



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.

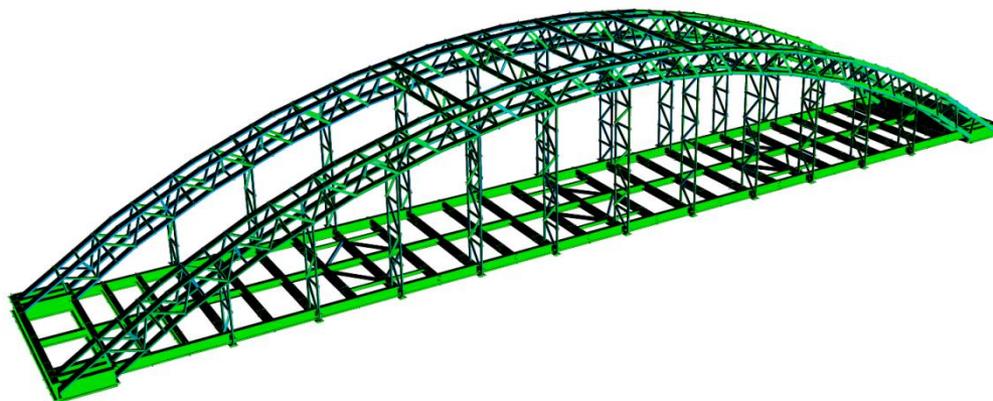
Транспортно-пешеходный
мост, планируемый к
постройке во Владивостоке
в 2017 г.



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.

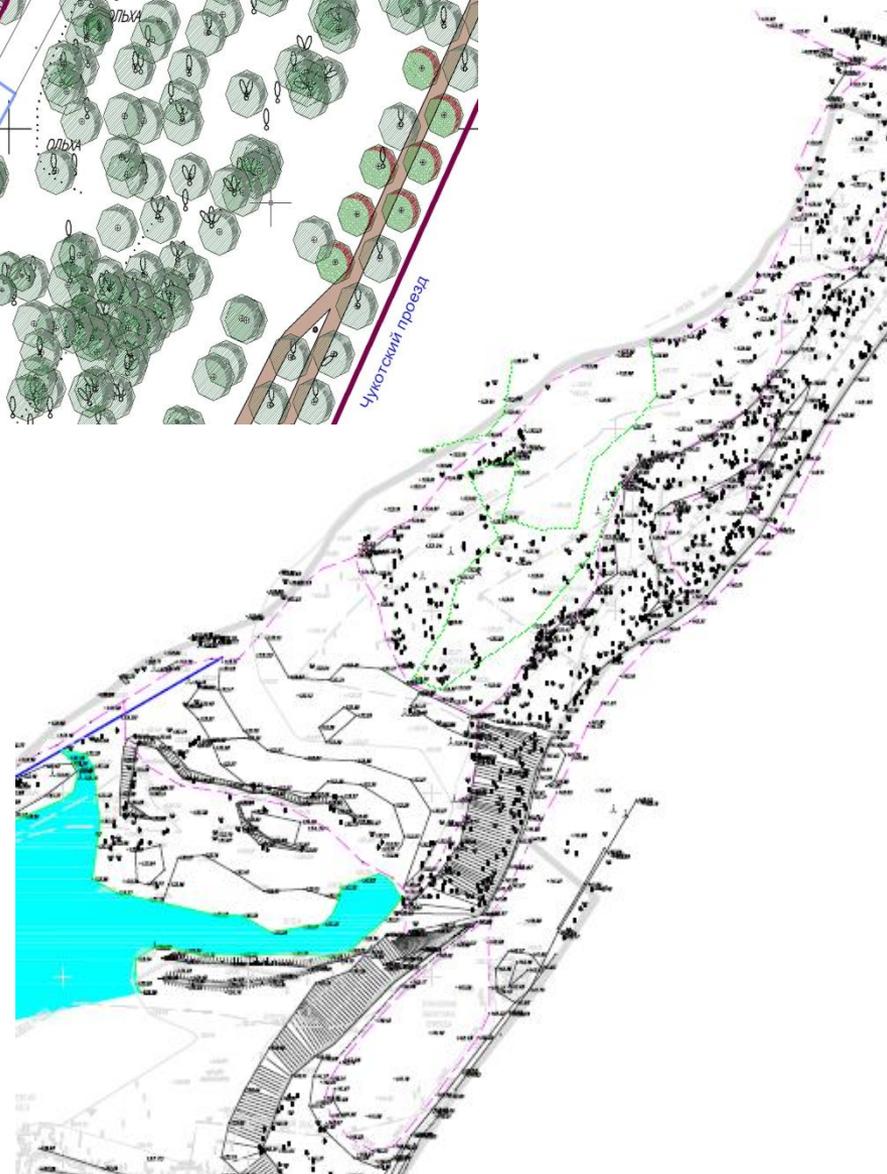
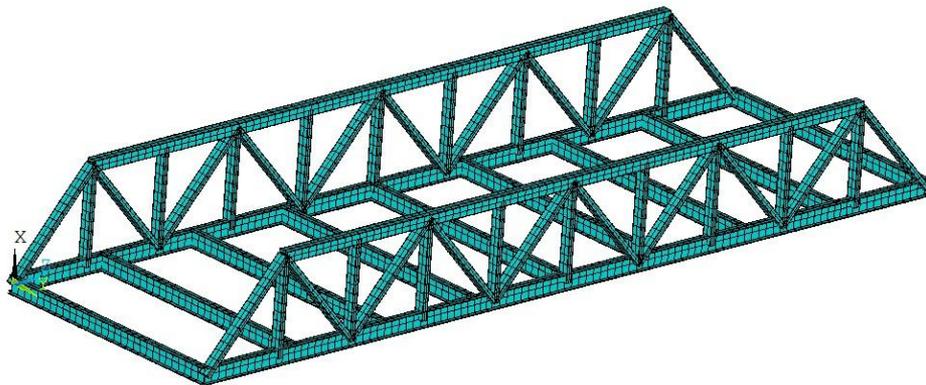
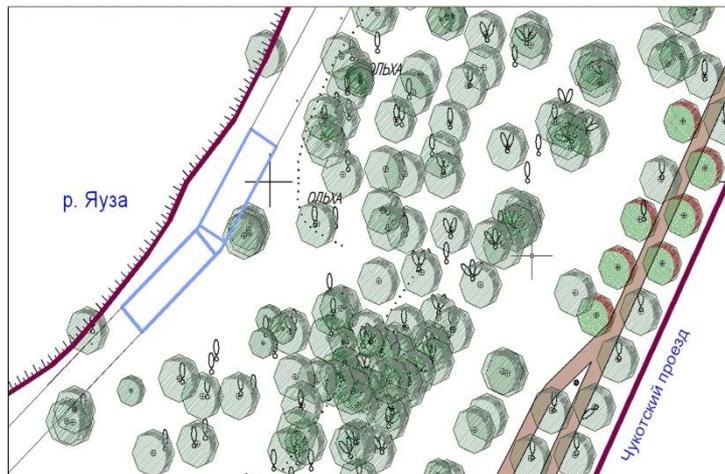
Пешеходный мост из алюминиевых сплавов в Нижегородской области возведение - июнь 2017 г. Пролет 38 м



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

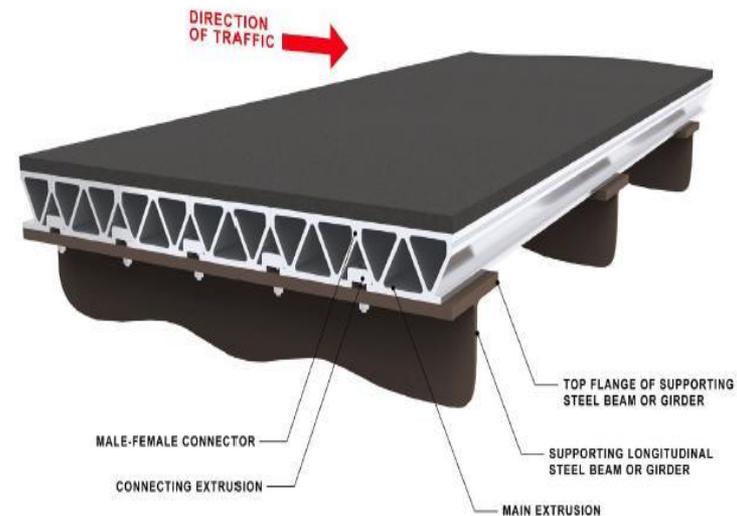


Численная модель пешеходных мостов, планируемого к постройке на р. Яузе в г. Москве в 2017 г.

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.

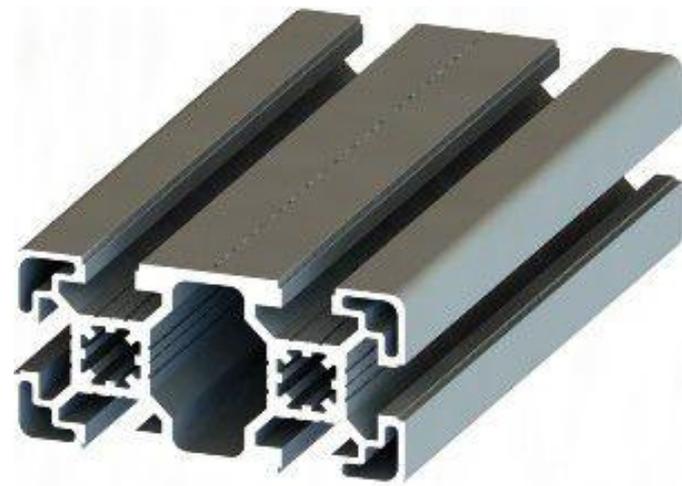
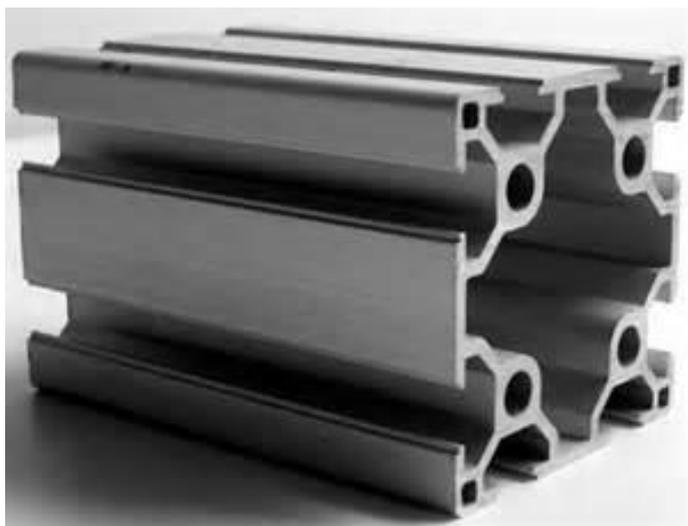
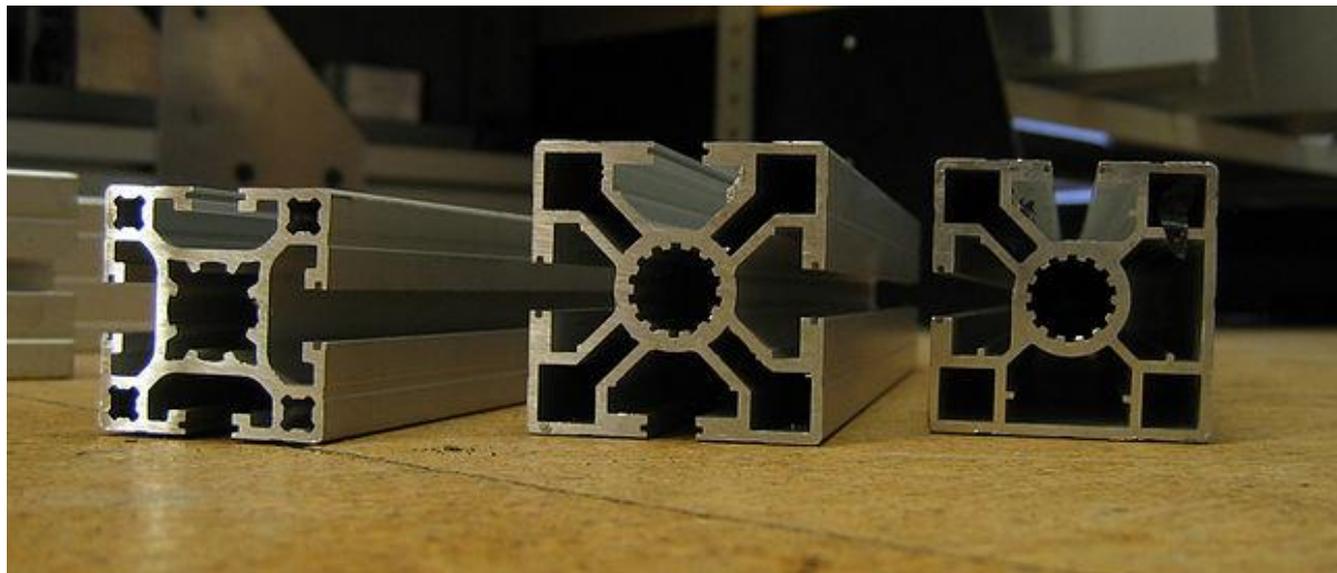
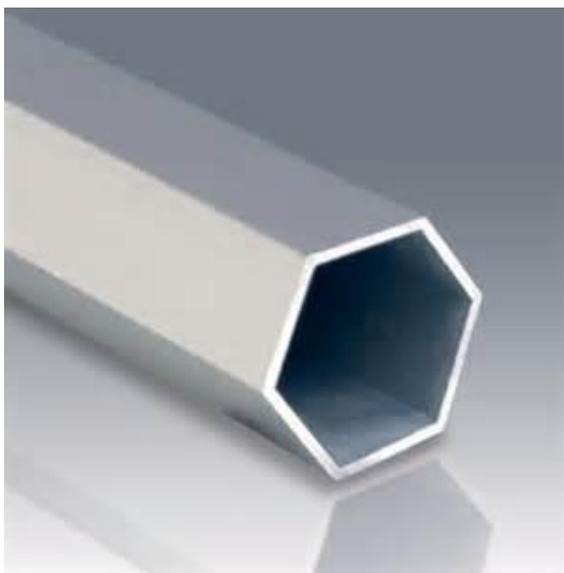
Замена сталежелезобетонных плит пролетных строений на алюминиевые



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

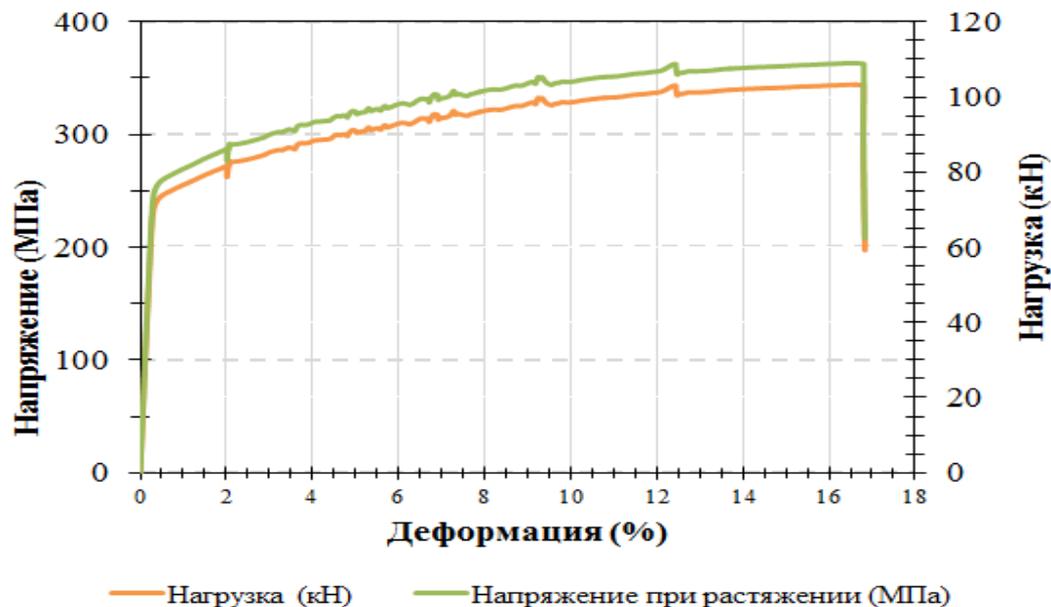


Статические и динамические испытания образцов алюминиевых сплавов и соединений для производства мостов в РФ.

Статическая прочность



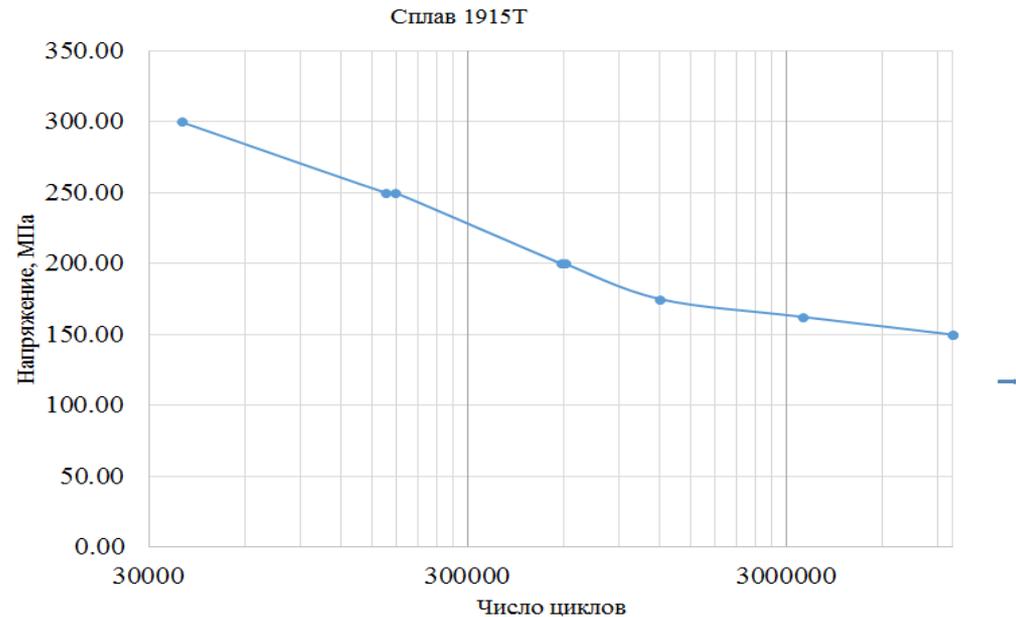
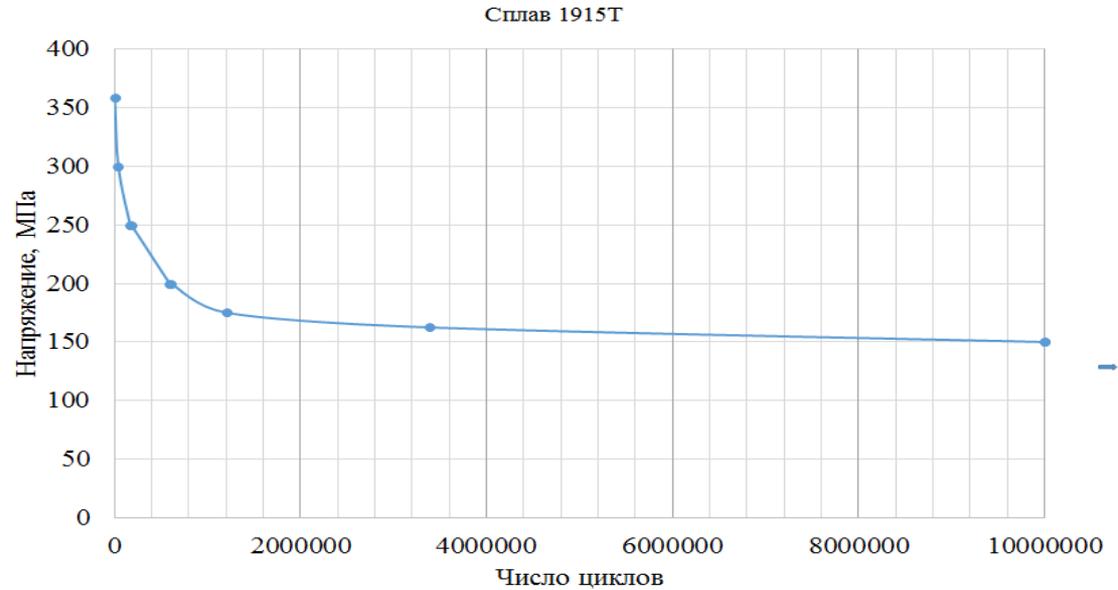
Сплав 1915 Т. Образец 2
 Диаграмма "Напряжение/Нагрузка-деформация"



Номер образца	Маркировка образца	Площадь поперечного сечения (мм ²)	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
Среднее значение:			87054,96	-----	255,23	-----	359,08
Среднеквадратичное отклонение:			6361,92	-----	2,89	-----	4,21
Коэффициент вариации (%):			7,31	-----	1,13	-----	1,17

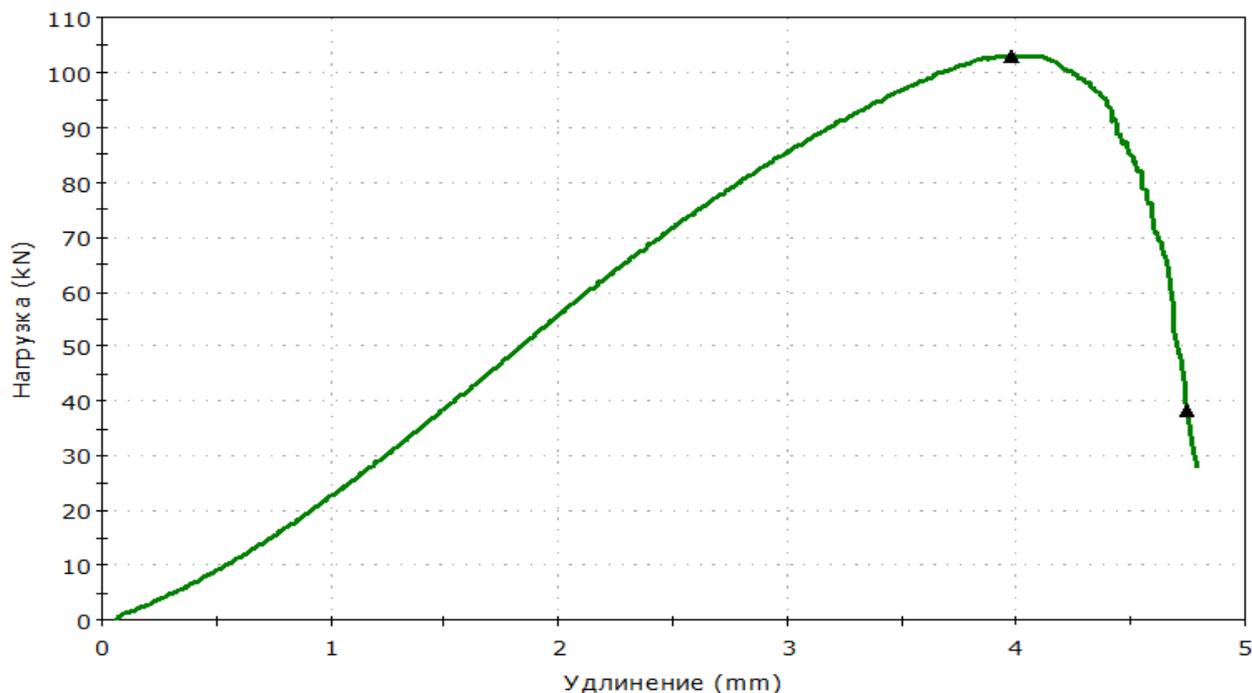
Статические и динамические испытания образцов алюминиевых сплавов и соединений для производства мостов в РФ.

Усталостная прочность



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

Прочность сварных соединений



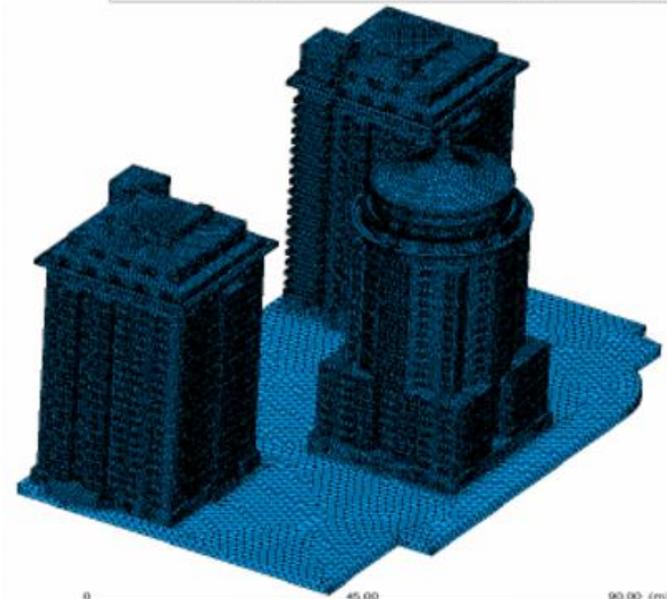
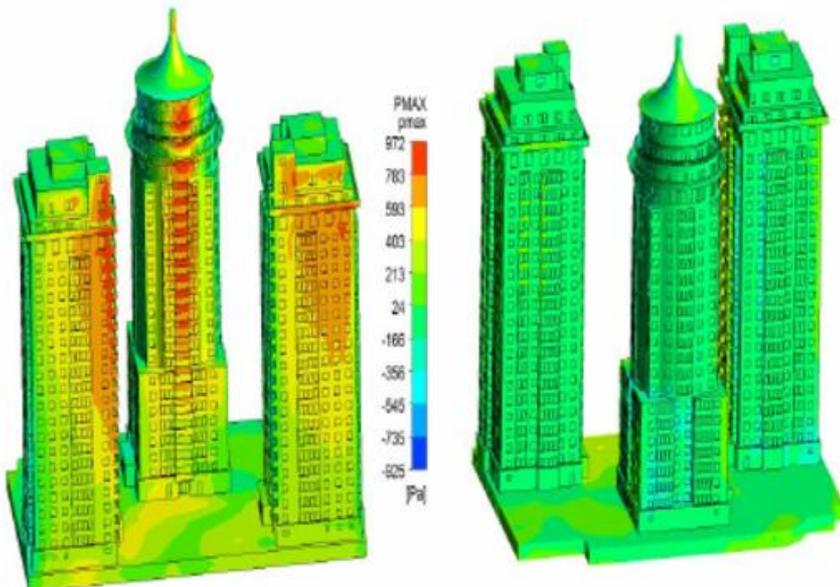
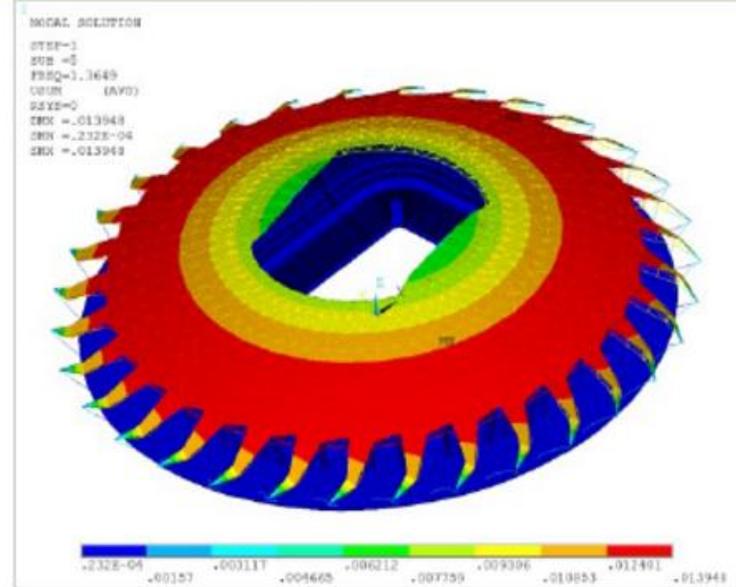
№ образца	Максимальная нагрузка (kN)	Максимальное удлинение при растяжении (mm)	Площадь среза (mm ²)	Максимальные напряжения (MPa)
1	101,20390	4,52962	735,00	137,7
2	114,48827	5,02429	784,17	146,0
3	104,46474	5,76312	724,71	144,1
4	100,02805	5,30151	737,67	135,6
5	102,88725	4,99758	710,83	144,7
6	103,22828	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

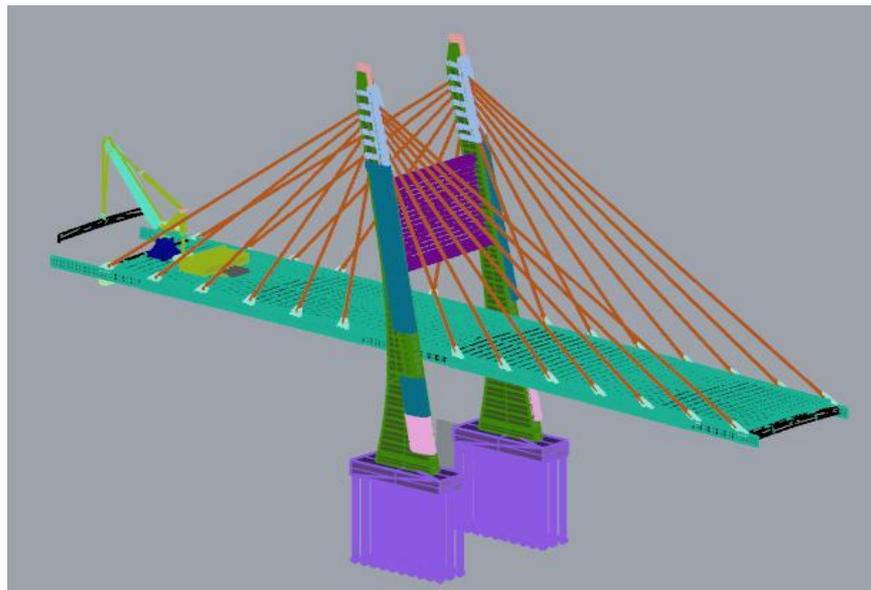
ЛАБОРАТОРИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

- 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



bsi.



**Руководства проектировщиков
по применению Еврокодов EN 1990 - EN 1999**

**Пособие для студентов строительных специальностей
«Выдержки из строительных Еврокодов»**

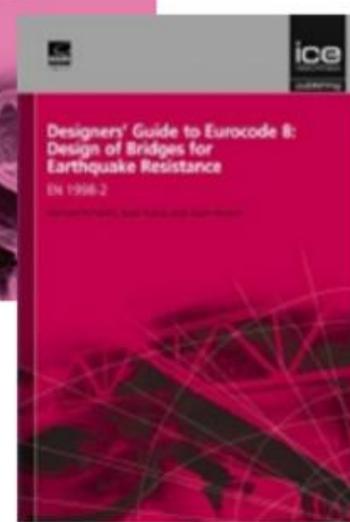
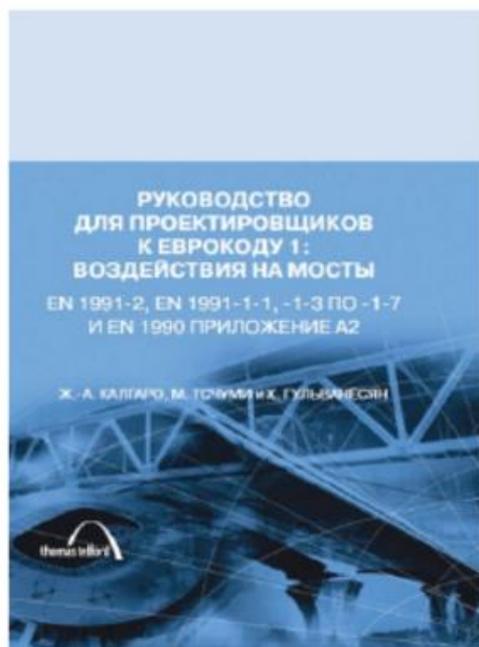
ПО ЗАКАЗУ ФЕДЕРАЛЬНОГО ДОРОЖНОГО АГЕНТСТВА РФ

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 !