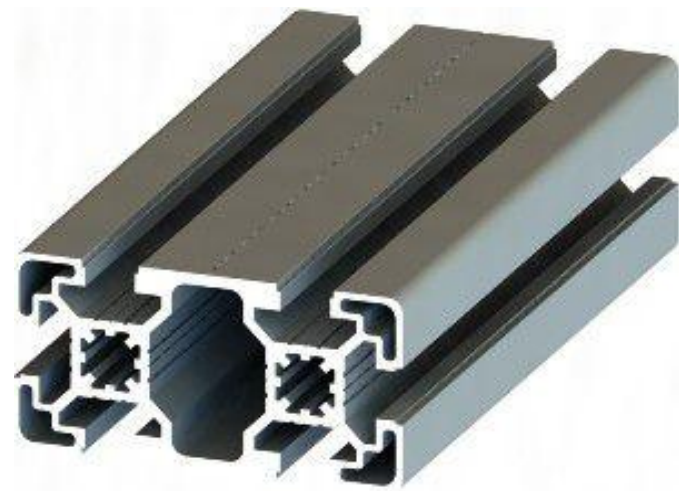
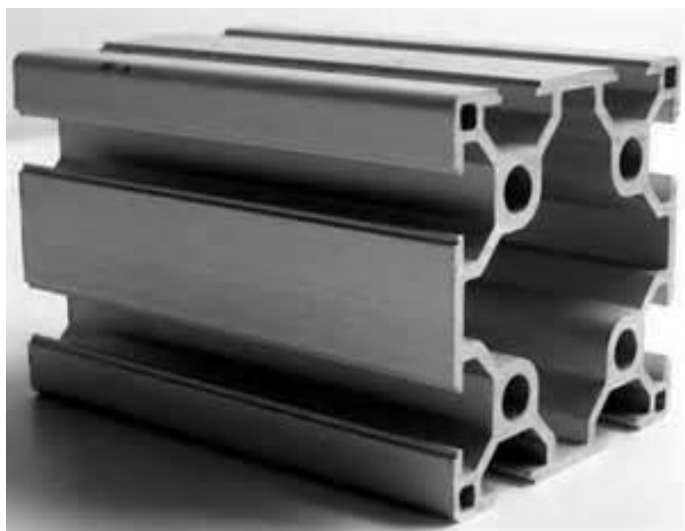
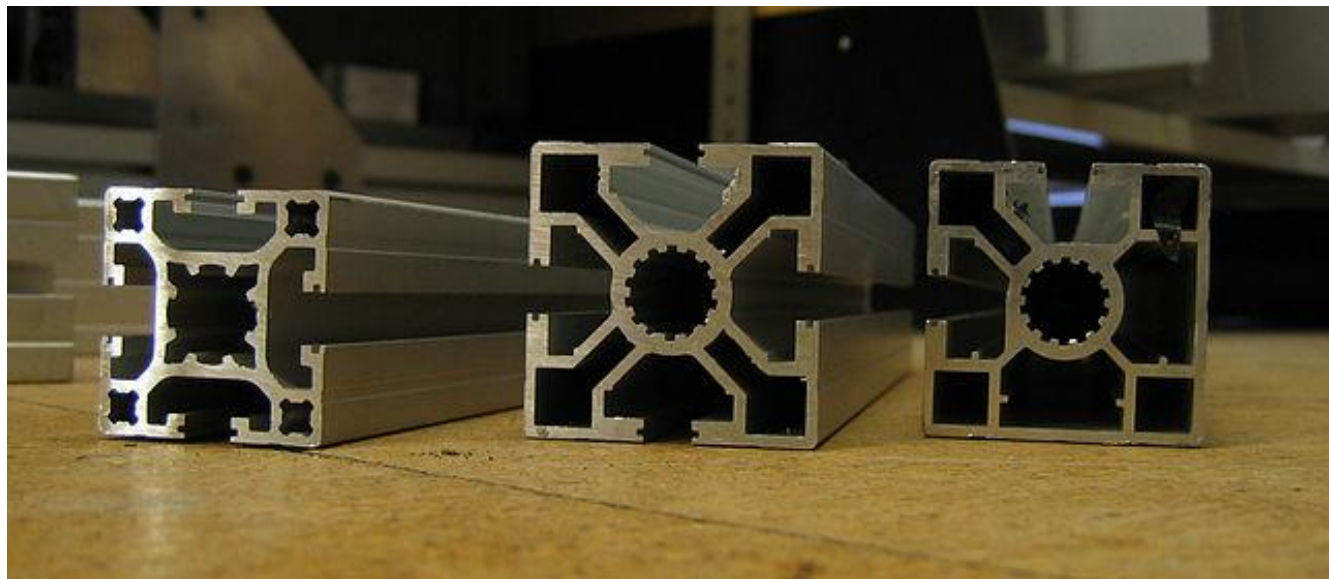
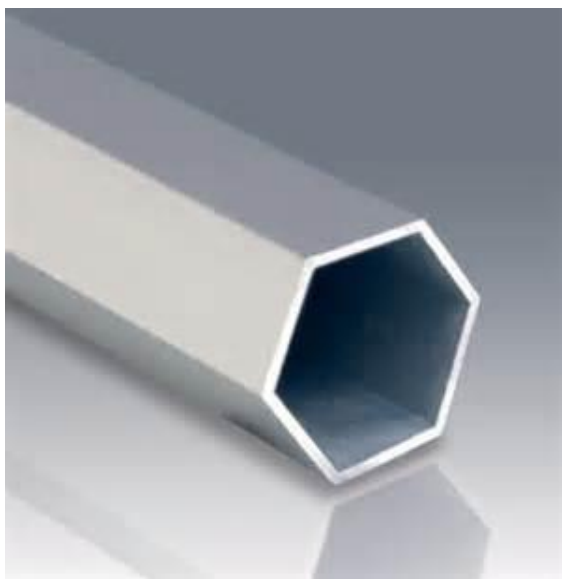
# Замена сталежелезобетонных плит пролетных строений на алюминиевые



## Упрощенные процедуры монтажа и установки мостов из алюминиевых сплавов



Современные технологии изготовления элементов конструкций с сечениями сложной конфигурации из алюминиевых сплавов методом экструзии





## Особенности использования алюминиевых сплавов в строительных конструкциях

### 1) Преимущества алюминиевых сплавов по сравнению со сталью:

- малый собственный вес;
- повышенная коррозионная стойкость;
- технологичность изготовления.

### 2) Недостатки алюминиевых сплавов по сравнению со сталью:

- повышенная деформативность за счет низкого модуля упругости;
- пониженная сопротивляемость усталостным разрушениям;
- повышенная чувствительность к концентрации напряжений;
- риск гальванической коррозии.

В настоящее время нормативная документация для проектирования мостов из алюминиевых сплавов в РФ **отсутствует**

СП 128.13330.2012

## СВОД ПРАВИЛ

---

### АЛЮМИНИЕВЫЕ КОНСТРУКЦИИ

#### Aluminium structures

---

Дата введения 2013–01–01

#### 1 Область применения

1.1 Настоящий свод правил устанавливает нормы проектирования строительных алюминиевых конструкций (или конструкций из алюминиевых сплавов) зданий и сооружений.

Нормы не распространяются на проектирование алюминиевых конструкций мостов и конструкций зданий и сооружений, подвергающихся многократному воздействию нагрузок (усталостная прочность), а также непосредственному воздействию подвижных или динамических нагрузок или воздействию температуры выше 100 °С.

1.2 При проектировании конструкций, находящихся в особых условиях эксплуатации, конструкций уникальных зданий и сооружений, а также специальных видов конструкций необходимо соблюдать требования, предусмотренные соответствующими нормативными документами, в которых отражены особенности работы этих конструкций.



## Особенности разрабатываемого свода правил для мостов из алюминиевых сплавов

### 1) Основа - нормативные документы РФ для строительства мостов

- СП 35.13330.2011 – Мосты и трубы;
- СП 128.13330.2012 – Алюминиевые конструкции.

### 2) Учет мирового опыта проектирования и строительства мостов из алюминиевых сплавов:

- Европа – Еврокоды 1, 9 (EN 1991-1-1, EN 1999-1-2, EN 1999-1-3);
- США – AASHTO LRFD BRIDGE, DESIGN SPECIFICATIONS – 2012;
- Канада – Canadian Highway Bridge, Design Code, CAN/CSA-S6-06 – 2010.

### 3) Использование современных подходов и методов для расчета и проектирования стальных металлических конструкций.

### 4) Проведение лабораторных, модельных, натурных и численных исследований для обоснование оптимального выбора:

- марок алюминиевых сплавов для строительства мостов;
- эффективных конструктивных решений пролетных строений, конструкционных элементов, соединительных узлов.



Национальный исследовательский университет (НИУ МГСУ)

**Использование ресурсов научно-технического комплекса  
Московского государственного строительного университета  
в области расширения применения алюминиевых сплавов  
и разработки нормативной документации  
для строительства мостов в Российской Федерации**

2017 г.



## ЭКСПЕРТНО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ И ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

- испытания металлов, стальной и композитной арматуры
- динамические испытания элементов строительных конструкций, а также крупноразмерных конструкций
- статические испытания бетонов и железобетонных конструкций

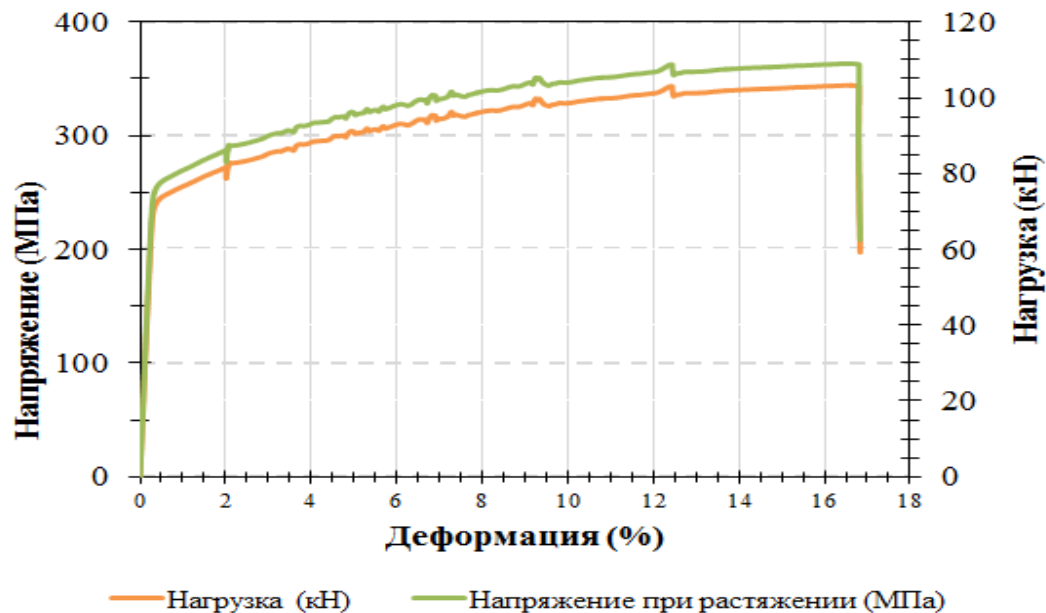


# Статические и динамические испытания образцов алюминиевых сплавов и соединений для производства мостов в РФ.

## Статическая прочность



Сплав 1915 Т. Образец 2  
 Диаграмма "Напряжение/Нагрузка-деформация"

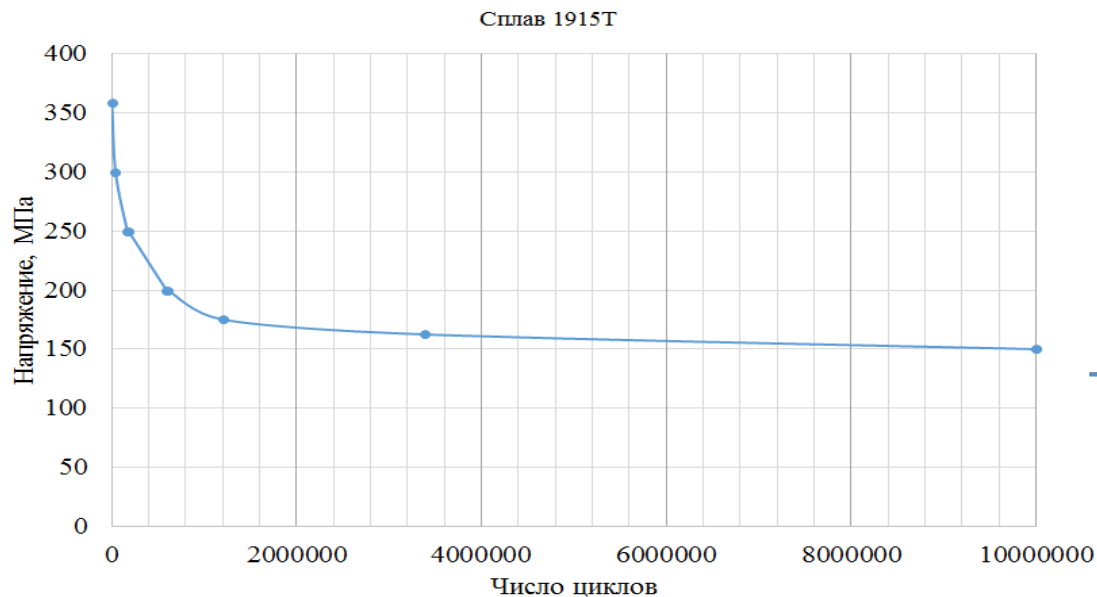


Номер образца	Маркировка образца	Площадь поперечного сечения (мм <sup>2</sup> )	Модуль упругости при растяжении (МПа)	Усилие при пределе текучести (кН)	Предел текучести (МПа)	Усилие при временном сопротивлении (кН)	Временное сопротивление (МПа)
1	1	289,06	93603,06	74,67	258,31	105,38	364,56
2	2	284,21	88311,04	73,66	259,17	103,32	363,52
3	3	288,12	85254,16	73,10	253,72	101,94	353,80
4	4	283,24	89498,06	72,09	254,51	101,64	358,84
5	5	294,00	90349,44	74,65	253,93	104,72	356,19
6	6	291,06	75314,02	73,27	251,74	104,07	357,55
<b>Среднее значение:</b>			<b>87054,96</b>	-----	<b>255,23</b>	-----	<b>359,08</b>
<b>Среднеквадратичное отклонение:</b>			<b>6361,92</b>	-----	<b>2,89</b>	-----	<b>4,21</b>
<b>Коэффициент вариации (%):</b>			<b>7,31</b>	-----	<b>1,13</b>	-----	<b>1,17</b>



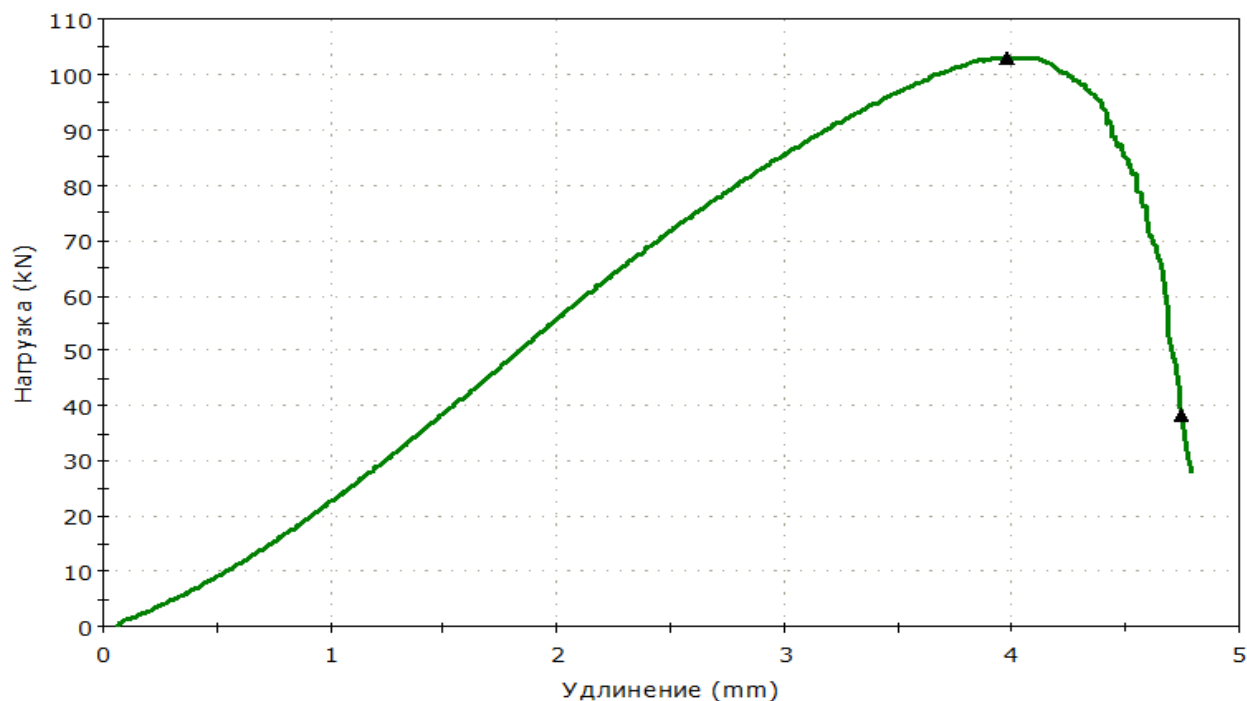
# Статические и динамические испытания образцов алюминиевых сплавов и соединений для производства мостов в РФ.

## Усталостная прочность



# Статические и динамические испытания образцов алюминиевых сплавов и соединений для производства мостов в РФ.

## Прочность сварных соединений



№ образца	Максимальная нагрузка (kN)	Максимальное удлинение при растяжении (mm)	Площадь среза (mm <sup>2</sup> )	Максимальные напряжения (МПа)
1	101,20390	4,52962	735,00	137,7
2	114,48827	5,02429	784,17	146,0
3	104,46474	5,76312	724,71	144,1
4	100,02805	5,30151	737,67	135,6
5	102,88725	4,99758	710,83	144,7
6	103,22828	4,72545	743,33	138,9
7	91,34781	4,41517	718,17	127,2
8	94,91081	4,28419	736,33	128,9
9	103,07035	4,65297	775,97	132,8

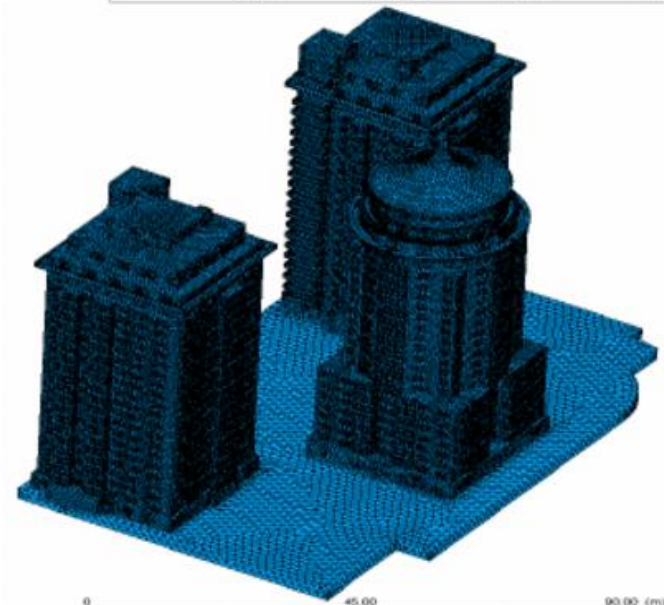
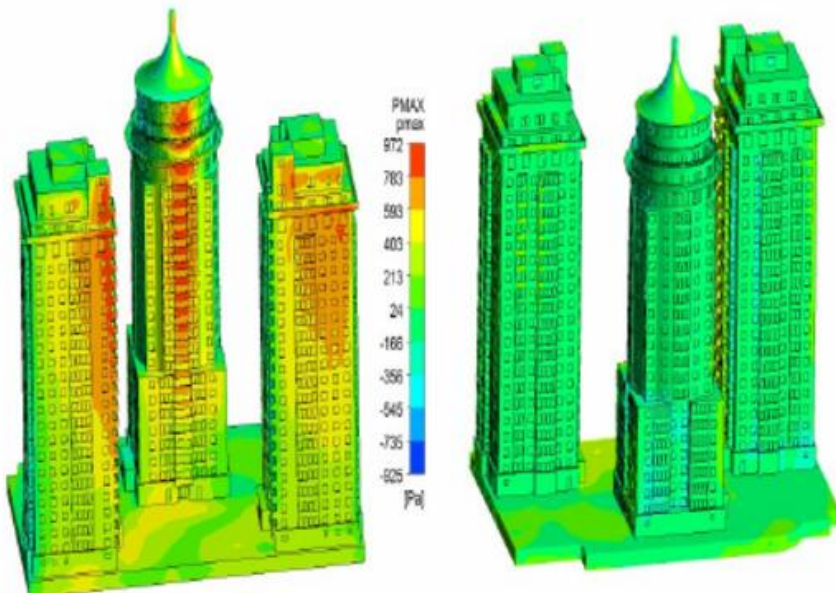
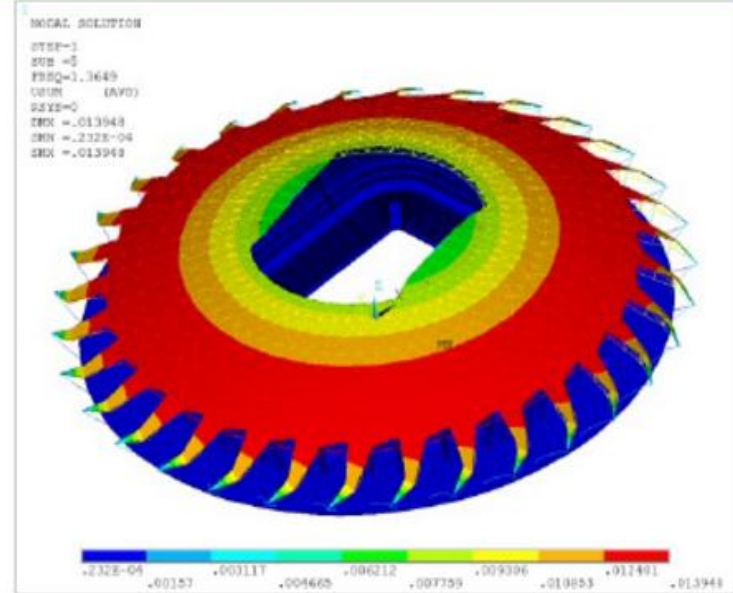


## СЕКТОР ИСПЫТАНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

- проведение статических и циклических испытаний крупногабаритных конструкций



- решение актуальных задач математического моделирования поведения уникальных конструкций, зданий, сооружений и комплексов:  
*ANSYS Mechanical, MSC NASTRAN, ABAQUS, LS-DYNA, SCAD, MicroFE, Stark, Robot Millennium, PLAXIS*





## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

### ЛАБОРАТОРИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

- Качественный и количественный анализ органических и неорганических проб.
- Анализ микроструктуры.
- Элементный анализ.
- Термический анализ и калориметрия.
- Газовая хроматография и масс-спектрометрия.
- Анализ гранулометрического состава.
- Эталонная порометрия.



## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ЛАБОРАТОРИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

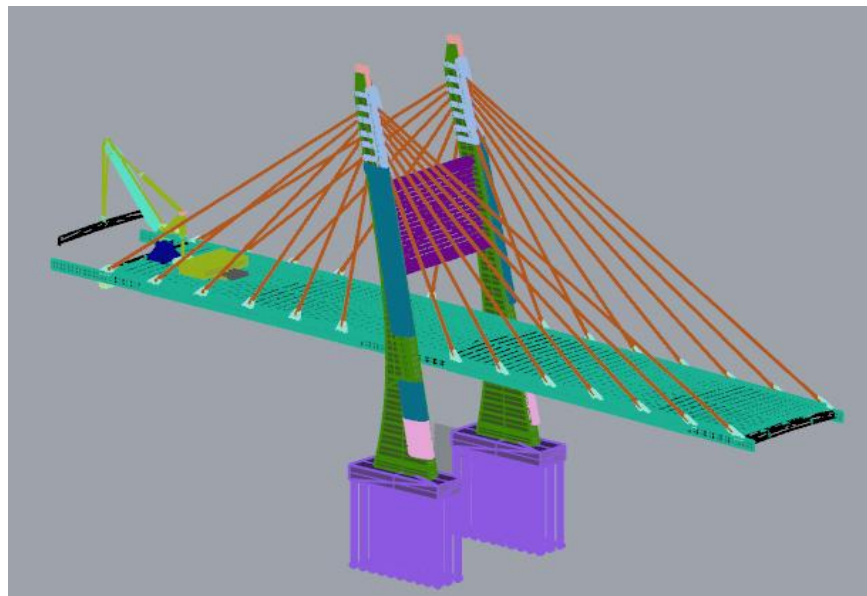
- Испытания строительных материалов на морозостойкость, оценка долговечности строительных конструкций.
- Симуляция воздействия солнечного света.
- Создание условий солевого тумана для имитации морского климата.
- Разработка новых методов испытаний по техническому заданию заказчика







Компьютерное и физическое моделирование в аэродинамической трубе работы вантового моста через корабельный фарватер в Санкт-Петербурге





## НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ИНЖЕНЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И МОНИТОРИНГА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

### Мониторинг объектов:

- высотные сооружения (более 75 м)
- большепролетные сооружения (более 36 м)
- уникальные сооружения - особые конструкции и конструктивные схемы
- мосты, дамбы, тоннели
- территории с сейсмичностью более 9 баллов



## ЕВРОПЕЙСКИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ



Руководства проектировщиков по применению Еврокодов EN 1990 - EN 1999

Пособие для студентов строительных специальностей «Выдержки из строительных Еврокодов»



## ПО ЗАКАЗУ ФЕДЕРАЛЬНОГО ДОРОЖНОГО АГЕНТСТВА РФ

Руководства для проектировщиков:

- к Еврокоду 1: Воздействия на мосты
- EN 1992-2: Проектирование железобетонных конструкций. Часть 2: Железобетонные мосты
- EN 1993-2 Проектирование стальных конструкций. Часть 2: Стальные мосты
- EN 1994-2 Проектирование сталежелезобетонных конструкций. Общие правила и правила для

МОСТОВ

- EN 1998-2 Проектирование мостов с учетом сейсмостойкости





**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !**