



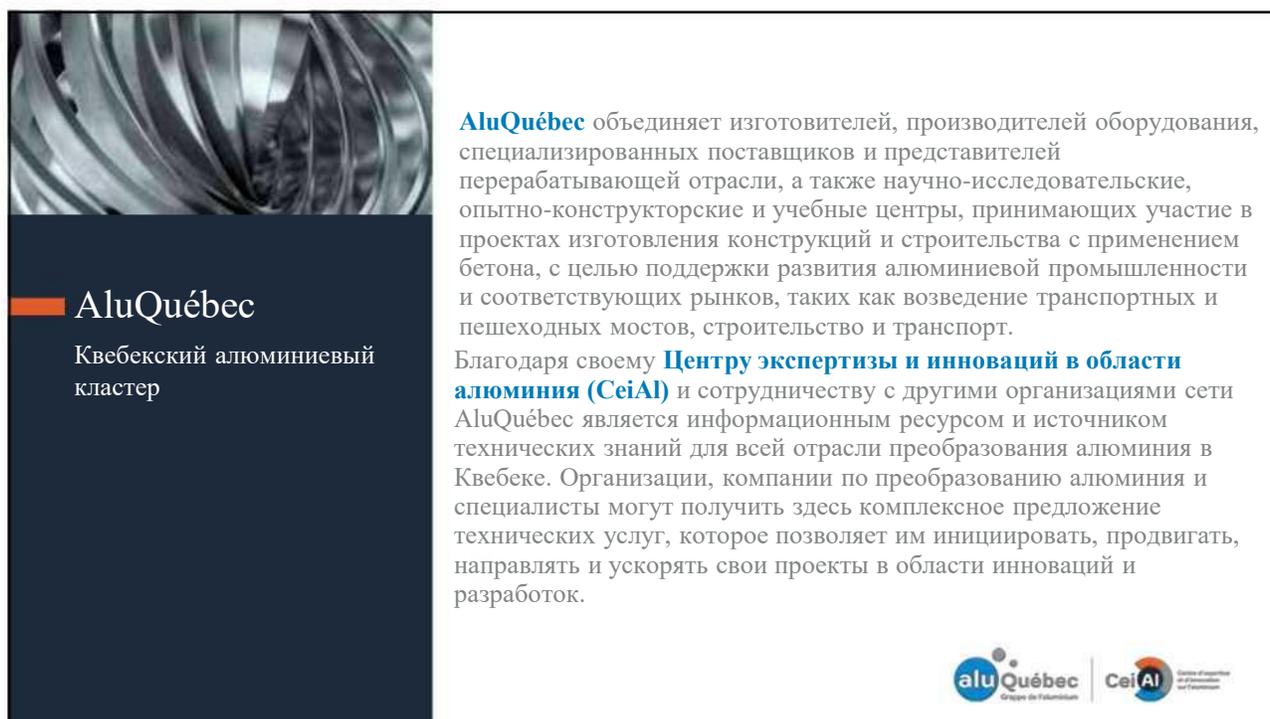


Канадско-российский симпозиум по использованию алюминия в строительстве

Франсуа Расин

Генеральный директор AluQuébec

1





Квебекский алюминиевый
кластер

AluQuébec объединяет изготовителей, производителей оборудования, специализированных поставщиков и представителей перерабатывающей отрасли, а также научно-исследовательские, опытно-конструкторские и учебные центры, принимающих участие в проектах изготовления конструкций и строительства с применением бетона, с целью поддержки развития алюминиевой промышленности и соответствующих рынков, таких как возведение транспортных и пешеходных мостов, строительство и транспорт.

Благодаря своему **Центру экспертизы и инноваций в области алюминия (CeIAI)** и сотрудничеству с другими организациями сети AluQuébec является информационным ресурсом и источником технических знаний для всей отрасли преобразования алюминия в Квебеке. Организации, компании по преобразованию алюминия и специалисты могут получить здесь комплексное предложение технических услуг, которое позволяет им инициировать, продвигать, направлять и ускорять свои проекты в области инноваций и разработок.



2

Миссия, роль и цель AluQuébec

Наша миссия	Являясь федеративной организацией для всех заинтересованных сторон экосистемы, AluQuébec поощряет развитие и оценку цепочки создания стоимости алюминиевой промышленности Квебека на основе решений из бетона для развития полного потенциала отрасли и увеличения доли использования алюминия в Квебеке.
Наша роль	Действовать в качестве рычага для алюминиевой промышленности Квебека, в целом обеспечивая согласованность и конвергенцию между первичным сектором и сектором преобразования, производителями оборудования и всеми инновациями и научно-исследовательскими организациями, чтобы облегчить и стимулировать глобальные и перспективные действия, которые принесут пользу экосистеме Квебека.
Наша задача	<p>ОБЪЕДИНЯТЬ все заинтересованные стороны алюминиевой промышленности в духе сотрудничества для создания более производительной, конкурентоспособной и прибыльной отрасли.</p> <p>ПОДДЕРЖИВАТЬ представителей перерабатывающей отрасли, производителей оборудования и специалистов, предлагая им технические знания и опыт, консультации, обучение и необходимые связи.</p> <p>ПРИДАВАТЬ ЦЕННОСТЬ в цепочке создания стоимости алюминия в Квебеке путём продвижения использования этого материала на наиболее перспективных рынках и поддержки инициатив в области изготовления конструкций и строительства с применением бетона.</p>



3

Например, AluQuébec...

AluQuébec сотрудничает с отраслью в рамках рабочих групп, называемых рабочими площадками, при создании проектов, отвечающих потребностям компаний-представителей алюминиевого сектора.

- Здания и экологичное строительство
- Инфраструктура и инженерные сооружения
- Транспортировка материала
- Производители оборудования и поставщики специализированного оборудования
- Повышение ценности и вторичная переработка (новое направление)

AluQuébec стимулирует использование алюминия и способствует его внедрению в растущие секторы, предоставляя техническую поддержку и обучение для поддержки инноваций и НИОКР в компаниях через свой *Центр экспертизы и инноваций в области алюминия (CeIAI)*.



4

Центр экспертизы и инноваций в области алюминия (CeIAl) в AluQuébec...

- Техническая поддержка
- Обучение
- Информация о стандартах, строительных нормах и правилах, а также о преимуществах и возможностях использования алюминия
- Помощь в разработке
- Поощрение применения существующих знаний и опыта в области НИОКР в Квебеке



Центр экспертизы и инноваций в области алюминия



5

Центр экспертизы и инноваций в области алюминия в AluQuébec (CeIAl)

Группа экспертов в области транспорта и инфраструктуры для поддержки производителей в Квебеке, занимающихся или желающих заниматься преобразованием алюминия

ОБУЧЕНИЕ

Развитие технических знаний и обучение

**ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ**

Техническая поддержка компаний

- Вебинары, наглядное обучение, конференции, курсы;
- Редактирование технических отчетов;
- Редактирование технических и научно-популярных статей;
- Посещение научных комитетов, НИОКР;
- Alu-Compétences: разработка учебных курсов (колледжи, университеты).
- Ответы на технические запросы, связанные с использованием алюминия;
- **Создание проектов НИОКР;**
- Оказание технической поддержки компаниям в разработке или улучшении продукции;
- **Поддержка структурных и инновационных проектов.**




6

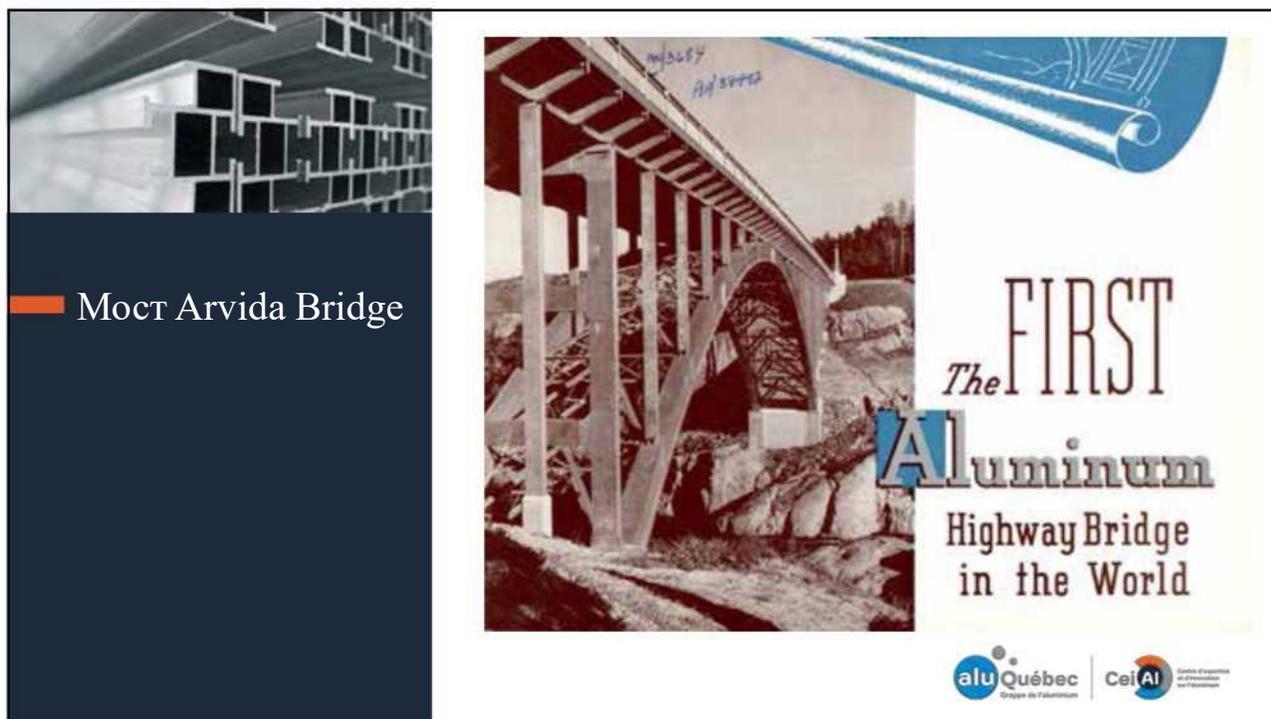



alu Québec
Groupe de l'aluminium

Марио Фафард
Консультант, AluQuébec

Существующие мосты и стандарты для алюминиевых конструкций и мостов в Канаде

7



Мост Arvida Bridge

The **FIRST**
Aluminum
Highway Bridge
in the World

8

Мост Arvida Bridge



Мост Arvida Bridge, первый алюминиевый автомобильный мост в мире. Опубликовано компанией Aluminum Company of Canada LTD, Арvida, Квебек, Канада



9

Мост Arvida Bridge

Строительство велось с 1949 по 1950 г. (возраст моста — 71 год)



Проектировщики: SNC и Alcan (Rio Tinto Alcan);

Длина настила: 153,62 метра;

2 полосы движения;

Сплав: 2014T6 (плита Alcan 26S-T Alclad);

Заклёпки: Alcan 16S-T;

Обслуживание поверхности центральных частей для поддержания работоспособности не проводилось; входит в список исторических объектов гражданского строительства (Канадское общество гражданского строительства)



10

Мост Arvida Bridge

Фото: Июль 2018 г.



Ряд ремонтных работ был проведён в 1985 г.



Покрытие поверхности осталось неизменным с 1950 года.

Фото: М. Фарфаро



11

Мост Arvida Bridge

- Замена бетонной плиты (минимум 2 замены с 1950 г.) и отдельных алюминиевых деталей в 2013 г.;
- Замена нижней части колонн в 1985 г. из-за коррозии (отслоения).



Новая алюминиевая деталь 6061-T6
Бетонный настил



Сплав 2014
Сплав 6061-T6 (75 мм)
Оцинкованная сталь

Фото: Июль 2018 г.

Фиброармированный пластик

Фото: М. Фарфаро



12

Мост Сент-Амбуаз

[P-17948 Сен-Амбуаз 2015 г.](#)



Фото: REGAL

- Построен в 2015 году;
- 5 ферм из оцинкованной стали;
- Ширина 7,5 м;
- Длина ферм 8,5 м;
- Длина алюминиевого настила 10 м (AlumaBridge);
- Нескользящая поверхность: VimaGrip.



Старый мост из дерева и стали

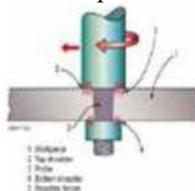
Фото: Google Карты



13

Дополнительные сведения

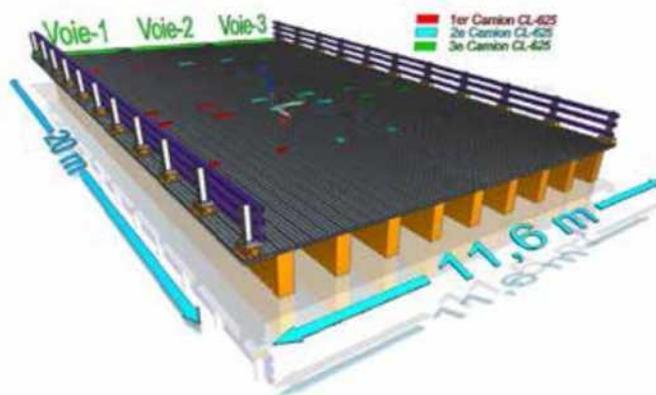
- Оценка общей стоимости владения и анализ жизненного цикла (отчёт на французском языке):
 - При эксплуатации в течение более 75 лет алюминиевый настил на стальных фермах дешевле, чем бетонный настил на стальных фермах;
 - Углеродный след Al меньше, чем у бетона;
- В 2021–2022 годах начнётся строительство малопролётного моста полностью из алюминия:
 - Использование алюминиевых профилей, пластины и сварки трением с перемешиванием с использованием инструмента с двумя заплечиками.
- Мы намерены включить данные по сварке трением с перемешиванием (кривая s-n, упругость в зоне теплового влияния) в CSA-S6:
 - Обсуждение с Европой и США программы испытания;
 - Мы пытаемся получить финансирование от правительства Канады;



14

Дополнительные сведения

- Алюминиевый настил на деревянных балках.



15

Алюминиевые пешеходные мосты

Seal-Aluquebec.com: зарегистрировано 44 пешеходных моста

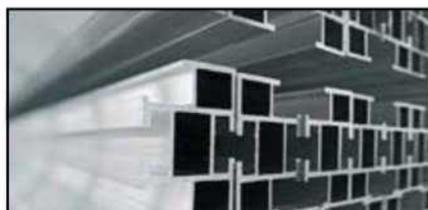


Справочник алюминиевых пешеходных мостов

Créé par le Ceil, le Répertoire d'Aluminium Technologies & Solutions est une base de données en ligne de référence et de consultation de toutes les informations relatives aux technologies et solutions de produits fabriqués en aluminium.



16



Пешеходные мосты



Фото: М. Фафара



17

Пешеходные мосты

Пешеходный мост Альма, 2016 г.

- Длина: 120 м
- Ширина: 4 м
- Опора из оцинкованной стали



Historique <https://lesactu.com/actualite/la-puisere-ile-se-ra-livree-le-4-novembre-trois-mois-a-l'avance/>
<https://www.lequotidien.com/actualites/puisse-daluminium-ouvrage-unique-au-canada-5e-5807108605c5629501603dace719ad>



18

Пешеходные мосты

Пешеходный мост в Веллингтоне, 1977 г.

- Длина: 25 м
- Ширина: 4 м
- Масса: 17 500 кг



Фото: М. Фафард

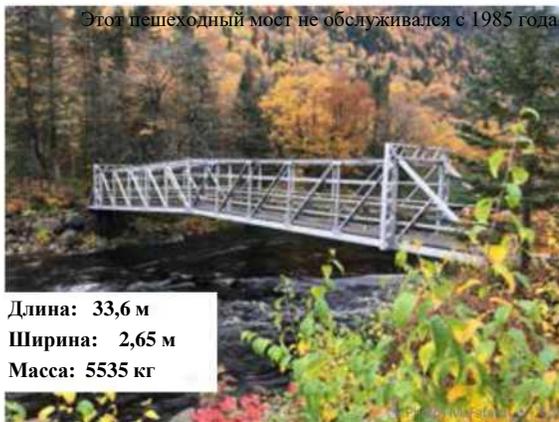


19

Пешеходные мосты

Пешеходный мост SEPAQ, 1985 г.: самый старый алюминиевый пешеходный мост в Канаде.

Этот пешеходный мост не обслуживался с 1985 года, за исключением деревянного настила.



Длина: 33,6 м
Ширина: 2,65 м
Масса: 5535 кг



20

Пешеходные мосты

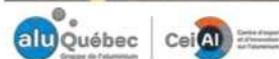
Пешеходные мосты Стивенс (2017)

Установка системы освещения обеспечивает современный внешний вид.

- Длина: 30 м
- Ширина: 3 м
- Масса: 16 500 кг



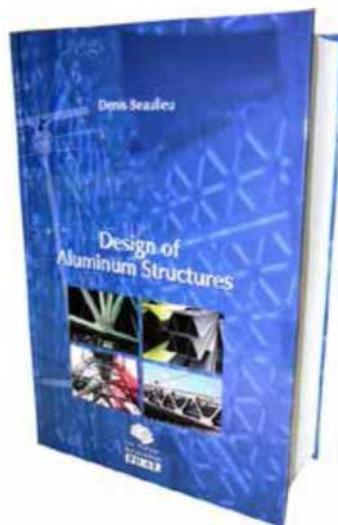
Фото: MAADI Group



21



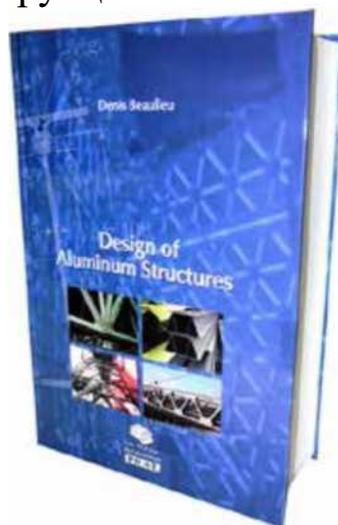
Конструкция и стандарты



22

Проектирование алюминиевых конструкций

- ВВЕДЕНИЕ
- АЛЮМИНИЙ И ЕГО СВОЙСТВА
- ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
- ЭЛЕМЕНТЫ, РАБОТАЮЩИЕ НА РАСТЯЖЕНИЕ
- ДЕТАЛИ И ПЛИТЫ, РАБОТАЮЩИЕ НА СЖАТИЕ
- ДЕТАЛИ ПРОСТОЙ И КОМБИНИРОВАННОЙ ГИБКИ
- МЕХАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ
- СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ
- УСТАЛОСТЬ МАТЕРИАЛА



23

Канадская ассоциация стандартов

CAN/CSA S157: РАСЧЁТ ПРОЧНОСТИ АЛЮМИНИЯ

Предыдущие издания: 2017, 2005, 1983, 1969 г.г.

CAN/CSA S6: Нормы проектирования канадских автомобильных мостов

Предыдущие издания: 2019, 2014, 2006 г.г. (введение Раздела 17 по алюминию), 2000, 1988, 1978, 1974, 1966, 1952 г.г. (Стальные автомобильные мосты), 1938, 1922 г.г.

CAN/CSA W47.2: Сертификация компаний по сварке алюминия плавлением

Предыдущие издания: 2011 г. (R2020), 1987 г., 1967 г. под заголовком Квалификационный кодекс сварки алюминия.

CAN/CSA W59.2: Сварные алюминиевые конструкции

Предыдущие издания : 2018, 1991, 1969 г.г. (CSA 5244-1969, Сварные конструкции и отделка)

CAN/CSA A500-16 : Строительные ограждения (1^е издание)



24

CAN/CSA S157-17 (2017)

- Область применения
- Справочные публикации
- Определения и условные обозначения
- Документы по изготовлению конструкций
- Материалы — Стандарты и идентификация
- Требования к проектированию/расчёт по предельному состоянию
- Прочность элементов
- Анализ конструкций
- Расчёт деталей при сжатии
- Расчёт деталей при изгибе
- Расчёт деталей на сдвиг
- Расчёт деталей на кручение
- Расчёт деталей, подверженных изгибу и осевым усилиям
- Расчёт и детализация сварных соединений
- Расчёт и детализация механических соединений
- Расчёт для удобства обслуживания
- Защита от коррозии
- Усталость материала
- И т. д.



S157-17/S157.1-17

Расчёт прочности алюминиевых деталей/
Комментарий к CSA S157-17, *Расчёт
прочности алюминиевых деталей*



25

Программное обеспечение для проектирования алюминиевых конструкций

- **SAFI GSE SOFTWARE ALUMINIUM DESIGN (канадская компания)**
 - Программа GSE Aluminium обеспечивает проектирование в соответствии с американским стандартом 2015 г.
Издание руководства по проектированию алюминиевых конструкций, опубликованное Алюминиевой ассоциацией (AA ADM-2015), и согласно канадским нормам проектирования CAN/CSA S157-17.
- **ShapeDesigner от MechaTools (канадская компания):**
 - Вычисление всех геометрических свойств на основании файла DXF (площадь, инерция, постоянная деформации, постоянная Сен-Венана, модуль пластичности и т. д.)

ShapeDesigner SmS



26

CAN/CSA S6:19 (2019)

- *Нормы проектирования канадского автомобильного моста:*
CAN/CSA S6:19



CSA S6:19

- **Раздел 17: Алюминиевые конструкции**

Раздел 17
**Алюминиевые
конструкции**

17.1 Scope
This section specifies requirements for the design, fabrication, and erection of aluminum highway and pedestrian bridges. Where provided in Section 22, the contents of this section may also be applied to highway highway structures.

17.2 Definitions
The following definitions shall apply to this section. For common definitions used throughout the Code, refer to Clause 2.2.

Bridge feature — a type of feature to ensure adequate safety performance that meets safety criteria.

Building steel — the steel at which a member or element meets a condition of usability.

Building steel, R_s — the compression stress that governs building.

Center — the built-in direction of a bridge member from bridge, when viewed in elevation.

Construction condition, R_c — the maximum force, moment, or torque that is permitted and is intended to be capable of resisting.

Coating — an owner-approved protective system for aluminum, e.g., galvanizing, anodizing, a paint system, or seal for anodizing.

Permanent base or girder — an aluminum base or girder structurally connected to a concrete slab or that the base and slab required to build an arch.

Detail see case — the end view combined with the base made or modified case.

Detail category — a category that establishes the level of stress range permitted in accordance with the coefficient of the detail and the number of design stress cycles.

Effective section — a section in which elements, because of welding or heat treating, are reduced to their effective thicknesses.

Effective strength, R_e — the reduced strength of an element, at the ultimate limit state to account for the influence of load transfer or peeling.

Finite building stress, R_b — the theoretical stress that arises during building.

Member — any flat or curved component of a surface, such as the web of an I-beam.

Section modulus — drawings that show the layout and dimensions of an aluminum structure and how such parts should be made. They also contain the fabricator's provisions for installation on the structure.

Нормы проектирования канадских автомобильных мостов



27

Обзор строительства
моста Сент-Амбруаз в
2015 году

Марио Фафард

Консультант, AluQuébec

28



Цели

- Проверить простоту постройки алюминиевого настила моста в Квебеке;
- Изучить поведение алюминиевого настила на стальных фермах в зимних условиях;
- Оценить, возможно ли легко адаптировать запатентованный алюминиевый настил к требованиям конкретного автодорожного проекта, зная, что решения (в 2014 г.), доступные в настоящее время для алюминиевого настила, ограничиваются запатентованной продукцией;
- Разработать испытательный стенд для дорожного покрытия с использованием тонкого нескользкого покрытия;
- Провести долгосрочную оценку того, действительно ли предположительно водостойкий настил из сварных алюминиевых профилей снижает требования к техническому обслуживанию стальных ферм по сравнению с обычным настилом из водопроницаемых деревянных балок и досок.



29



Характеристики

- Вес: 1,2 кПа (5 кПа для традиционного бетонного настила 200 мм);
- 2 алюминиевые панели настила: прессованные (Ш = 304 мм, В = 203 мм), соединенные друг с другом сваркой трением с перемешиванием;
- Продольный строительный шов (стык) между двумя панелями настила был выполнен с помощью потайных болтов;
- Отсутствие комбинированного воздействия из-за разницы в расширении стали и алюминия (ΔТ = 90 °С в Сент-Амбруаз);
- Настил крепится к стальной ферме с помощью гнутых пластин, прикреплённых только к настилу, что позволяет алюминию скользить по стали под тепловым воздействием;
- Нескользящее покрытие настила: Bimagrip LS, трёхкомпонентная полиуретановая система с наполнителем диаметром 1–3 мм; конечная толщина покрытия составляла приблизительно 5–6 мм.



30

Мост Сент-Амбруаз



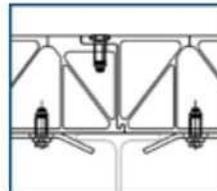
Болты Lindapter Hollow-Bolt



Потайные болты для крепления алюминиевого настила к стальным балкам с помощью гнутых пластин



Панели из США



Стыковое соединение: между двумя панелями алюминиевого настила

Фортин Д., 2018. «Строительство моста с алюминиевым настилом. — Пример Сент-Амбруаз, Квебек, Канадское гражданское строительство, стр. 10-15.



31

Мост Сент-Амбруаз

Панели легко перемещались с помощью гидравлического экскаватора подрядчика, который уже находился на строительной площадке.



Фортин Д., 2018. «Строительство моста с алюминиевым настилом. — Пример Сент-Амбруаз, Квебек, Канадское гражданское строительство, стр. 10-15.



32

Мост Сент-Амбруаз

10-метровый настил консольно закреплён на опорных стенках, чтобы защитить концы ферм и верхнюю часть стенок от просачивания воды.



$$\Delta L = \alpha \times \Delta T \times L$$

$$\Delta L = 24 \times 10^{-6} \times 90 \text{ }^\circ\text{C} \times 1000 \text{ см} = 2,1 \text{ см}$$

Компенсационный шов отсутствует; торцевая панель находится в непосредственном контакте с дорожным основанием

Фортин Д., 2018. «Строительство моста с алюминиевым настилом. — Пример Сент-Амбруаз, Квебек, Канадское гражданское строительство, стр. 10-15.



33

Мост Сент-Амбруаз

Общий вид моста и дороги



BimaGrip

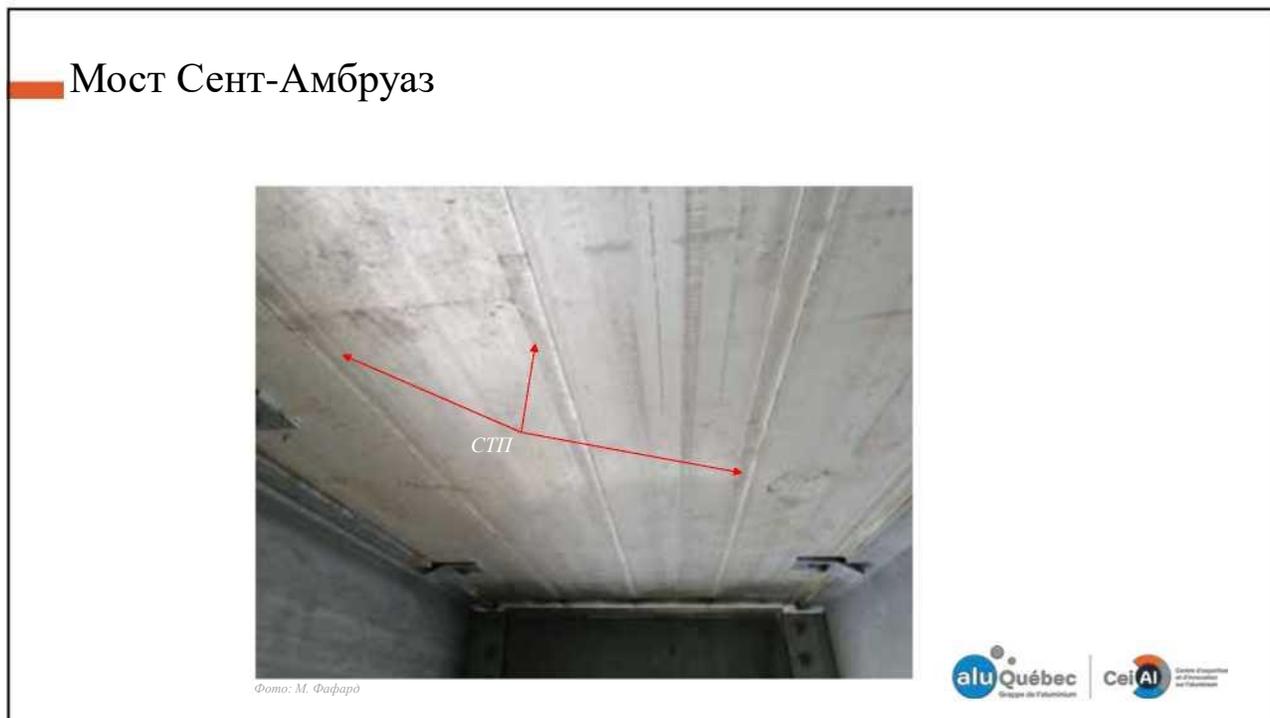


Вид на мост снизу: диафрагма и оцинкованные балки

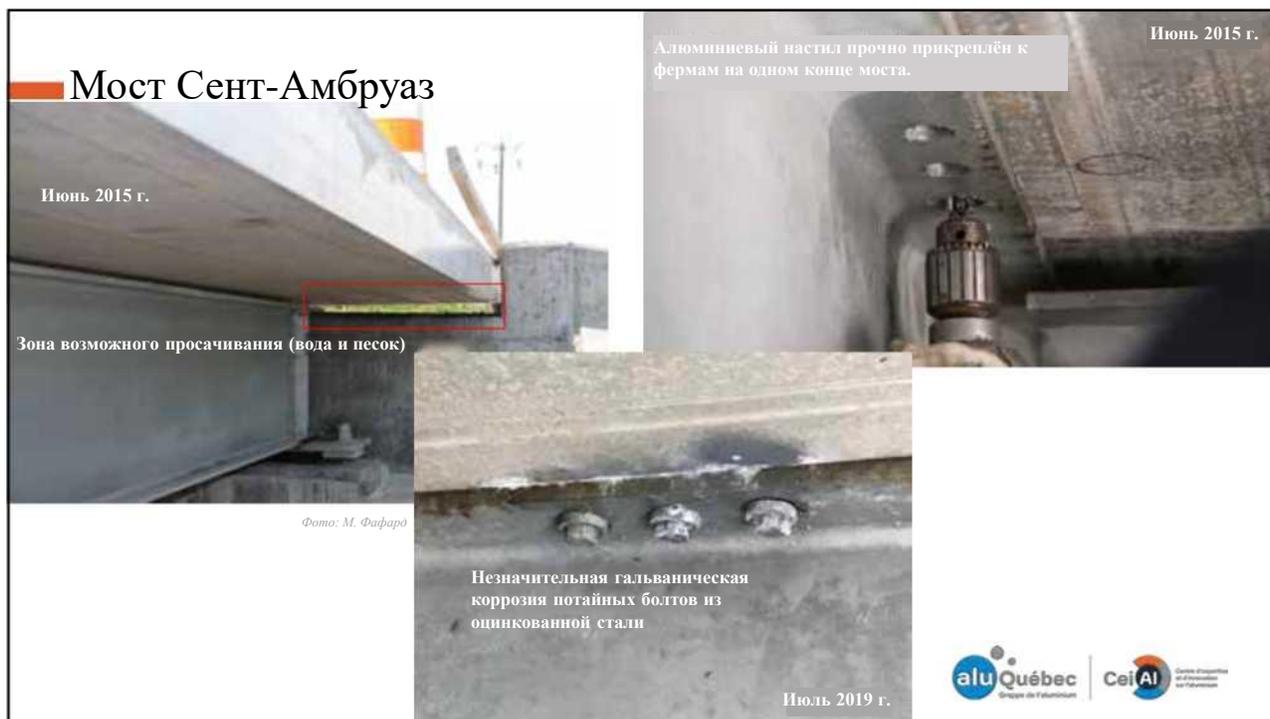
Фото: REGAL



34



35



36

Мост Сент-Амбруз

Июль 2019 г.

Крепление настила/ферм

Нет просачивания воды

Зазор между алюминиевым настилом и дорогой:
Нет компенсационного шва

Фото: М. Фафард




37






 Марио Фафард, кандидат технических наук
 Консультант
 CeIAI/AluQuébec
 418 254-2456
mario.fafard@aluquebec.com

38



39



40