

# Алюминиевые мосты: спрос отстает от предложения



**В. И. Трищенко,**  
председатель  
Алюминиевой  
Ассоциации

Активно развивающаяся в последние десятилетия мировая инновационная практика возведения мостов из алюминиевых сплавов, к сожалению, пока остается невостребованной в России. Виной тому состояние нормативной базы, нехватка квалифицированных кадров, а часто и просто сила инерции.

**В** программе развития транспортной системы России на период до 2021 г. центральное место занимает решение задачи строительства и реконструкции автодорог. Неудовлетворительное состояние и недостаточность дорог современного уровня в настоящее время приводят к потере объема ВВП, сопоставимого с расходами на оборону страны.

Характерный показатель в оценке этой отрасли — плотность дорожной сети. По этому индикатору даже в европейской части Россия занимает одно из последних мест среди развитых стран, а ситуация в регионах, таких как, например, Дальневосточный федеральный округ, по наличию и плотности автодорог с твердым покрытием еще хуже. Для решения такой масштабной задачи потребуются привлечение значительных финансовых средств и мобилизация производственных ресурсов.

При этом важно отметить, что у нас наблюдается существенный дефицит мостовых сооружений. Очевидно, что для развития дорожной инфраструктуры следует максимально использовать инновационные решения при возведении мостов, являющихся важ-

ной составляющей строительства и реконструкции автодорог. В связи с этим большое значение имеет опыт мировой практики использования алюминия в мостовых конструкциях. Это направление в нашей стране только сейчас начало занимать соответствующее место в структуре решения современных задач строительства.

## Преимущества алюминиевого мостостроения

Одной из важнейших современных тенденций развития промышленности и строительства является все более расширяющееся внедрение современных инновационных материалов и технологий. К таким материалам, безусловно, относится и алюминий, по праву носящий название материала 21 века и находящий широчайшее применение во всех сферах промышленного производства.

Современное состояние достижений металлургической промышленности, производящей алюминий и сплавы на его основе, развитие инновационных технологий производства алюминиевых конструкций, экономические и экологические требования к строительству заставляют обратить самое серьезное внимание на использование алюминия в такой важной сфере современного строительства, как мостостроение. Это обусловливается уникальными особенностями алюминия и алюминиевых конструкций:

- а) низким удельным весом (треть от удельного веса стали);
- б) высокой удельной прочностью, превосходящей сталь и железобетон;
- в) превосходной коррозионной стойкостью (вплоть до использования в условиях морского климата);
- г) практически абсолютной хладостойкостью при низких отрицательных температурах.



Алюминиевый мост Arvida Bridge (Канада, 1950 г.)





Алюминиевая пешеходная конструкция через р. Тайн (г. Ньюкасл, Великобритания, 2001 г.)

Все это позволяет на основе уникальных физико-механических свойств алюминиевых сплавов получить следующие неоспоримые преимущества перед традиционными стальными и железобетонными мостами.

1. Коммерческая выгода от применения более легких конструкций 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. К преимуществам с точки зрения развития окружающей среды следует отнести

- минимизацию потребления материалов;
- снижение стоимости и влияния на окружающую среду от операций техобслуживания.

3. Выгоды от использования современных технологий изготовления конструкций из алюминиевых сплавов:

- применение 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. Стоимость алюминиевых кон-

струкций конкурентоспособна:

- при оптимальном проектировании начальная цена алюминиевых изделий может быть сопоставима со стальными аналогами;
- в течение полного жизненного цикла алюминиевые конструкции имеют преимущество за счет меньших затрат на техническое обслуживание и более длительного срока службы.

При столь очевидных экономико-социальных преимуществах мостов из алюминиевых сплавов в настоящее время существует ряд серьезных факторов, сдерживающих в нашей стране расширенное применение алюминия в мостовых конструкциях [1]:

А) Недостоверная оценка экономических результатов из-за нежелания заказчика при проведении технико-экономического обоснования учитывать затраты на весь жизненный цикл сооружения, включая проектирование и строительство, эксплуатационные затраты, затраты на демонтаж и утилизацию, а также возможный возврат денежных средств от повторного использования материалов с отслуживших жизненный цикл алюминиевых мостовых конструкций (АМК).

Сокращение стоимости строительства с использованием алюминия обусловлено сравнительно малым весом АМК. Вес алюминиевого полотна («мертвая» нагрузка) моста при одинаковой грузоподъемности в 5–6 раз меньше веса железобетонного (80–120 кг/м<sup>2</sup> для алюминиевых сплавов против 500 кг/м<sup>2</sup>

для железобетона) и в 2–4 раза меньше веса стального. Это позволяет, применив алюминиевую конструкцию и используя существующие опоры и балки, увеличить грузоподъемность моста (рабочую нагрузку) в 2–3 раза и расширить его проезжую часть. Очевидно, что по сравнению с решением этой задачи путем сооружения нового моста или, по меньшей мере, проведения работ по усилению опор, балок и полотна из железобетона или стали стоимость работ существенно снижается. Кроме того, малый вес АМК позволяет собирать крупногабаритные и транспортабельные конструкции высокой заводской готовности, что резко сокращает сроки их монтажа и строительства в целом.

Сокращение стоимости эксплуатации АМК обусловлено, главным образом, высокой коррозионной стойкостью алюминиевых сплавов. Конструкции не требуют работ по окраске ни при сооружении, ни в процессе эксплуатации на весь срок службы (более 50 лет). Кроме того, алюминий отличается повышенной хладостойкостью: его прочность растет при понижении температуры. Это снимает необходимость регулярных ревизий сооружений в условиях эксплуатации при температурах ниже –35 °С.

Б) Недостаточный учет логистических и экономических потерь при сокращении сроков перекрытия движения автотранспорта при реконструкции или при строительстве нового моста. Алюминиевые мостовые конструкции демонстрируют наибольший эффект в снижении стоимости жизненного цикла при реконструкции мостов. Замена изношенных или устаревших железобетонных или стальных конструкций на АМК обеспечивает продление срока службы и повышение эксплуатационных характеристик мостов.

В) Дефицит отечественной нормативно-технической документации, необходимой для эффективного и полномасштабного проектирования, строительства и эксплуатации мостов из алюминиевых сплавов. В соответствии с нынешним законодательством для каждого проекта вновь проектируемого моста из алюминиевых сплавов на текущий момент необходима разработка специальных технических условий (СТУ) с учетом всех особенностей строительства и эксплуатации объекта, которые не учитываются действующими стандартами и нормативными документами.



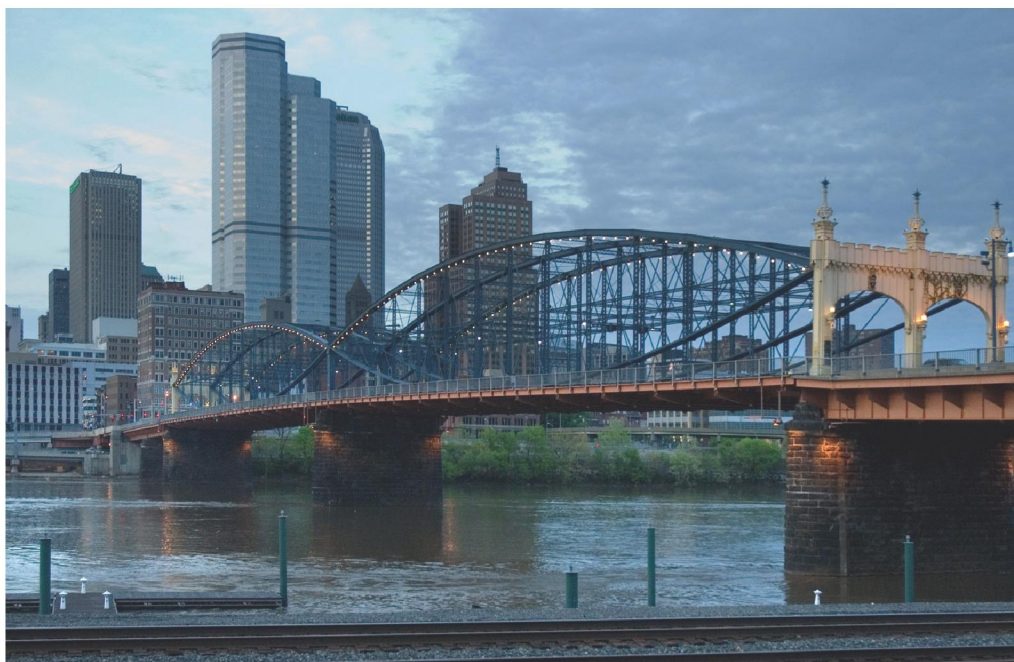
Г) Ограниченный объем знаний по АМК, в том числе о свойствах и характеристиках алюминиевых сплавов, из-за сокращенного курса преподавания предметов в большинстве строительных и инженерно-технических университетов; нехватка практического опыта при проектировании и эксплуатации АМК, что вынуждало инженеров-конструкторов и проектировщиков применять сталь и железобетон. Недостаток профессиональной квалификации по новому материалу и, как следствие, консервативность по отношению к столь ответственным сооружениям, как мосты, препятствовали применению алюминия.

Д) Особенности проектирования и реализации узловых соединений алюминиевых конструкций, что требует опыта проектирования металлоконструкций с применением современных методов компьютерного моделирования. Профили мостового полотна должны быть собраны в единое целое, чтобы создать требуемую ширину полотна. Во всех случаях используют механические (разъемные или неразъемные типы соединения) или сварные методы. Каждый вид соединений имеет свои недостатки.

Однако созданный в 1991 г. способ сварки трением с перемешиванием (СТП) [2] внес кардинальные изменения в повышение качества сварных соединений. Способ использует тепло, выделяемое в процессе трения специальным инструментом. Максимальная температура при этом не превышает 480 °С (при температуре плавления алюминия — 660 °С). Все результаты FSW превосходят дуговую сварку АДС, включая усталостную прочность и очень малую деформативность швов. В настоящее время этот способ широко используется в зарубежном мостостроении.

Все вышеперечисленное позволяет выделить наиболее эффективные объекты использования АМК в мостостроении:

- реконструкция мостов с железобетонным полотном, опирающимся на стальные балки (сталебетонные мосты), где в отсутствие возможности увеличения собственного веса перекрытия («мертвой» нагрузки) за счет использования алюминиевого полотна решается задача увеличения грузоподъемности моста и расширения его проезжей части;
- сооружение или реконструкция мостов в труднодоступных районах, где ограничены возможности доставки ма-



Смилфилдский мост в Питтсбурге (США, 1933 г.)

териалов, конструкций и оборудования по весу или по срокам (ограничение сезона работ);

- реконструкция мостов на загруженных трассах, где отсутствует возможность длительного ограничения или прерывания движения;
- реконструкция исторических мостов, когда требуется увеличение грузоподъемности при сохранении внешнего вида;
- сооружение мостов в местах исторической застройки, где необходимы наименьшие размеры, минимальное физическое и эстетическое воздействие на среду;

- сооружение и реконструкция мостов во всех остальных случаях, когда величина «мертвой» нагрузки является критичной.

### Автомобильные и железнодорожные мосты в мировой истории

За прошедшие годы в мире накоплен богатый опыт создания и эксплуатации алюминиевых мостов разнообразного назначения. История использования алюминия в мостостроении началась с замены тяжелых стальных и деревянных настилов моста Smithfield Street Bridge в Питтсбур-



Алюминиевый мост в Гатгенау (Германия, 2016 г.)





Пешеходный алюминиевый мост в дер. Афоново (Нижегородская область, 2017 г.)

ге на алюминиевое покрытие в 1933 г. [3–9]. Полученное уменьшение собственного веса моста позволило значительно увеличить его несущую способность.

Первым примером использования алюминия для строительства целого пролета моста был мост Grasse River Bridge в г. Массена, штат Нью-Йорк [6], построенный в 1946 г. Элемент был частью многопролетной конструкции, остальная часть которой была построена из стали. Алюминиевый пролет имел вес 43 % от сопоставимого стального пролета.

После второй мировой войны толчком для использования алюминия в строительстве в США и Великобритании послужила ситуация с накоплением значительных запасов алюминия для нужд авиационной промышленности, которая по окончании войны должна была резко сократить производство военной авиатехники. В конце 1940-х и начале 1950-х годов последовало строительство нескольких крупных алюминиевых мостов, в том числе мостов Sunderland и Aberdeen в Англии и Шотландии, сданных в эксплуатацию в 1949 и 1953 гг., и моста Arvida Bridge, построенного в г. Саненей, провинция Квебек, в 1950 г. компанией ALCAN.

В 1956 г. был построен первый автомобильный мостовой переход из алюминия в континентальной Европе — мост Schwansbell в Германии. Благодаря малому весу конструкция была собрана, а затем доставлена к месту монта-

жа вплавь на барже. После более 50 лет службы над водой, в промышленной среде с высоким коррозионным воздействием, эксплуатационные свойства и состояние моста остались практически неизменными.

В связи с высокой стоимостью конструкционной стали в период между 1958 и 1963 гг. в США были построены 7 автомобильных мостов из алюминия. Среди них следует отметить первый пример сварного алюминиевого моста — путепровод на шоссе 86 в г. Де-Мойн, штат Айдахо. Этот четырехпролетный мост неразрезной системы был предварительно собран в виде четырех частей (два пролета по 21 м массой 9,5 т и два пролета по 12 м массой 7,3 т), устанавливаемых на месте подъемным краном [3, 6]. Данный мост хорошо зарекомендовал себя, пока не был заменен в 1993 г. более крупной и грузоподъемной конструкцией.

Среди автомобильных алюминиевых мостов, построенных в Европе, следует отметить подвесные мосты во Франции: через р. Рона в Лионе (1971 г.), в Montmerie-sur-Saone (1973 г.) и через р. Рона в Grosiere (1980 г.).

Мост Forsmo, построенный в Норвегии в 1995 г., является примером современного полностью алюминиевого автомобильного строения. В его строительстве были использованы прочные и долговечные сплавы 5xxx и 6xxx серий [5]. Конструкция к строительной площадке перевозилась на автомобильной платформе и устанавли-

валась при помощи одного подъемного крана.

Еще одним примером постройки подвесного алюминиевого моста в Европе является мост Real Ferdinando в Италии, установленный в 1998 г. Пролет моста 85 м, в конструкциях использованы сплавы типа 7020 T6 и 6060 T6.

Другие современные полностью алюминиевые автомобильные мосты, как правило, предназначены для специальных случаев, когда малый вес особенно важен для получения успешной конструкции. К их числу относятся подъемные (или разводные) мосты, например мост Riekerhavenburg, построенный в Нидерландах в 2003 г., наплавные мосты и мобильные понтонные мосты для спасательного и военного применения [6, 10].

## Пешеходные мосты

Особая активность в строительстве алюминиевых пешеходных мостов наблюдается в последние годы в Европе и Северной Америке. Одним из самых заметных и оригинальных мостов является пешеходная конструкция через р. Тайн около г. Ньюкасла в Англии (Gateshead Millennium Bridge).

Мост, конструкция которого весит 800 т, предназначен для движения пешеходов и велосипедов в крупнейший английский культурно-развлекательный комплекс. Алюминиевое полотно моста и стальная несущая конструкция, к которой подвешено полотно, представляют собой дуги, расположенные во взаимно перпендикулярных плоскостях. Для пропуска морских судов обе дуги моста поворачиваются на 45° относительно горизонтальной оси.

Пешеходные мосты из алюминиевых сплавов, возведенные в Северной Америке и в Европе, имеют разнообразные конструктивные решения, продиктованные особенностями географического местоположения и характером условий эксплуатации [4, 6, 10].

В настоящее время бум алюминиевого мостостроения переживает Китай: там за последние годы построено и намечается в перспективе строительство пешеходных мостов на основе алюминиевых сплавов, объем которых исчисляется тысячами штук.

## Состояние мостостроения из алюминиевых сплавов в России

К сожалению, Российская Федерация до настоящего времени не поддер-



живала мировые тренды алюминиевого мостостроения. За последние 55 лет в нашей стране было построено лишь несколько сооружений: в 1963 г. в г. Руза Московской области введен в эксплуатацию автомобильный мост, длина пролетного строения которого составляла 32,4 м. Пролет выполнен из сплава Д16-Т на заводских заклепках из сплава Д18-Т.

По причине неправильного выбора алюминиевого сплава Д16, подверженного коррозии, пролетные строения этого сооружения сравнительно быстро начали терять несущую способность, в результате чего он был демонтирован. На основании полученного опыта и в результате проведенных исследований было установлено, что для мостовых сооружений целесообразно использовать сплав 1915Т, что подтверждается нормальной 40-летней эксплуатацией сооружений из этого сплава без специальной антикоррозионной защиты.

Следующим примером строительства мостового сооружения на основе алюминиевых сплавов в России является Коломенский мост через канал им. Грибоедова в Адмиралтейском районе Санкт-Петербурга, соединяющий Коломенский и Покровский острова. Это сооружение было введено в эксплу-

атацию в 1969 г. Несущие конструкции изготовлены из сплава АМг6, длина пролета составляет 32,6 м. Недавнее обследование данного сооружения подтвердило неизменность состояния несущих конструкций, отсутствие коррозии и полное соответствие эксплуатационным характеристикам моста.

До недавнего времени вышеперечисленные сооружения были единственными в России мостами на основе алюминиевых сплавов. Однако в 2017 г. при поддержке экс-губернатора Нижегородской области В. П. Шанцева, Министерства транспорта и дорожного строительства региона, а также по инициативе Алюминиевой Ассоциации и компании «РУСАЛ» в Кстовском районе были построены два надземных пешеходных моста, длина каждого из которых составляет 38 м.

В Москве в этом году планируется ввести в эксплуатацию два надземных перехода в природном парке «Долина реки Яуза» (СВАО). В настоящее время несущие алюминиевые конструкции установлены в проектное положение, ведутся работы по благоустройству подходов к мостам.

Однако на текущий момент, к сожалению, приходится признавать, что про-

движение и строительство мостовых сооружений на основе алюминия при всех своих преимуществах осуществляется по принципу «не благодаря, а вопреки». Перспективные алюминиевые мостовые конструкции являются типичным примером, когда возможности современной индустрии (металлургических заводов, компаний — изготовителей профильной продукции, промышленных переработчиков алюминия) готовы предоставить современное технологичное и экономически оправданное решение в виде несущих алюминиевых мостовых конструкций, а отставание и пробелы в существующей нормативно-правовой базе, отсутствие достаточного количества компетентных инженеров-конструкторов и проектировщиков оказывают стагнирующее и депрессивное воздействие на развитие этой отрасли.

Основным препятствием для широкого распространения мостов на основе алюминиевых сплавов в России является недостаточно развитая нормативная база. По инициативе Алюминиевой Ассоциации и ОК «РУСАЛ» на базе МГСУ ведется разработка свода правил «Мосты из алюминиевых сплавов. Пролетные строения». Этот документ сможет восполнить пробелы в существующих



Монтаж пешеходного моста в дер. Афоново (Нижегородская область, 2017 г.)



нормативах (СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы»), снимет ограничения на применение алюминиевых сплавов в несущих конструкциях и поможет сделать их действительно массовым решением на территории России.

### Что делать?

Очевидно, что для развития мостостроения на основе алюминиевых сплавов и начала широкого их распространения во всех регионах России в настоящее время необходимо обеспечить продвижение данного решения и предпринять ряд шагов, первостепенными из которых являются следующие.

1. Легитимизация несущих мостовых конструкций из алюминиевых сплавов на уровне стального и железобетонного исполнения для мостов. В этом направлении уже проделана существенная работа — разрабатывается свод правил на алюминиевые пролетные строения, запланированный срок ввода его в действие — IV квартал 2018 г. Помимо этого документа необходимо разработать ряд сопутствующих и вспомогательных нормативов, таких как государственные стандарты на алюминиевые сплавы для мостовых конструкций, а также нормативные документы, регламентирующие требования по эксплуатации, диагностике и мониторингу несущих алюминиевых конструкций.

2. Разработка типовых и модульных алюминиевых пролетных строений для мостов различного назначения. Утверждение широкой номенклатуры типовых проектных решений позволит проектировать, изготавливать несущие конструкции и возводить

мостовые сооружения практически любой организации, а не только специализирующейся на алюминиевых сплавах. Это позволит в конечном итоге сократить затраты на проектирование и изготовление несущих мостовых алюминиевых конструкций до 30 % от их стоимости.

3. Подготовка отечественными вузами специалистов, способных осуществлять проектно-конструкторскую деятельность для несущих мостовых конструкций на основе алюминия. К сожалению, современные учебные программы российских технических институтов и университетов не предусматривают или имеют очень ограниченный объем предметов, посвященных несущим конструкциям из алюминиевых сплавов.

4. Развитие компетенций по сварке алюминиевых сплавов. В настоящее время существует технология СТП, которая обеспечивает прочность сварного шва выше основного металла на 25 % (фактически это означает, что разрушение образца при испытаниях происходит по основному металлу, а не по сварному шву), намного технологичнее существующих методов аргонодуговой сварки, сварки плавящимся электродом, исключает человеческий фактор и не зависит от квалификации сварщика. Сварка трением с перемешиванием обеспечивает скорость сварки, превосходящую существующие методы до двух раз.

Однако данный метод СТП не учитывается ни одним из нормативных документов, регламентирующих изготовление мостовых конструкций и не-

сущих алюминиевых конструкций. Фактически этот пример встает в ряд других распространенных примеров, когда регламентирующая нормативная база отстает от развития индустрии, техники и технологий и по сути тормозит развитие отрасли в целом.

Разумеется, это далеко не полный перечень задач, стоящих перед отраслью в вопросе продвижения и широкого распространения в России несущих мостовых конструкций из алюминиевых сплавов. Однако решение хотя бы перечисленных первостепенных вопросов позволит существенно продвинуться в популяризации алюминиевых мостов — инновационных и технологически передовых сооружений, во многом превосходящих применяемые в настоящее время материалы. ■

### Литература

1. Локшин М. З. Алюминиевые конструкции в мостостроении. Алюминий в строительстве // СтройПРОФИль. 2008. № 6.
2. Ищенко А. Я., Подельников С. В., Покляцкий А. Г. Сварка трением с перемешиванием алюминиевых сплавов // Автоматическая сварка. 2007. № 11.
3. Road and pedestrian bridges in aluminium, Executive Summary, Report on visits and meetings in Sweden, Holland, and the United States, Aluminium Association of Canada, 2015.
4. Tindall P. Aluminium in Bridges // ICE Manual of Bridge Eng. 2008.
5. Das S. K., Kaufman J. G. Aluminum Alloys for Bridges and Bridge Decks // The Minerals, Metals & Materials Society. 2007. P. 61–72.
6. Siwowski T. Aluminium Bridges — Past, present and future // Structural Eng. Int. 2006. № 16 (4). P. 286–293.
7. Mader W., Pieper A. Schwansbell Bridge Celebrating 50th Birthday // Structural Eng. Int. 2006. № 4. P. 356–359.
8. Okura I. Application of aluminium alloys to bridges and joining technologies // Welding Int. 2003. № 17 (10). P. 781–785.
9. Roy C., Beaulieu D., Bastien J. Utilisation d'éléments structuraux en aluminium dans les ponts routiers: Etude économique et structurale // Canadian J. Civil Eng. 2001. № 28 (6). P. 1029–1040.
10. Hoglund T., Nilsson L. Aluminium in Bridge Decks and in a New Military Bridge in Sweden // Structural Eng. Int. 2006. № 4. P. 348–351.

