



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ № 2

Алюминиевые конструкции в строительстве



Алюминиевые конструкции в строительстве

1. Алюминиевые сплавы для строительных конструкций

В качестве основных сплавов, применяемых для несущих строительных конструкций выделяют следующие:

- АД35Т и АД35Т1
- 6082Т6
- 1915Т и 1915Т1
- 1565чМ

Для отечественных алюминиевых сплавов используются буквенно-цифровая и цифровая системы обозначений. ГОСТ 4784 «Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки» дает маркировку сплавов тремя способами: как в буквенно-цифровом виде, так и только в цифровом виде, а также и с учетом требований международного стандарта (международная маркировка) ИСО 209-1 (ISO 209-1 Wrought aluminium and aluminium alloys - Chemical composition and forms of products - Part 1: Chemical composition). При этом цифровая маркировка по ГОСТ не совпадает с международной маркировкой алюминиевых сплавов.

Марка	Группа сплавов, основная система легирования
1000-1018	Технический алюминий
1019, 1029 и т.д	Порошковые сплавы
1020-1025	Пеноалюминий
1100-1190	Al-Cu-Mg, Al-Cu-Mg-Fe-Ni
1200-1290	Al-Cu-Mn, Al-Cu-Li-Mn-Cd
1300-1390	Al-Mg-Si, Al-Mg-Si-Cu
1319, 1329 и т. д	Al-Si, порошковые сплавы САС
1400-1419	Al-Mn, Al-Be-Mg
1420-1490	Al-Li
1500-1590	Al-Mg
1900-1990	Al-Zn-Mg, Al-Zn-Mg-Cu

Первая цифра обозначает основу алюминиевого сплава. Вторая цифра обозначает основной легирующий компонент или основные легирующие компоненты. Последние две цифры в цифровом обозначении алюминиевого сплава - это его порядковый номер. Последняя цифра несет дополнительную информацию: сплавы, оканчивающиеся на нечетную цифру - деформируемые, на четную – литейные, 7 – проволочный сплав, 9 – металлокерамический сплав.

Для указания состояния деформированных полуфабрикатов, изготавливаемых из алюминиевых сплавов, используется буквенно-цифровая система обозначений после марки сплава. Без обозначения - значит без термической обработки.

Т – закаленный и естественно состаренный;

Т1, Т6 – закаленный и искусственно состаренный на максимальную прочность

Н – нагартованный

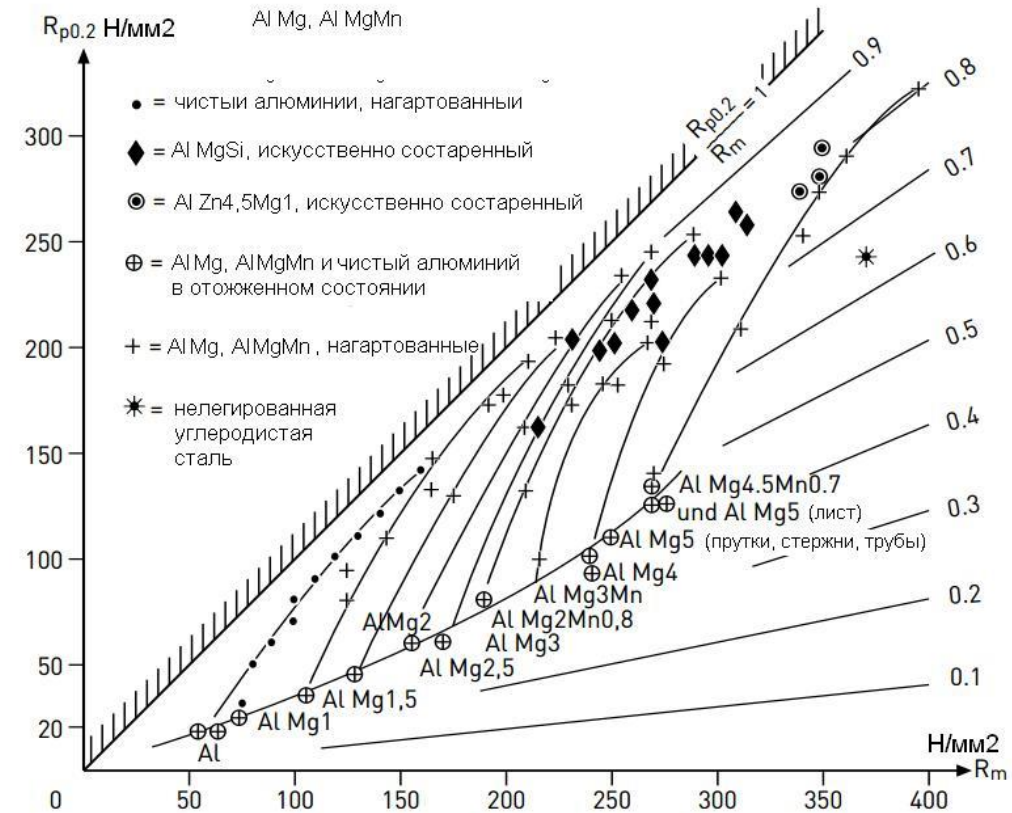
М – мягкий отожженный

Алюминиевые конструкции в строительстве

2. Основные характеристики

- Модуль упругости $E = 7 \times 10^5$ МПа
- Коэффициент Пуассона = 0,33
- Предел прочности $\sigma_B = 200-500$ МПа
- Предел текучести $\sigma_{0,2} = 80-360$ МПа
- Предел выносливости $\sigma_{-1} = 55-120$ МПа
- Средняя плотность = 2700-2770 кг/м³
- Декремент колебания = 0,2
- Температура плавления = 660 °С
- Температура (упругости) = 200 °С
- Твердость по Бринеллю = 40-150 НВ
- Удельная теплоемкость = 897 Дж/кг·К
- Относительное удлинение - до 35%
- Температурный коэффициент линейного расширения = $24,6 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$
- Холодная прочность = при -195 °С рост предела текучести до 25%

Параметр сплава	Пределы выносливости σ_{-1} , текучести σ_T , временное сопротивление σ_B , МПа, для сплавов марок		
	1915Т	АД35Т1	1565чМ
σ_{-1}	100	65	55
σ_0	150	105	90
σ_T	240	205	180
σ_B	360	320	270



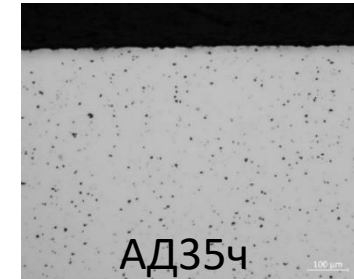
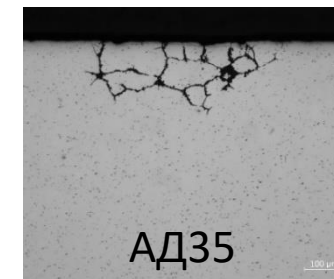
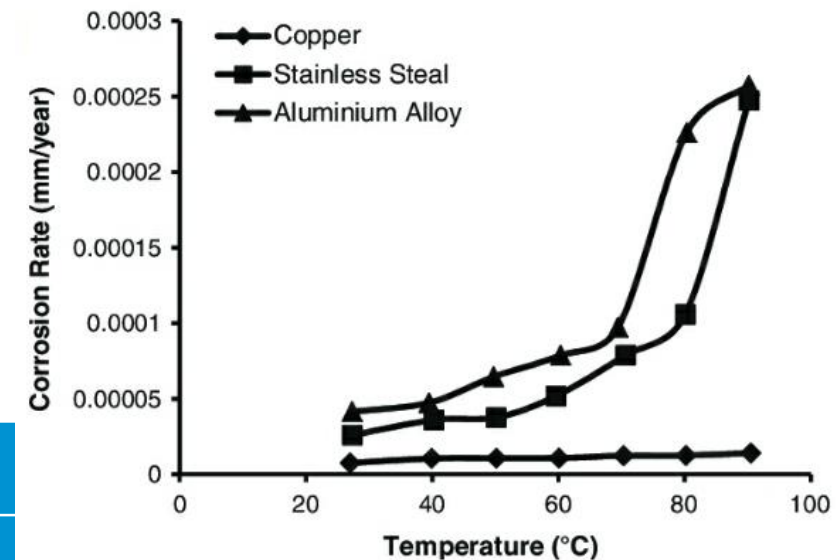
Алюминиевые конструкции в строительстве

3. Коррозионная стойкость

Для многих современных алюминиевых сплавов характерно наличие высокой коррозионной стойкости от атмосферных осадков, что исключает необходимость дополнительной обработки. В качестве дополнительной защиты можно выполнить анодирование алюминиевых профилей (нанесение тонкого слоя оксидной пленки). Анодированное покрытие обладает еще и высокими показателями к механическому воздействию, его сложно повредить. Данное покрытие также защищает алюминий от соляных растворов, например, дорожных реагентов зимой.

Коррозионная стойкость алюминиевых сплавов без анодирования показывает результат сопоставимый с нержавеющей сталью до 70 °С.

Новый сплав АД35ч показывает на 15-20% более лучшие результаты по коррозионной стойкости по сравнению с предыдущими поколениями этого же сплава. Это достигается за счет «вычищение» сплава от примесей к исходному состоянию.



Сплав	Механические свойства при растяжении, МПа			Коррозионные характеристики		MIG	СТП
	σв, МПа	σ _{0,2} , МПа	δ, %	МКК, мм	РСК, балл		
АД35ч Русал	320	290	15	нет	1	0,6	0,75
6082	300	280	10	до 0,1	1	0,6	0,73

Алюминиевые конструкции в строительстве

3. Коррозионная стойкость

Непосредственный контакт стали и алюминия невозможен в силу разной **электрохимической активности**. Менее отрицательный по потенциалу разрушает более отрицательный по таблице:

Li	Cs	K	Ba	Ca	Na	Mg	Al	Mn	Zn	Fe	Co	Ni	Sn	Pb	H ₂	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
-3,04	-3,01	-2,92	-2,90	-2,8	-2,7	-2,3	-1,6	-1,1	-0,7	-0,4	-0,3	-0,2	-0,14	-0,1	0	+0,3	+0,79	+0,8	+1,2	+1,5
Li ⁺	Cs ⁺	K ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Fe ²⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Sn ²⁺	Pb ²⁺	2H ⁺	Cu ²⁺	Hg ²⁺	Ag ⁺	Pt ²⁺	Au ³⁺

ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ СЕРИЯ

- 1- Магний
- 2- Цинк
- 3- Алюминий
- 4- Железо
- 5- Сталь
- 6- Никель
- 7- Нержавеющая сталь серии 400
- 8- Олово
- 9- Свинец
- 10- Латунь
- 11- Медь
- 12- Бронза
- 13- Нержавеющая сталь серии 300
- 14- Серебро
- 15- Золото

Для более точной оценки коррозии на контакте металлов оценивают **электрохимическую коррозию**, когда контакт двух разных по потенциалу металлов осуществляется в среде электролита, например вода или влажная среда «Жертвенным» анодом («+») выступает металл находящийся выше по списку. Например для стали (катод «-») анодом является цинк и алюминий.

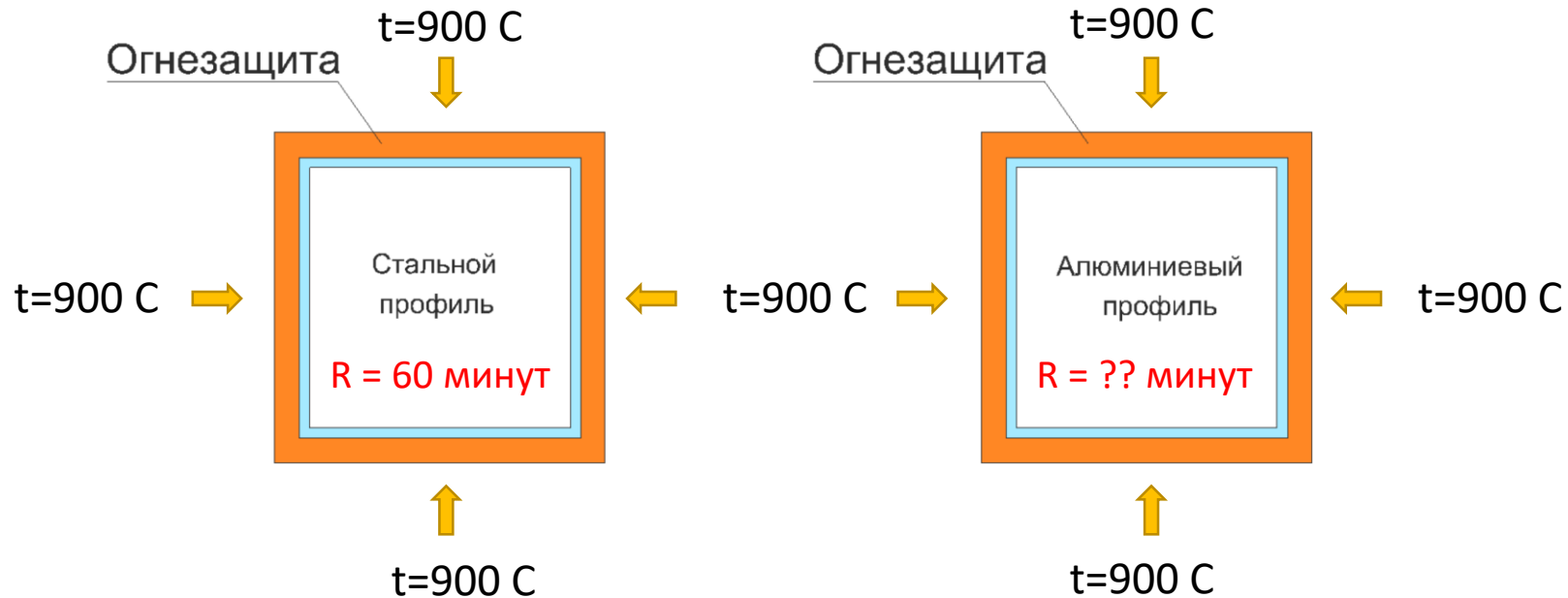
В любой гальванической комбинации относительные площади двух материалов, образующих пару, имеют очень важное значение для степени коррозии. Во многих случаях степень гальванического эффекта будет прямо пропорциональна соотношению площади металла, расположенного ниже в списке.

Алюминиевые конструкции в строительстве

4. Огнестойкость конструкций

Огнестойкость - способность строительных конструкций ограничивать распространение огня, а также сохранять необходимые эксплуатационные качества при высоких температурах в условиях пожара.

Но насколько это требование сильно влияет на конструктивные решения любого сооружения, ведь для достижений требуемых показателей предела огнестойкости и в стальных конструкциях требуется выполнять дополнительные мероприятия (нанесения слоя огнезащиты)

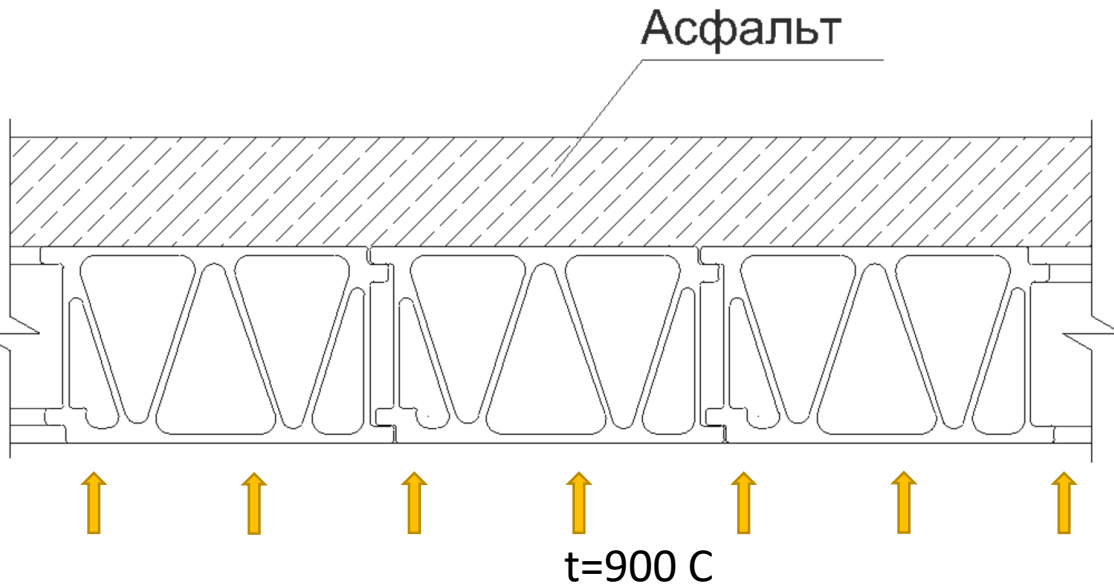


Алюминиевые конструкции в строительстве

4. Огнестойкость конструкций

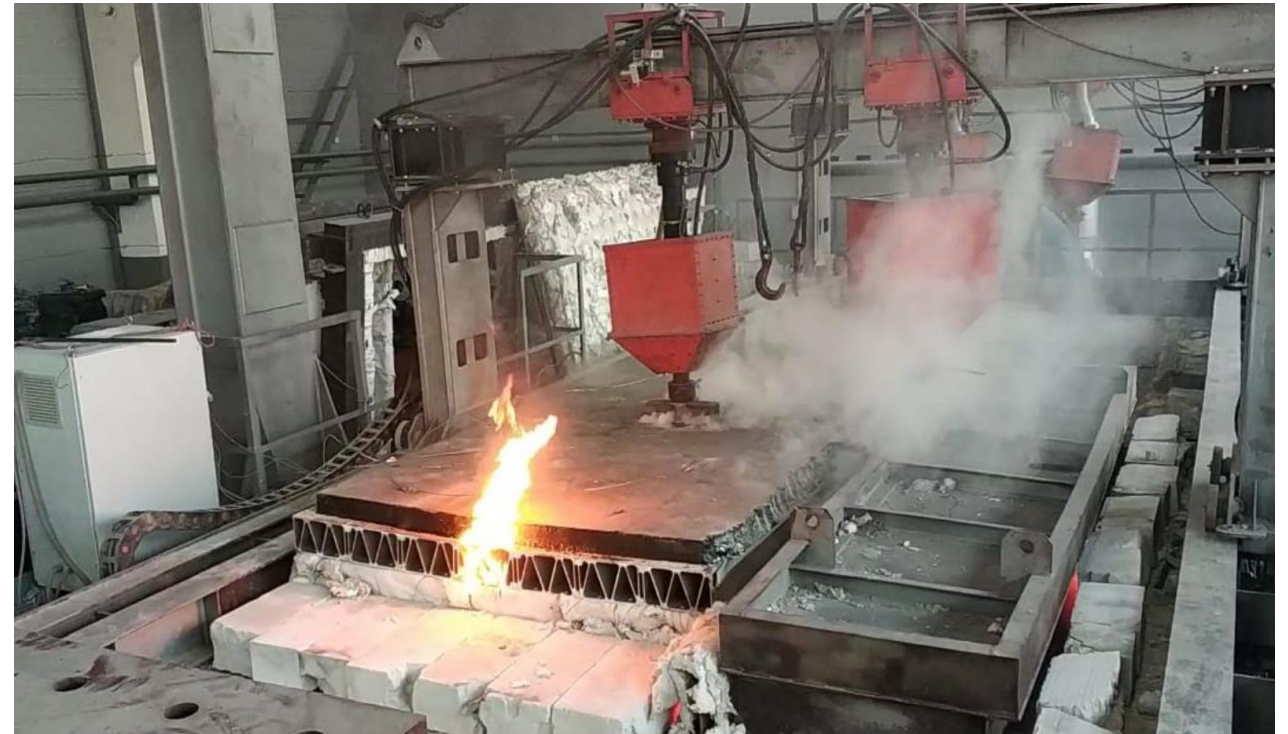
Теплопроводность алюминия в четыре раза выше, чем у стали, удельная теплоемкость в два раза. За счет большой теплопроводности, локальное место, подверженное воздействию пламени, нагревается медленно, т.к. говоря простым языком, передает тепло дальше по материалу. Что является несомненно преимуществом перед сталью.

Алюминиевая Ассоциация на базе МГСУ провели огневые испытания алюминиевых ортотропных плит в составе дорожной одежды из асфальтобетона. Благодаря эффекту быстрого отвода тепла алюминия, слой асфальтобетона здесь сыграл роль хладагента. Таким образом, несущая способность ортотропной плиты была исчерпана только через 57 минут. Для стальных конструкций это недостижимый предел.



Результаты испытаний:

- Максимальный прогиб во время испытаний 65 мм.
- **REI 45**- Предел огнестойкости **45 мин**



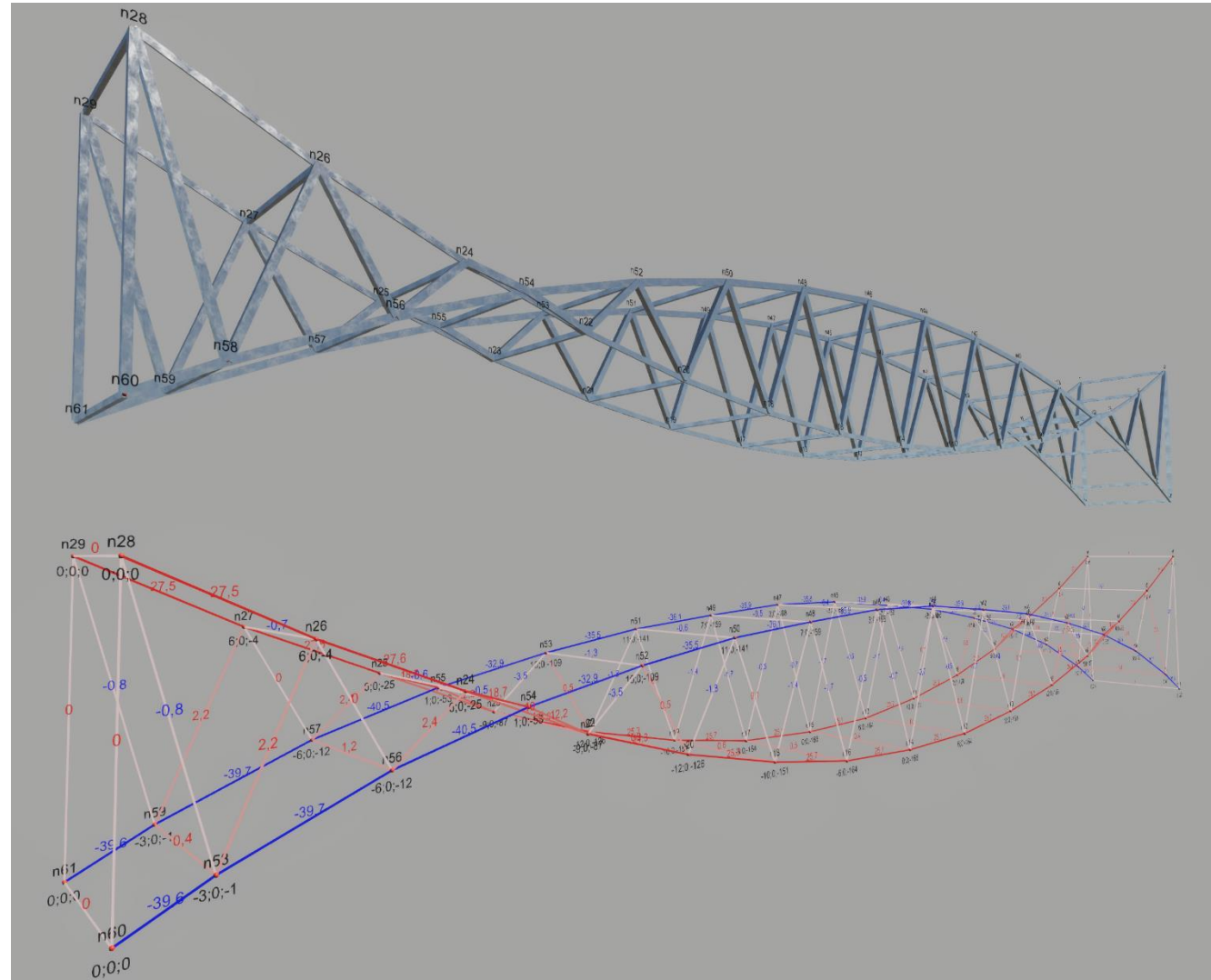
Алюминиевые конструкции в строительстве

5. Принципы проектирования

Принципиальных отличий в методике расчета алюминиевых несущих конструкций от стальных нет. Алюминиевые сплавы имеют другие физические и механические свойства (расчетное сопротивление на растяжение/сжатие и срез, модуль упругости, твердость и т.д.).

Есть ряд отличительных особенностей при расчете, такие как:

- Предельная гибкость λ_u
- Коэффициент влияния температуры γ_t
- Коэффициент устойчивости φ
- Коэффициент продольного изгиба φ_b
- Прогибы
- Ускорение колебания (динамическая комфортность)
- Огнестойкость
- Коррозионная стойкость
- Жизненный цикл



Алюминиевые конструкции в строительстве

5. Принципы проектирования

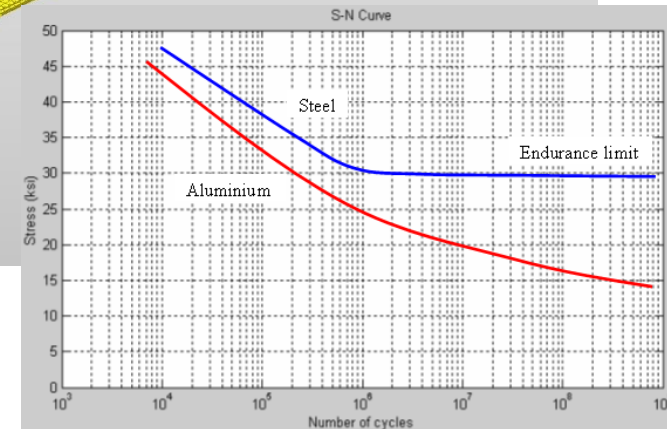
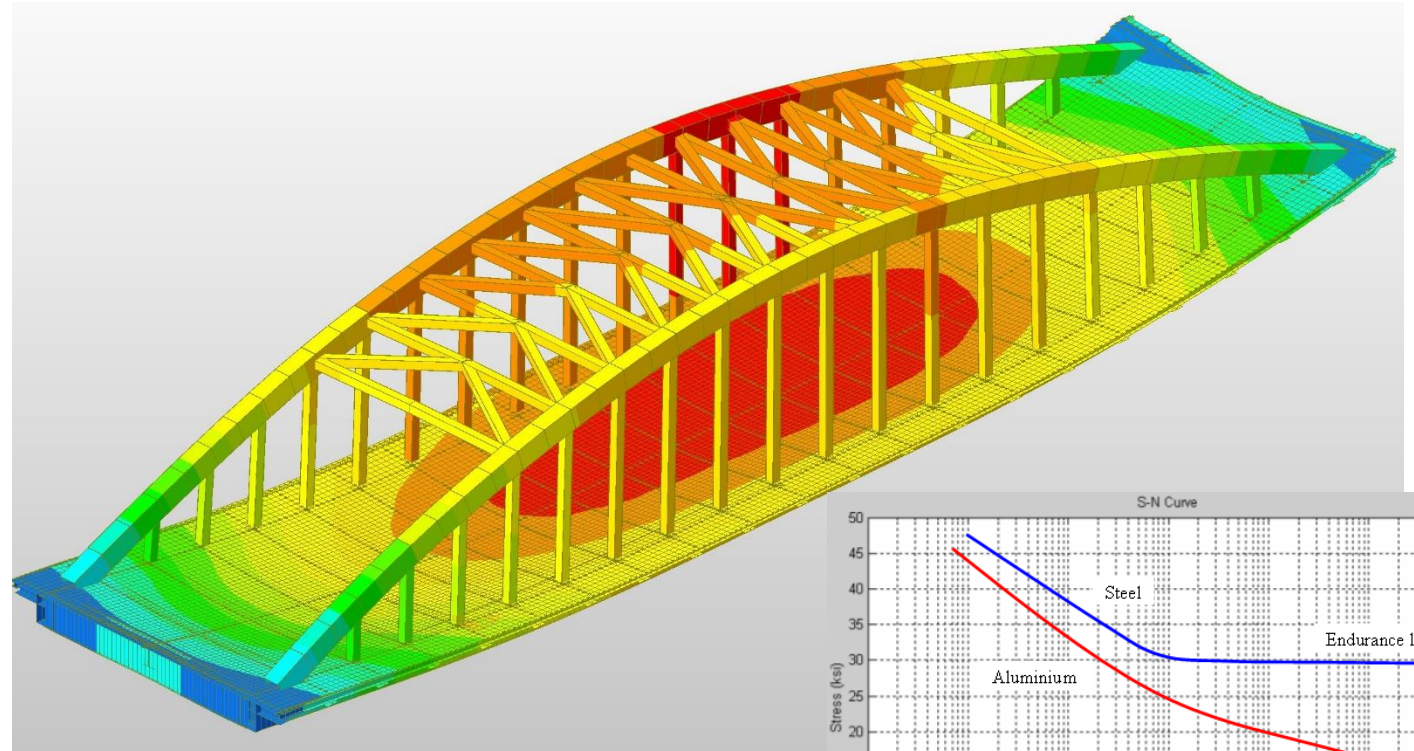
При расчетах элементов из алюминиевых сплавов в составе пространственных конструкций несущая способность элементов не являются определяющими факторами. Основными факторами, влияющими на размеры сечений несущих элементов является выносливость конструкций.

1. АД35Т1 – предел выносливости 65 МПа
2. 1915Т - предел выносливости 100 МПа
3. 1565чМ - предел выносливости 55 МПа
4. 6082Т6 - предел выносливости 100 МПа

На данный момент ведется работа по получению сплава с пределом выносливости более 100 МПа. По российским нормам расчет выносливости отличается для стали и алюминия.

Общий принцип неизменен, ведется сравнение уровней напряжения в покое и при действии временной нагрузки

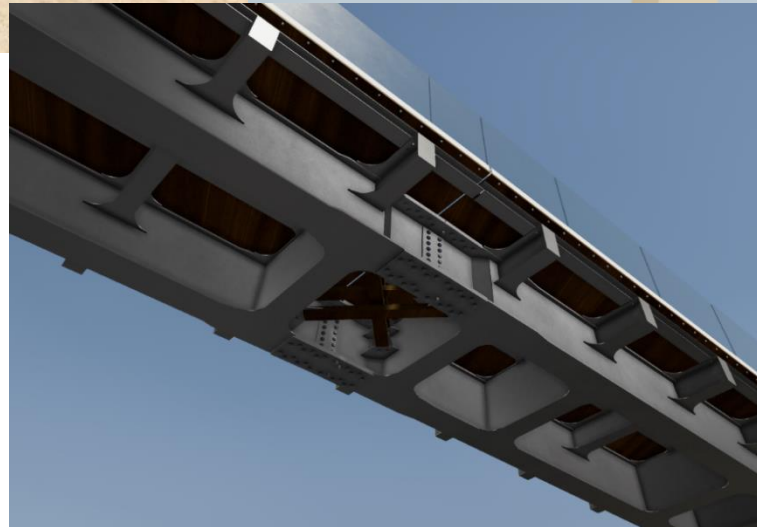
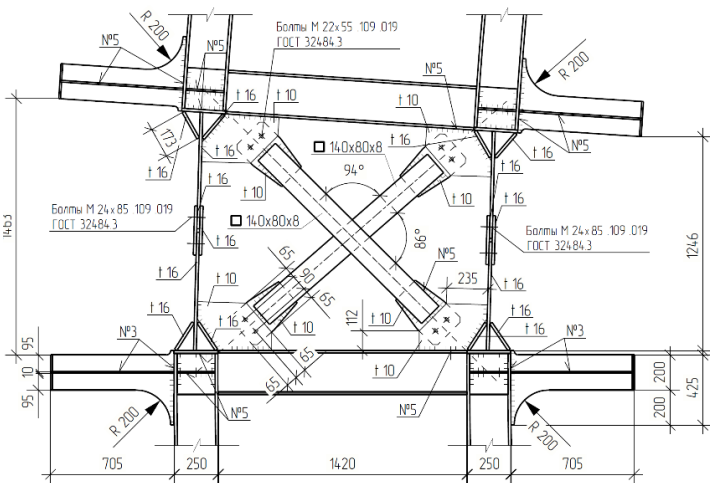
Для конструкций из алюминия уровень асимметрии циклов напряжений в районе 0.3, при этом для стали он будет в двое выше. Но при всем этом в методике Eurocode 9 по расчету на выносливость алюминиевых сплавов коэффициент асимметрии циклов напряжений не вносит на столько значительный вклад, как его вносит предел выносливости сплава.



Алюминиевые конструкции в строительстве

6. Сооружения из алюминиевых сплавов

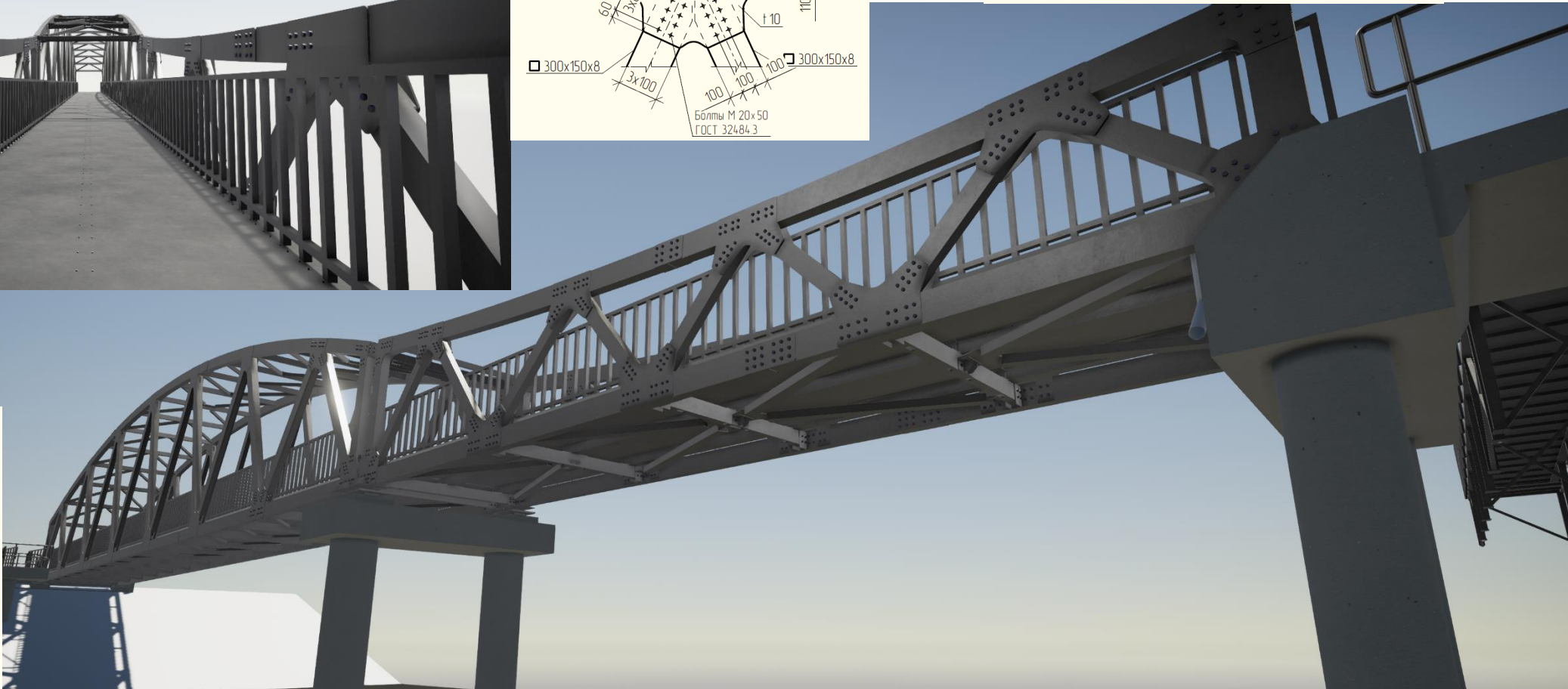
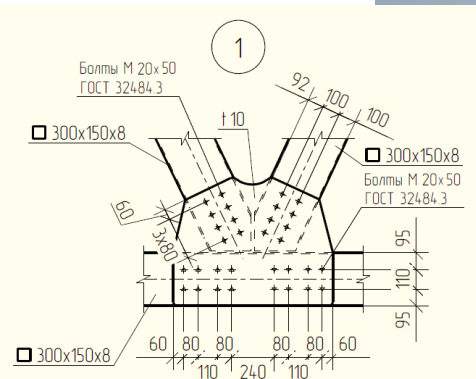
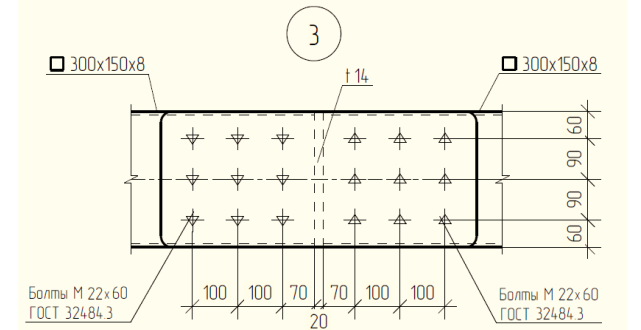
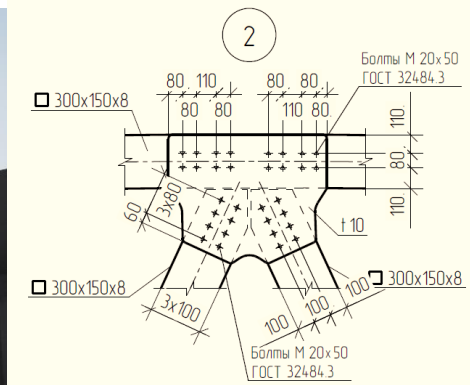
Пеший мост в г. Бор, Нижегородская обл., общая длина 118 м, вес основных конструкций 56 т



Алюминиевые конструкции в строительстве

7. Примеры мостов из алюминиевых сплавов

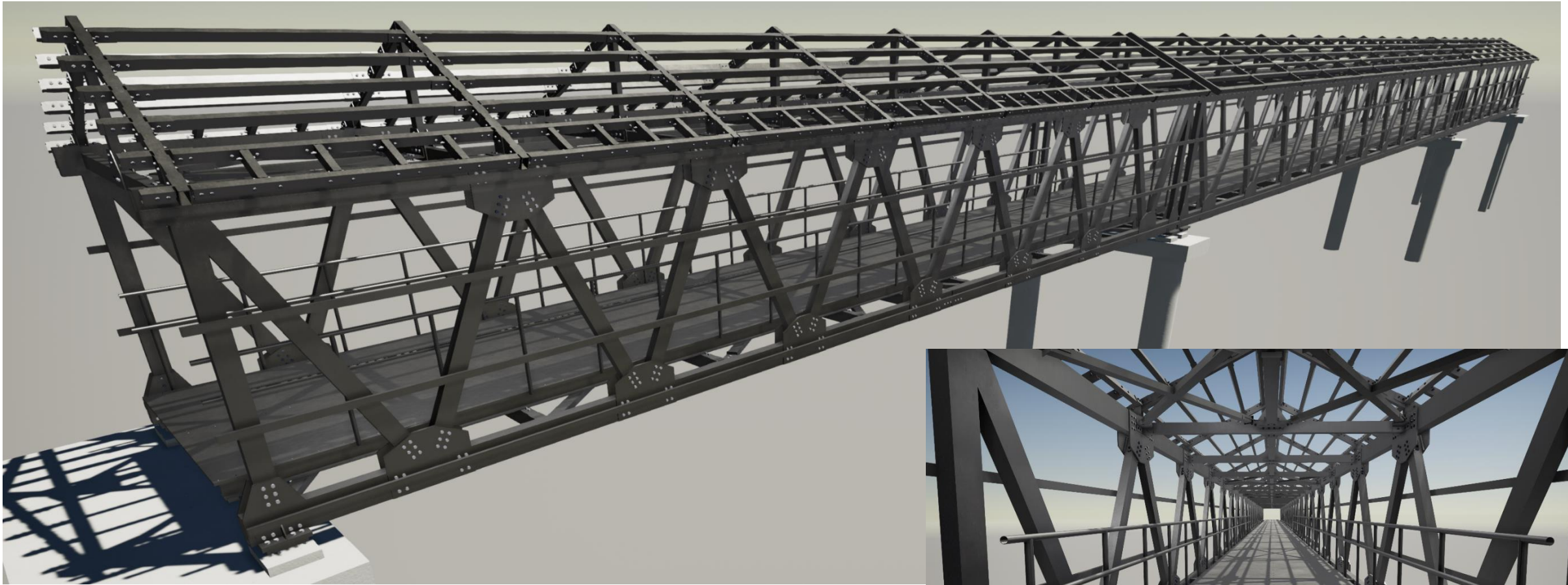
Пешеходный мост в г. Козьмодемьянск, общая длина 49 м, вес основных конструкций 18 т.



Алюминиевые конструкции в строительстве

7. Примеры мостов из алюминиевых сплавов

Пешеходный мост в г. Новокузнецк, сейсмичность 8 баллов, общая длина 74 м, вес основных конструкций 53 т.



Алюминиевые конструкции в строительстве

7. Примеры мостов из алюминиевых сплавов

Различные конфигурации ферм с параллельными и полигональными поясами



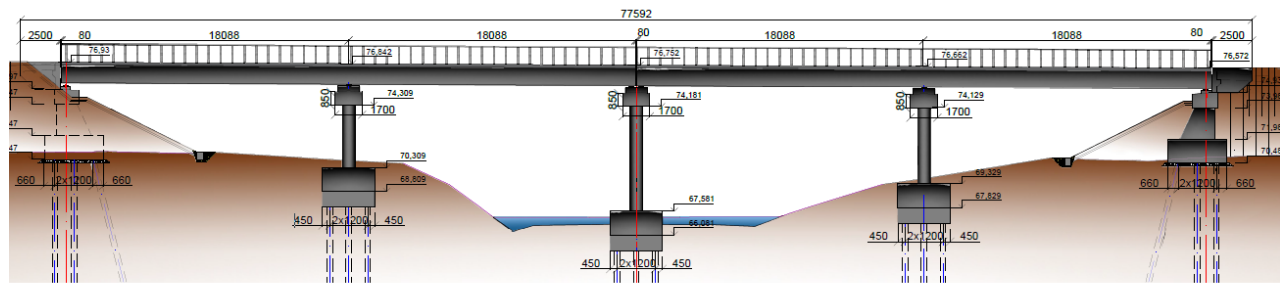
Алюминиевые конструкции в строительстве

7. Примеры мостов из алюминиевых сплавов

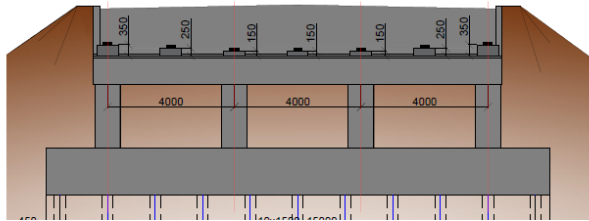
Автомобильный мост через р. Линда, Нижегородская область, общая длина 72 м, вес пролетного строения 200т
Разработчики СТУ «НИЦ МиС» и ЦНИИТС



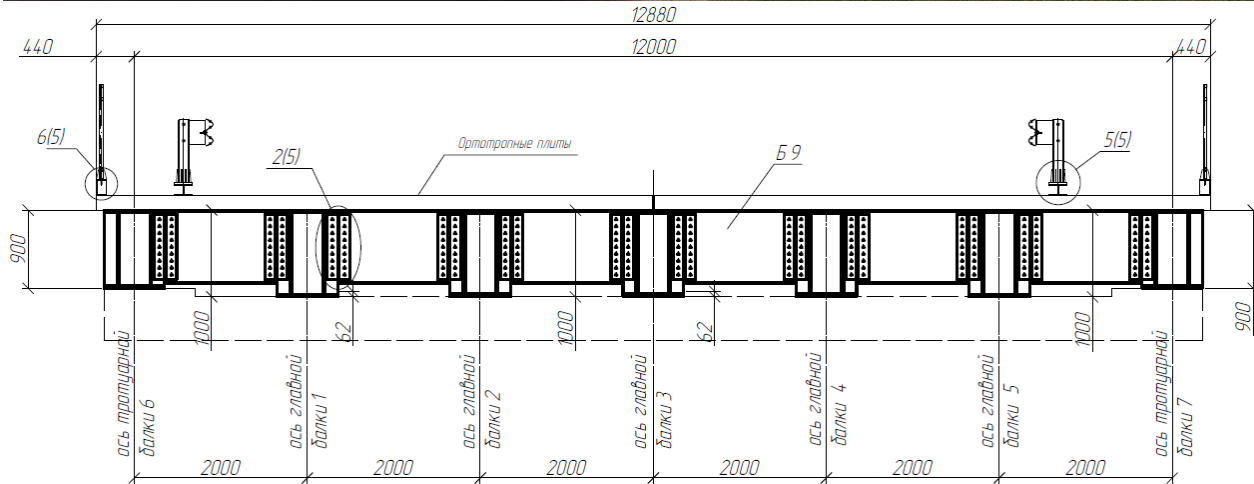
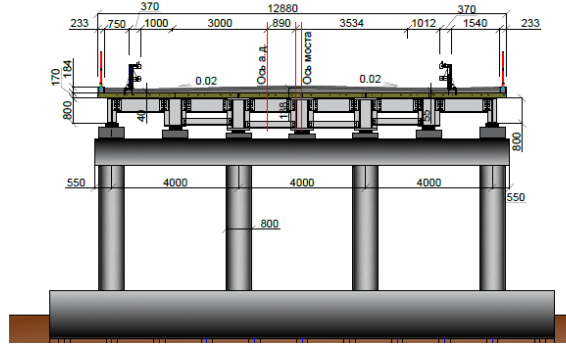
Общий вид моста



Береговая опора



Промежуточная опора



Алюминиевые конструкции в строительстве

7. Примеры мостов из алюминиевых сплавов

Проектируемый мост через р. Упа, длиной 54 м, Тульская область.

