

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>

Russian journal of transport engineering

2019, №1, Том 6 / 2019, No 1, Vol 6 <https://t-s.today/issue-1-2019.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/01SATS119.pdf>

DOI: 10.15862/01SATS119 (<http://dx.doi.org/10.15862/01SATS119>)

Статья поступила в редакцию 12.12.2018; опубликована 08.02.2019

Ссылка для цитирования этой статьи:

Овчинников И.И., Горбачева И.А., Овчинников И.Г. Влияние инноваций на эстетику мостовых сооружений // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №1, <https://t-s.today/PDF/01SATS119.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/01SATS119

For citation:

Ovchinnikov I.I., Gorbacheva I.A., Ovchinnikov I.G. (2019). The influence of innovation on the aesthetics of bridges. *Russian journal of transport engineering*, [online] 1(6). Available at: <https://t-s.today/PDF/01SATS119.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/01SATS119

УДК 624.04

Овчинников Илья Игоревич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: bridgeart@mail.ru

Горбачева Ирина Анатольевна

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия
Магистрант
E-mail: utisamsochi@mail.ru

Овчинников Игорь Георгиевич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия
Доктор технических наук, профессор
E-mail: bridgesar@mail.ru

Влияние инноваций на эстетику мостовых сооружений

Аннотация. Рассматривается влияние инновационных решений в мостостроении на эстетический облик создаваемых мостовых сооружений. Отмечается что Роберт Майер уделял большое внимание эстетическим возможностям железобетона при создании мостов. При этом он выбирал из всех вариантов наиболее эстетично выглядящие, но недорогие проектные решения мостов. В качестве примера рассматривается Salginatobel Bridge в котором в единой структуре воплощены и рациональные силовые потоки, и низкая стоимость строительства, и богатое эстетическое значение. В мостах Р. Майера инновации являются тем звеном, которое обеспечивает связь эффективного экономического решения с выразительным эстетическим видом. Кратко рассматривается группа инженеров, реализующих эффективную технологию структурного проектирования мостов и включающая Томаса Телфорда, Густава Эйфеля, Отмара Амманна.

Отмечается, что у построенных в последнее время мостов вместо эффективной экономики мы находим скорее экстравагантность и неэффективное использование ресурсов. Примером мостового сооружения с такими недостатками является пешеходный мост Esplanade Riel Pedestrian Bridge.

Анализируются 5 факторов, необходимых для успешного внедрения инноваций, создающих эстетичные мосты: (1) наличие возможности внедрения инноваций; (2) наличие проектировщиков, желающих и могущих внедрять инновации; (3) наличие проектировщиков, которые могли бы создавать эстетичные мосты; (4) наличие заказчиков (владельцев) мостов, которые принимали бы инновации; (5) наличие заказчиков, которые не отвергали бы эстетически выразительные проекты.

Ключевые слова: мосты; инновации; эстетика мостов; визуальное воздействие; Роберт Майар

Введение

Проблема применения инновационных решений в мостостроении и развития эстетического подхода к проектированию мостовых сооружений начинает привлекать внимание не только западных, но и российских инженеров и архитекторов. Однако анализ состояния проблемы показывает, что в России довольно большое внимание уделяется именно архитектуре транспортных сооружений, в том числе и мостов, однако эстетике мостовых сооружений внимания уделяется явно недостаточно.

Прежде, чем анализировать далее эту проблему, рассмотрим понятия архитектура и эстетика.

Напомним, что «**архитектура**» – это «искусство и наука строить, проектировать здания и сооружения (включая их комплексы), а также сама совокупность зданий и сооружений, создающих пространственную среду для жизни и деятельности человека» [1], а «**эстетика**» – это наука, изучающая природу всего многообразия выразительных форм окружающего мира, их строение и модификацию» [3], то есть эстетика – это наука о прекрасном.

В России опубликовано большое количество книг по архитектуре, мы не будем их даже упоминать, а вот по архитектуре мостов книг не так уж много [3-14], и совсем мало публикаций по эстетике мостовых сооружений [15-18]. В то же время за рубежом опубликовано достаточно много работ по эстетике мостов [19-34].

Далее в статье рассмотрим влияние инновационных решений в мостостроении на эстетический облик создаваемых мостовых сооружений.

Состояние проблемы

Проблема эстетической оценки существующих мостовых сооружений и проектирования эстетически привлекательных новых мостов давно интересует проектировщиков. В России этому направлению посвящены работы [35, 15-18]. За рубежом этой проблеме уделяется гораздо большее внимание [19, 20, 22, 25, 27, 29, 30, 31, 32, 34, 36, 37].

Большое внимание эстетической стороне мостов уделялось в работах Р. Майара [11]. Р. Майар родился в Швейцарии в Берне в 1872 году, а в 1894 году окончил Федеральную Политехническую школу в Цюрихе, получив степень гражданского инженера. Работая в различных фирмах, он проектировал и строил мосты. Особенно активно начал работать с 1902 года, когда основал свое конструкторское бюро под названием Maillart & Cie.

Роберт Майар в основном проектировал мосты, уделяя большое внимание эстетическим возможностям железобетона. При этом он отказался от традиционных методов проектирования мостов из дерева и металла, а создал свою систему, учитывающую специфику поведения именно железобетона. По мере проектирования все новых мостов Р. Майар совершенствовал

свою методику проектирования, придавая все большее изящество линиям мостового сооружения. При этом он отказался от разделения несущей и проезжей части мостов, что было ранее широко распространено в конструкциях арочных мостов. Он также использовал раздвоение арочной системы в зоне опирания, что придавало зрительную легкость конструкции моста. Хотя Майар и рассчитывал свои арочные конструкции, но он не шел на поводу у результатов этого расчета, а рассматривая несколько вариантов решений мостовой конструкции, выбирал из них тот, который наиболее органично вписывался в окружающую среду. Сам Майар полагал, что такая способность обеспечивать слияние мостовой конструкции с окружающей средой является отличительной чертой проектировщика – конструктора, который способен к творчеству и к созданию новых форм мостовых сооружений от чистого расчетчика.

Интересно, что Майар Р., придавая своим мостам рациональные, хотя и несколько аскетичные формы, не разрешал украшать их какими-либо элементами, как это было принято в его время. В связи с этим ему разрешали создавать свои сооружения только для пересечения наиболее глухих ущелий Швейцарии. И только по истечении некоторого времени, когда железобетон как эффективный строительный материал стал завоевывать мировое господство, была оценена роль Р. Майара, создававшего великолепные и в эстетическом отношении мостовые сооружения из железобетона.

Интересный факт – Р. Майар в 1912 году заразился бумом индустриализации в России и переехал с семьей в нашу страну. Но мостов в России он почему-то не строил, а строил фабрики, офисные здания в Киеве, Риге, Харькове. После революции 1917 года Р. Майар потерял свои сбережения и был вынужден вернуться в Швейцарию, где и продолжил заниматься мостами. Характерно, что на работы Р. Майара обратили внимание только в 30 годах прошлого века, и в 1936 году его избрали в Королевский институт британских архитекторов. Но через 4 года в 1940 году он умер после тяжелой болезни, наступившей вследствие автомобильной аварии.

Особенности инновационных решений Р. Майара в мостостроении

Мост Салгинатобель (Salginatobel Bridge), Роберта Майара, построенный в Швейцарии в 1930 году, представляет собой сооружение, в котором в единой структуре воплощены и рациональные силовые потоки, и низкая стоимость строительства, и богатое эстетическое значение (рис. 1). Этот мост не соответствует общепринятому мнению, что для достижения элегантности сооружения необходимо тратить больше денег, и что красота – это то, что нужно добавить к скелету с минимальными затратами функциональности. В конструкции этого моста, Майар решил задачу создания элегантной эстетичной структуры при минимуме затрат путем создания совершенно новой конструктивной системы, которая создала мостовую конструкцию, эффективность которой оказалась выше, чем если бы он просто шел по пути простого численного расчета.

Эта техническая инновация дала Майару новые возможности для визуального выражения, используя которые он, как одаренный проектировщик, создал смелую видимую форму моста Сальгинатобель.

Следовательно, в мостах Майара инновации являются тем звеном, которое обеспечивает связь эффективного экономического решения с выразительным эстетическим видом.

Однако Р. Майар – не единственный инженер-проектировщик, который удачно связал экономику и эстетику мостов с помощью инженерных инноваций. Он входит в группу инженеров, реализующих эффективную технологию структурного проектирования и включающую таких инженеров, как Томас Телфорд, Густав Эйфель, Отмар Амманн.



Рисунок 1. Мост Салгинатобель (источник: <https://www.google.ru/search?q=salginatobel+bridge+maillart>)

Телфорд, родившийся в 1757 является выдающимся специалистом в отрасли транспортного строительства. Причем интересно то, что нигде не упоминается о получении им систематизированного профессионального образования. Когда ему было 15 лет он стал учеником каменщика и одновременно занимался самообразованием. Постепенно поднимаясь по инженерной лестнице, в 36 лет он стал руководителем строительства канала. Под его руководством было построено 1,5 тысячи километров дорог, причем он придумал камнедробилку для получения щебня. Т. Телфорд запроектировал много мостовых сооружений, в том числе и висячих, несущим элементом в которых были цепи, что являлось новым для тех лет решением. В период с 1819 по 1826 год под его руководством был построен висячий (цепной) мост Менай Бридж длиной 417 метров с пролетом между пилонами 176 метров (рис. 2) [39].



Рисунок 2. Мост Менай (источник: <http://phototravelguide.ru/most/most-menaj/>)

Отличительной чертой этого моста был 30-метровый подмостовой габарит, обеспечивающий беспрепятственный проход судов под ним. Со временем железные цепи были заменены на металлические, а проезжая часть, которая сначала была сделана из дубовых досок, скрепленных войлоком и дегтем, заменена на асфальтобетонную (рис. 3).



*Рисунок 3. Современный вид проезжей части моста
Менай (источник: <http://phototravelguide.ru/most/most-menai/>)*

Интересно, что в 2016 году мост отпразднует свое 200-летие, но он еще работает и пропускает нагрузку, которой не было 200 лет тому назад. Конечно, это происходит и за счет значительно больших коэффициентов запаса, вводимых в то время, и за счет проводимых реконструкций, но и за счет удачной инновационной конструкции моста.

Густав Эйфель, родившийся в 1832 году, считается специалистом по проектированию металлических конструкций. О парадоксах и особенностях карьеры Эйфеля можно прочитать в [40]. Здесь же мы отметим, что Эйфель в 1852 году не сдал вступительный экзамен в Парижскую Политехническую школу, но поступил в Школу искусств и ремесел Парижа. Это поворот судьбы позволил ему стать не обычным инженером, а настоящим творцом, чьи работы, отличающиеся и точными инженерными расчетами, и ажурностью конструкции, известны всему миру. Мы кратко остановимся на таком интересном мостовом сооружении Эйфеля, как виадук Гараби на железной дороге через реку Трюйер, построенный в период с 1880 по 1885 год (рис. 4). Река Трюйер кажется небольшим ручьем по сравнению с проливом Менай, через который строил мост Телфорд, но уровень железнодорожного проезда находился на высоте 130 метров над уровнем воды в реке.

Особенностью места перехода через реку Трюйер было действие сильных ветров. Обычным способом обеспечения прочности и устойчивости мостовых сооружений при действии ветра было увеличение массы сооружения. Эйфель же предложил использовать металлическую конструкцию, которая продувалась насквозь и не создавала большого сопротивления ветровому потоку. Кроме того, такая конструкция требовала для своего создания значительно меньше строительного материала – металла, что весьма важно из-за трудностей доставки материала в отдаленный район. Основным элементом виадука является ферма, состоящая из треугольников – наиболее жестких конструктивных элементов, работающих только или на растяжение, или на сжатие.



Рисунок 4. Виадук Гараби (источник:

https://yandex.ru/images/search?pos=3&img_url=http%3A%2F%2Fwww.architime.ru%2Fpictures%2Fgustav_%2520alexandre_eiffel%2F7big.gif&text=виадук%20гараби%20во%20франции&lr=194&rpt=simage)

Виадук Гараби – одно из выдающихся инженерных сооружений второй половины 19 века; виадук представляет собой металлическую сетчатую конструкцию в виде серповидной арки, сечение которой увеличивается при приближении к опорам. Элементы виадука были не литыми массивными, а собирались из легких металлических уголков, планок. Монтировали арку навесным способом, поддерживая тросами установленные части и постепенно наращивая ее. Пролет арки 180 метров, высота 60 метров, а проезжая часть виадука находится на высоте 130 метров над уровнем реки. Длина всего мостового сооружения 564,6 метров.

Существует мнение, что прообразом Эйфелевой башни являлся виадук Гараби и башня представляет собой по-иному собранные элементы виадука. Вообще-то автором Эйфелевой башни Эйфель не является. Он выкупил право на реализацию проекта башни у своих сотрудников Маврикия Коэшлина и Эмиля Нутье. Более подробно об истории создания этой башни можно прочитать в книге [40], написанной по французским источникам.

Отмар Герман Амман (Othmar H. Ammann) родился в 1879 году в Швейцарии, технической образование получил в Политехникуме в Цюрихе. В 1904 году он эмигрировал в США, где натурализовался только в 1924 году.

Отмар Амман занимался проектированием и строительством мостовых сооружений в Нью-Йорке, причем он спроектировал значительную часть мостов, Нью-Йорка. Им были созданы два самых длинных висячих моста своего времени, причем Аммана как инженера отличала способность создавать мосты, обладающие рядом важных характеристик: они были легкими и относительно недорогими, но, в то же время простыми и красивыми. Эта особенность мостов Аммана сделала его популярным в эпоху великой депрессии, когда оказалось важным умение строить недорогие эффективные сооружения. Подход Аммана, опирающийся на прогрессивные инженерные принципы, считается большим вкладом в развитие эстетического облика больших инженерных сооружений. Отметим ряд мостов, спроектированных Амманом: Джордж Вашингтон-Бридж (открытый 24 октября 1931 г.), Байонн-Бридж (открытый 15 ноября 1931 г.), Мост Трайборо (открытый 11 июля 1936 г.), Бронкс-Уайтстоун-Бридж (открытый 29 апреля 1939 г.), Уолт Уитман-Бридж (открытый 16 мая

1957 г.), Трогс Нек-Бридж (открытый 11 января 1961 г.), Вerrasано Нарровс-Бридж (открытый 21 ноября 1964).

Одним их самых больших мостов Нью-Йорка является Мост Джорджа Вашингтона (George Washington Bridge), который начал строиться в 1927 году и в начале строительства назывался Hudson River Bridge (мост через реку Гудзон), но к концу строительства в 1931 году его переименовали в честь первого президента США Джорджа Вашингтона. До строительства моста «Золотые Ворота» в 1937 году этот мост был самым длинным висячим мостом мира. Полная длина моста составляет 1450 метров, длина пролета 1100 метров, высота пилонов 184 метров, а ширина моста 36 метров (рис. 5).



Рисунок 5. Мост Джорджа Вашингтона (источник: <https://yandex.ru/collections/card/5a8ae0bec75bad00697d775f/>)

Во время открытия движение на мосту велось в один уровень на 6 полосах, но в 1946 году после реконструкции добавили еще 2 полосы. Но это не решило проблему разгрузки транспортного потока и потому после очередной реконструкции в 1962 году был добавлен нижний ярус пролетного строения с движением по 6 полосам. Сейчас этот мост считается самым загруженным транспортными потоками мостом, включающим 14 полос движения.

Как видно, в работах этих инженеров (Роберта Майара, Томаса Телфорда, Густава Эйфеля, Отмара Аммана) прослеживаются смелые, даже в чем-то уникальные внешние формы сооружений, созданные в сложных экономических условиях, и значительно опережающие технологические достижения их современников.

Важно отметить, что все эти проектировщики являются высококвалифицированными инженерами, ибо если мы согласны с тем, что технологические инновации – это связь между необходимостью минимизации затрат и поиском новых возможностей для эстетического выражения, то это те люди, которые понимали технические аспекты мостового проектирования и могли следовать иницируемому инновациями творческому процессу.

Так как визуальное воздействие моста Роберта Майара Сальгинатобель довольно сильное, то и эстетическое значение этого моста широко признано, независимо от его стоимости. Тот факт, что он никогда бы не был построен, если бы не был самым дешевым

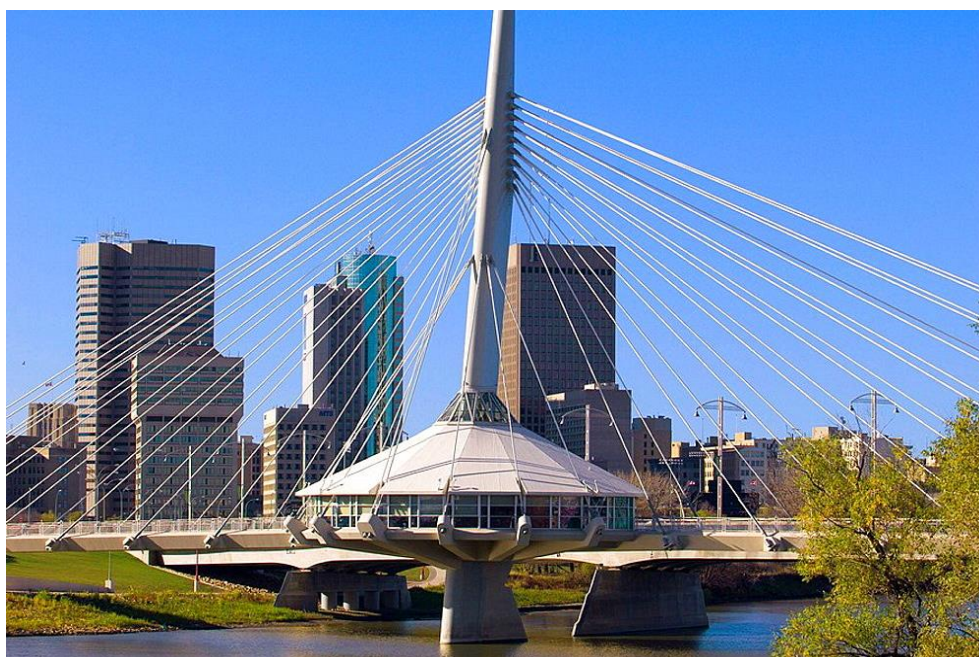
вариантом из рассмотренных, придает ему еще большее значение и трансформирует его из просто красивого моста в символ силы человеческого творческого духа.

Дело в том, что этот мост был запроектирован без какого-либо вмешательства со стороны архитекторов или других творческих консультантов, и это делает его особенно актуальным для всех инженеров-строителей. Однако, несмотря на убедительный пример влияния инженерных инноваций на эстетику на примере этого моста, трудно найти последователей этого направления среди мостов, построенных в последние годы.

И хотя за многими мостами, построенными в последние десятилетия, были признаны особые эстетические заслуги, но они имеют мало общего с работами Р. Майара. У этих построенных в последнее время мостов вместо эффективной экономики мы находим скорее экстравагантность. Вместо прямых и эффективных путей передачи силовых потоков можно увидеть косвенные и неэффективные пути передачи силовых воздействий через сооружения в грунт. И вместо того, чтобы видеть, как инженеры руководят дизайнерами-архитекторами, мы нередко видим, что ключевые роли в определении основных характеристик и облика мостового сооружения играют архитекторы, которые практически не имеют четкого представления о распределении силовых потоков в конструкциях.

Довольно ярким примером мостового сооружения с такими недостатками является пешеходный мост Эспланаде Риль-Бридж (Esplanade Riel Pedestrian Bridge) (рис. 6 и 7).

Как видно, пилон этого вантового моста с точки зрения противодействия внешним нагрузкам должен быть наклонен от пролетного строения, но он, по замыслу архитектора, наоборот, имеет наклон в сторону пролетного строения и как бы поддается действию нагрузок от веса моста. Ресторан, размещенный на консольных балках, в силу несравнимо меньшей по сравнению с пролетным строением величины, не создает визуального противовеса пролетному строению. Лучше было бы, если бы пилон был вертикальным или даже имел наклон в сторону от пролетного строения.



*Рисунок 6. Пешеходный мост Esplanade Riel Pedestrian Bridge.
Вид сбоку (источник: https://en.wikipedia.org/wiki/Esplanade_Riel)*



*Рисунок 7. Пешеходный мост Esplanade Riel Pedestrian Bridge.
Вид снизу (источник: https://en.wikipedia.org/wiki/Esplanade_Riel)*

Однако мостам Майара характерно сочетание высокой эффективности с выразительной эстетикой, а указанные мосты при высокой эстетичности, к сожалению, не отличаются экономической эффективностью.



*Рисунок 8. Лондонский мост Миллениум
(источник: <http://webmandry.com/znamenitye-mosty-londona-tauerskij-i-londonskij-mosty-most-millenium-tysyacheletiya/>)*

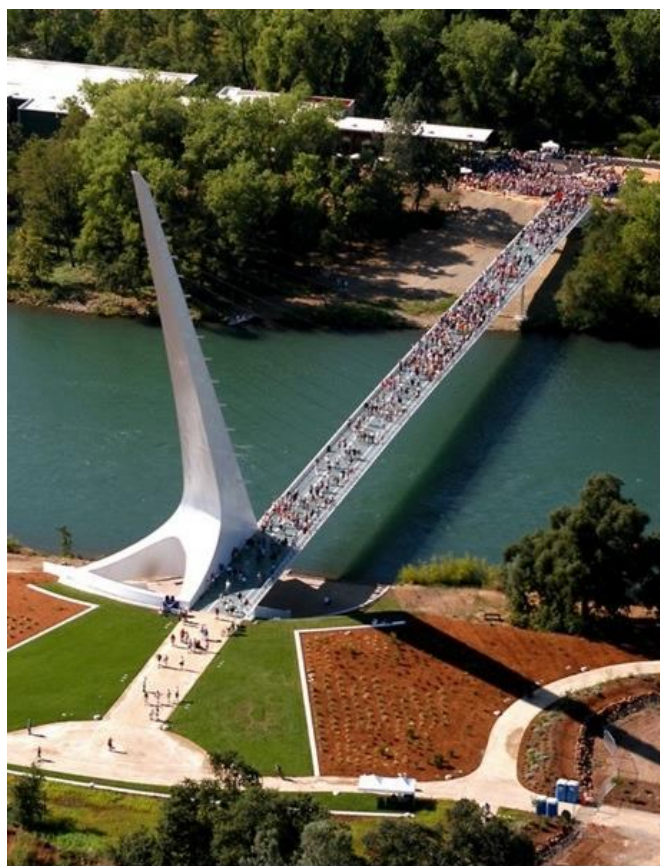


Рисунок 9. Мост Сандиал (Солнечные часы)
в Калифорнии (источник: <https://margaritka.tourister.ru/photoalbum/25727>)

То есть получается, что достижение эстетического вида общепринятым путем, без использования инновационных технических решений может привести к очень дорогим мостам. Это видно на примере моста Эспланады Риль-Бридж, когда не совсем правильно с инженерной точки зрения организованные конструктивные элементы (пилон), нарушают игру сил в конструкции и приводят к появлению дополнительных путей для этих сил, что, в конечном счете, удорожает сооружение.

Следовательно, стремление сделать мостовые сооружения произведениями, имеющими определенные эстетические достоинства, весьма непросто реализуемо, и в целом влечет за собой увеличение стоимости сооружения. Если же мы желаем использовать возможности художественного выражения мостовых сооружений в традициях Р. Майара, то мы должны признать роль технологических инноваций как средства, устанавливающего связь между экономикой и эстетикой, и создавать условия, в которых проектировщики мостов могут реализовывать эти технологические инновации.

Отметим, что и проектировщики, и преподаватели, обучающие студентов как мостовому делу, так и архитектурному проектированию мостов ответственны за создание правильных условий для внедрения инновационных решений в создаваемые мостовые сооружения.

Для того, чтобы решить, что же необходимо для достижения этих целей, рассмотрим условия, которые преобладали во время профессиональной жизни Р. Майара. И здесь важную роль играют следующие факторы [66]:

1. Нужны возможности для внедрения инноваций

Исторически сложилось так, что прогресс в совершенствовании старых и создании новых материалов стимулировал поиск инновационных конструктивных решений, использующих свойства новых материалов. В случае Р. Майара это был железобетон, являвшийся новым материалом в начале двадцатого века. В то время как большинство современников Майара, проектирующих мосты из бетона и железобетона использовали этот новый материал как обычный камень, без учета его новых характеристик, то Майар разработал новые конструктивные системы, которые эффективно использовали уникальные свойства нового композитного материала, которым являлся железобетон (включая его способность работать на растяжение и изгиб). В настоящее время появилось значительное количество новых материалов с уникальными механическими и другими эксплуатационными характеристиками, для которых еще не разработаны эффективные конструктивные системы, достаточно полно учитывающие их свойства. Такое противоречие между наличием новых уникальных материалов и отсутствием соответствующих им конструктивных систем и должно подвигнуть и архитекторов и особенно инженеров мостостроителей на поиск новых уникальных систем применительно к сфере мостостроения. Сюда, например, можно отнести разработку мостовых конструкций с несущими системами из трубобетона с оболочкой из металлических или полимерных композитных материалов [42-46], непосредственно конструкции из полимерных композитных материалов [47-49], а также мостовые конструкции с использованием тенсегрители систем [50-52] и другие системы [53-56].

2. Нужны проектировщики, которые хотят и могут внедрять инновации

Нелогично ожидать от инженеров появления инновационных решений, если их обучали и обучают расчету мостовых систем, созданных с использованием материалов, применяемых в мостостроении достаточно давно, чуть ли не с начала прошлого века. И здесь возникает вопрос, а много ли вузов и мостовых кафедр, на которых студентов обучают вопросам проектирования и сооружения мостовых конструкций из новых современных материалов (высокопрочного и самоуплотняющегося бетона, полимерных композитных материалов и так далее)? Наоборот, в России ситуация сейчас усугубляется тем, что мостовые кафедры объединяют с другими, что приводит к потере ими своего творческого лица, а финансовое состояние вузов таково, что преподавать в них идут не творческие люди, а те, кто согласен работать за предлагаемую заработную плату [57-65].

3. Нужны проектировщики, которые могли бы создавать мостовые сооружения эстетического значения.

Вильгельм Риттер – известный ученый в области строительной механики обучал студентов на основе критического анализа усилий и напряжений в реальных завершённых конструкциях [67], при этом большое внимание он уделял и анализу эстетических качеств этих конструкций и связи этих эстетических качеств со свойствами самих конструкций и их элементов.

Если мы хотим, чтобы проектировщики создавали мостовые сооружения большой визуальной элегантности, то мы должны не только объяснить им как это важно, но и выработать у них навыки и приемы, необходимые для решения вопросов, связанных с эстетикой мостов в процессе проектирования.

4. Нужны распорядители средств, собственники или владельцы создаваемых сооружений, которые принимали бы инновации

Инновации по необходимости представляют собой в определенной мере неизвестную территорию. В случае моста Salginatobel его владельцы (заказчики) не были проектировщиками уровня Р. Майара, но они ознакомились с потенциальными преимуществами его идей и были достаточно сообразительными, чтобы остаться беспристрастными при оценке концепций проектирования, предложенных Р. Майаром. На основе анализа независимых экспертных заключений они уверились в возможности реализации мостового сооружения именно по проекту Р. Майара. Причем особую трудность представляет ситуация, когда проектировщик не имеет еще наработанных предшествующими реализованными проектами имени и приходится во многом доверять мнению экспертов, которые весьма настороженно относятся к инновациям.

В настоящее время заказчики вновь создаваемых мостовых сооружений также должны выработать механизмы беспристрастной и уважительной оценки инновационных решений с тем, чтобы повысить уровень доверия к новым решениям.

5. Нужны заказчики (владельцы, собственники) сооружений, не связанные предвзятыми понятиями об эстетике и имеющие хотя бы некоторое представление о ней

Обратим внимание на то, что ни один из мостов, спроектированных Р. Майаром, не был построен в крупном городе. Мосты Р. Майара, построенные в горах Швейцарии в эпоху депрессии, были положительно оценены людьми в первую очередь за экономическую эффективность, без каких-либо ожиданий их эстетической выразительности. Свободный от предвзятого понимания того, как должен выглядеть мост, Р. Майар был свободен в использовании возможностей, предлагаемых новыми конструктивными арочными системами для создания видимого облика сооружения. При этом его предложения были достаточно смелыми и уникальными, но при этом не соответствовали представлениям 1930-х годов о том, каким должен выглядеть красивый мост.

Заключение

Если указанные выше пять факторов успешного внедрения инноваций будут реализованы, то подход к проектированию мостовых сооружений, применявшийся Р. Майаром, может быть применен и в наше время.

Эстетически привлекательные мосты не обязательно должны иметь наклонные пилоны и требовать больших денег на их реализацию. Если современные инженеры будут готовы продвигать мостовую науку и технологию вперед, а заказчики (владельцы) будут готовы стимулировать применение инноваций в мостостроении, то есть надежда, что мы будем свидетелями появления экономически эффективных и при этом эстетически привлекательных мостов, имеющих оригинальный облик, учитывающий особенности примененных для их создания материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большой энциклопедический словарь / Ред. А.М. Прохоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2000. 1456 с.
2. Никитина И.П. Эстетика. М. Высшая школа. 2008. 768 с.
3. Щусев П.В. Мосты и их архитектура. М. Стройиздат. 1952. 360 с.
4. Надежин, Б.М. Мосты и путепроводы в городах: архитектурно-планировочные особенности. М.: Стройиздат, 1964. 287 с.
5. Пунин, А.Л. Архитектура современных зарубежных мостов. Л.: Стройиздат, 1974. – 73 с.
6. Толмачев, К.Х. Основы архитектурного проектирования мостов. Новосибирск, 1978. 62 с.
7. Пунин А.Л. Архитектура отечественных мостов. М. Стройиздат. Ленинградское отделение. 1982. 152 с.
8. Гибшман Е.М. Средства архитектурной композиции городских транспортных сооружений. МАДИ. М., 1986. 123 с.
9. Бунин, М.С. Мосты Ленинграда. Очерки истории и архитектуры мостов Петербурга – Петрограда – Ленинграда. Л.: Стройиздат. Ленинградское отделение. 1986. 280 с.
10. Гибшман Е.М. Архитектурное проектирование мостовых сооружений. М.: МАДИ, 1988. 87 с.
11. Надёжин Б.М. Архитектура мостов. М. Стройиздат. 1989. 96 с.
12. Ефимов П.П. Архитектура мостов. М. ФГУП «Информавтодор». 2003. 212 с.
13. Овчинников И.Г., Дядченко Г.С. Пешеходные мосты: конструкция, строительство, архитектура. Учебное пособие. Саратов. СГТУ. 2005. 226 с.
14. Картопольцев, В.М., Горлушко О.В. Архитектура мостов: курс лекций. Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2005. – 70 с.
15. Овчинников И.Г., Инамов Р.Р., Бахтин С.А., Овчинников И.И. Висячие и вантовые мосты: эстетические проблемы. (учебное пособие). Саратов: Саратов. Гос. Техн. ун-т. 2002. 107 с.
16. Аржаникова О.А., Стахеев О.В. Критерии оценки эстетических качеств мостов // Материалы 57 научно-технической конференции. Томск. ТГАСУ. 2011. С. 314-319.
17. Павлова Л.В. Ландшафтно-эстетическая организация транспортных сооружений // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. №2(23). С. 96-103. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.18.
18. Горбачева И.А., Овчинников И.И., Овчинников И.Г. Исследование применимости постулатов мостовой эстетики к задаче проектирования мостов // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», Том 4, №4 (2017) <https://t-s.today/PDF/12TS417.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/12TS417. С. 1-27.
19. Vengenroth, R.H. A Bridge Engineer Looks at Esthetics of Structures, ASCE Journal of Structural Division, April, 1971., pp. 1227-1237.

20. Zuk, Y. A Methodology for Evaluating the Esthetic Appeal of Bridge Designs, Highway Research Board Record #428, 1973. pp. 1-4.
21. Zuk, Y. Public Response to Bridge Colors, Transportation Research Board #507, 1974. pp. 1-5.
22. Crouch, A.G.D. Bridge Aesthetics: A Sociological Approach, Civil Engineering Transactions of the Australia Institute of Engineers, Vol. 16, No.2, 1974.
23. Zuk, Y. Bridge Esthetic Guidelines, VHTRC Report, Sept., 1975.
24. Zuk, Y. How Almost Anyone Can Design a Good Looking Bridge in One Easy Lesson, ASCE Proceedings on Methods of Structural Analysis, Vol. 1, pp. 19-32, 1976.
25. Zuk, Y. A Rating System for the Esthetics of Bridges, VHTRC 80-R51, June 1980.
26. Leonhardt, F. Bridges: Aesthetics and Design, 308 pp., Deutsche Verlags-Anstalt (MIT Press, Cambridge, Massachusetts), 1982.
27. Elliott, A.L. Esthetic Development of California's Bridges, ASCE Journal of Structural Engineers, Vol. 109, Sept. 1983. pp. 2159-2174.
28. Zuk, Y. Expert Systems as Applied to Bridges and Pavements, VHTRC 86-R31, April 1986.
29. Watson, S.C., and M.K. Hurd, eds. Esthetics in Concrete Bridge Design. ACI, Detroit, Michigan, 1990.
30. Schlaich, J.M. On the Aesthetics of Pedestrian Bridges in: Esthetics in Concrete Bridge Design S.C. Watson & M.K. Hurd, ed. American Concrete Institute, 1990. Michigan, USA. p. 133-148.
31. Yang, S. & D. Huang. Aesthetic Considerations for Urban Pedestrian Bridge Design, in: Journal of Architectural Engineering (p. 38). March 1997.
32. Frederick Gottemoller & David P. Billington: "Bridge Aesthetics – Structural Art". Bridge Engineering Handbook – 2nd edition – 2000.
33. Gauvreau, P. "Innovation and Aesthetics in Bridge Engineering" – Canadian Civil Engineer – Canada. 2007.
34. Bridge aesthetics – design guideline to improve the appearance of bridges in NSW – Center for urban design – Transport Roads and maritime services – New south Wales – Australia-2012.
35. Пунин, А.Л. Эстетические проблемы мостостроения // Вест. мостостроения. – 1998. – № 3-4. – С. 5-6.
36. Ar. Renuka Chutke Chakradeo. Understanding the Principle of Aesthetics in Bridges with reference to the Structural Principles // International Journal of Engineering Research. 11-12 Jan. 2018. Volume No.7, Issue Special 3, pp: 289-292.
37. M. Kušter Mariü, J. Radiü, Dunja Buljan. Cultural Heritage and Aesthetics Of Arch Bridges On The Territories Of Croatia And Bosnia And Herzegovina // 8th International Conference on Arch Bridges. October 5-7, 2016, Wrocław, Poland. pp. 157-166.
38. L.A. Tegola, A., Micelli, F. Maillart bridges: from structural concept to strengthening. Dans: Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Bridge Engineering, v. 162, n. 2 (juin 2009), pp. 87-93.

39. Timbs, J. The Menai Suspension-Bridge // Stories of Inventors and Discoverers in Science and the Useful Arts. 1860. 376 p. Pp. 267-270.
40. Овчинников И.Г., Снарский С.В., Еллала Ф.А. Густав Эйфель и развитие индустриального мостостроения. Саратов. СГТУ. 2005. 46 с.
41. Othmar H. Ammann Memorial Plaque. ASCE Metropolitan Section. Retrieved November 12, 2016.
42. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 1. Опыт применения трубобетона с металлической оболочкой // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №4 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/95TVN415.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/95TVN415.
43. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 2. Расчет трубобетонных конструкций с металлической оболочкой // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №4 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/112TVN415.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/112TVN415.
44. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 3. Опыт применения полимерных композитных материалов в мостостроении // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/27TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/27TVN515.
45. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 4. Опыт применения трубобетонных свай с оболочкой из полимерных композиционных материалов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/148TVN615.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/148TVN615.
46. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 5. Опыт применения трубобетонных арок и гибридных конструкций с оболочкой из полимерных композиционных материалов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №1 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/02TVN116.pdf> (доступ свободный). Загл. С экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/02TVN116.
47. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Мандрик-Котов Б.Б., Михалдыкин Е.С. Проблемы применения полимерных композиционных материалов в транспортном строительстве // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/89TVN616.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
48. Мандрик-Котов Б.Б., Овчинников И.Г. Особенности применения полимерных композиционных материалов в малонагруженных конструкциях транспортных сооружений // I Международная научно-техническая конференция

- «Долговечность и надежность строительных материалов и конструкций в эксплуатационной среде» (14 декабря 2017 г). Сборник статей [Электронный ресурс]. – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2017. с. 402-412.
49. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Мандрик-Котов Б.Б., Михалдыкин Е.С. Проблемы применения полимерных композитов в дорожно-мостовом строительстве // ДОРОГИ. Инновации в строительстве. №61, май 2017. с. 80-85.
 50. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Буреев А.К. Применение принципа тенсегрити для создания мостовых конструкций. Часть 1. Общие сведения о системе «тенсегрити» // Транспортные сооружения, Том 4, №2 (2017) <http://t-s.today/PDF/04TS217.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/04TS217.
 51. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Буреев А.К. Применение принципа тенсегрити для создания мостовых конструкций. Часть 2. Примеры мостов-тенсегрити // Транспортные сооружения, Том 4, №3 (2017) <http://t-s.today/PDF/01TS317.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/01TS317.
 52. Буреев А.К., Овчинников И.Г. Методы поиска форм тенсегрити-структур // Актуальные проблемы строительства, строительной индустрии и промышленности: сборник материалов XVIII Международной научно-технической конференции». Тула: Издательство ТулГУ 2016. С. 36-41.
 53. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Караханян А.Б. Современные тенденции в проектировании пешеходных мостов // Дороги и мосты. РосдорНИИ. 2015. Вып.33. с. 177-194.
 54. Шмелев В.Н., Овчинников И.Г. Возможности применения технологии прямого лазерного выращивания в мостостроении // Магистратура – автотранспортной отрасли: материалы I всероссийской межвузовской конференции «Магистерские слушания». 27-28 октября 2016 г.; СПбГАСУ. – СПб.: НИЦ АРТ, 2017. – 462 с.: ил. с. 62-65.
 55. Шнякина М.А., Овчинников И.Г. Использование идей бионического проектирования в формировании эстетического вида мостов // Магистратура – автотранспортной отрасли: материалы I всероссийской межвузовской конференции «Магистерские слушания». 27-28 октября 2016 г.; СПбГАСУ. – СПб.: НИЦ АРТ, 2017. – 462 с.: ил. с. 66-71.
 56. Современные пешеходные и велосипедные мосты (основные концепции проектирования и примеры): моногр. / И.И. Овчинников, А.Б. Караханян, И.Г. Овчинников, Ю.П. Скачков. – Пенза: ПГУАС, 2018. – 140 с.
 57. Овчинников И.Г., Овчинников И.И. Подготовка специалистов в области транспортного строительства: применение информационных технологий // Красная линия. Дороги. Инновации в дорожном строительстве. СПб. 2010. №47. с. 26-27.
 58. Овчинников И.Г., Овчинников И.И. Выпускающая кафедра вуза – основа сохранения высшей инженерной школы и внедрения инновационных технологий в вузах // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию Победы советского народа в Великой Отечественной войне «Инновации в транспортном комплексе. Безопасность движения. Охрана окружающей среды». Том 3. Инновации в транспортном строительстве.

- Издательство Пермского государственного технического университета. Пермь. 2010. С. 107-113.
59. Овчинников И.Г., Овчинников И.И. Квалификация под угрозой. Дорожная Держава. 2012. № 42. с. 52-54.
 60. Овчинников И.Г., Овчинников И.И. Квалификация под угрозой (продолжение). Дорожная Держава. 2012. № 44. с. 67-69.
 61. Овчинников И.Г., Распоров О.Н., Овчинников И.И., Распоров К.О. Проблема подготовки мостовиков в вузах: чему их учить? // Транспортное строительство. 2014. №9, с. 27-29.
 62. Смирнов В.Н. Проблемы подготовки инженерных кадров для мостостроения // Профобразование, наука и инновации в 21 веке: сб. тр.Х Санкт-Петербургского конгресса. 2016. С. 191-194.
 63. Гарибов Р.Б., Овчинников И.Г. Некоторые болевые точки российского инженерно-строительного образования // I Международная научно-техническая конференция «Долговечность и надежность строительных материалов и конструкций в эксплуатационной среде» (14 декабря 2017 г). Сборник статей [Электронный ресурс]. – М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2017. с. 71-91.
 64. Смирнов В.Н. Подготовка студентов мостовой специальности в современных условиях // Новые технологии в мостостроении: сб. трудов Международной научно-технической конференции. СПб. ФГБОУ ВО ПГУПС. 2018. 176 с., с. 124-128.
 65. Овчинников И.И., Овчинников И.Г. Проблемы подготовки специалистов в отрасли транспортного строительства и пути их решения // Транспортные сооружения, 2018 №4, <https://t-s.today/PDF/02SATS418.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/02SATS418. С. 1-14.
 66. Gauvreau, P. “Innovation and Aesthetics in Bridge Engineering”. Canadian Civil Engineer 23.5 (Winter 2006-2007): 10-12, 2007.
 67. Billington David P. The Tower and the Bridge: The New Art of Structural Engineering. Basic Books. 1983. 334 p.

Ovchinnikov Ilya Igorevich

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia
Yuri Gagarin state technical university of Saratov, Saratov, Russia
E-mail: bridgeart@mail.ru

Gorbacheva Irina Anatolievna

Yuri Gagarin state technical university of Saratov, Saratov, Russia
E-mail: utiszamsochi@mail.ru

Ovchinnikov Igor Georgievich

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia
Perm national research polytechnic university, Perm, Russia
E-mail: bridgesar@mail.ru

The influence of innovation on the aesthetics of bridges

Abstract. The influence of innovative solutions in bridge engineering on the aesthetic appearance of the created bridge structures is considered. It is noted that Robert Maillart paid great attention to the aesthetic possibilities of reinforced concrete when creating bridges. At the same time, he chose from all the options the most aesthetically appealing, but inexpensive design solutions for bridges. As an example, Salginatobel Bridge is considered in which rational power flows, low construction costs, and rich aesthetic value are embodied in a single structure. In the bridges of R. Maillart, innovation is the link that provides the link between an effective economic solution and an expressive aesthetic look. A group of engineers implementing an effective technology for the structural design of bridges and including Thomas Telford, Gustav Eiffel, Othmar H. Ammann is briefly discussed. It is noted that in recently built bridges, instead of an efficient economy, we find rather extravagance and inefficient use of resources. An example of a bridge structure with such weakness is the Esplanade Riel Pedestrian Bridge pedestrian bridge.

Analyzed 5 factors necessary for the successful implementation of innovations that create aesthetic bridges: (1) the possibility of introducing innovations; (2) the presence of designers who are willing and able to introduce innovations; (3) the presence of designers who could create aesthetic bridges; (4) the presence of customers (owners) of bridges who would accept innovations; (5) the presence of customers who would not reject aesthetically expressive designs.

Keywords: bridges; innovation; aesthetics of bridges; visual impact; Robert Maillart

REFERENCES

1. (2000). Bol'shoy ehntsiklopedicheskiy slovar'. [*Big Encyclopedic Dictionary*. Ed. by A.M. Prokhorov. Moscow: Great Russian Encyclopedia, p. 1456].
2. Nikitina I.P. (2008). Ehstetika. [*Aesthetics*.] Moscow: High school, p. 768.
3. Shchusev P.V. (1952). Mosty i ikh arkhitektura. [*Bridges and their architecture*.] Moscow: Stroizdat, p. 360.
4. Nadezhin B.M. (1964). Mosty i puteprovody v gorodakh: arkhitekturno-planirovochnye osobennosti. [*Bridges and overpasses in cities: architectural and planning features*.] Moscow: Stroizdat, p. 287.
5. Punin A.L. (1974). Arkhitektura sovremennykh zarubezhnykh mostov. [*Architecture of modern overseas bridges*.] Leningrad: Stroizdat, p. 73.
6. Tolmachev K.Kh. (1978). Osnovy arkhitekturnogo proektirovaniya mostov. [*Basics of architectural bridge design*.] Novosibirsk, p. 62.

7. Punin A.L. (1982). *Arkhitektura otechestvennykh mostov. [Architecture of domestic bridges.]* Moscow: Stroiizdat. Leningrad branch, p. 152.
8. Gibshman E.M. (1986). *Sredstva arkhitekturnoy kompozitsii gorodskikh transportnykh sooruzheniy. [Means of architectural composition of urban transport facilities.]* Moscow: Moscow Automobile Road State Technical University, p. 123.
9. Bunin M.S. (1986). *Mosty Leningrada. Ocherki istorii i arkhitektury mostov Peterburga – Petrograda – Leningrada. [Bridges of Leningrad. Essays on the history and architecture of the bridges of St. Petersburg - Petrograd - Leningrad.]* Leningrad: Stroiizdat. Leningrad branch, p. 280.
10. Gibshman E.M. (1988). *Arkhitekturnoe proektirovanie mostovykh sooruzheniy. [Architectural design of bridges.]* Moscow: Moscow Automobile Road State Technical University, p. 87.
11. Nadyozhin B.M. (1989). *Arkhitektura mostov. [Bridge architecture.]* Moscow: Stroiizdat, p. 96.
12. Efimov P.P. (2003). *Arkhitektura mostov. [Bridge architecture.]* Moscow: Federal State Unitary Enterprise "Informavtodor", p. 212.
13. Ovchinnikov I.G., Dyadchenko G.S. (2005). *Peshekhodnye mosty: konstruktsiya, stroitel'stvo, arkhitektura. Uchebnoe posobie. [Pedestrian bridges: construction, construction, architecture. Tutorial.]* Saratov: Saratov State Technical University, p. 226.
14. Kartopol'tsev V.M., Gorlushko O.V. (2005). *Arkhitektura mostov: kurs lektsiy. [Architecture bridges: a course of lectures.]* Tomsk: Publishing House of Tomsk State University of Architecture and Construction, p. 70.
15. Ovchinnikov I.G., Inamov R.R., Bakhtin S.A., Ovchinnikov I.I. (2002). *Visyachie i vantovye mosty: ehsteticheskie problemy. Uchebnoe posobie. [Hanging and cable bridges: aesthetic problems. Tutorial.]* Saratov: Saratov State Technical University, p. 107.
16. Arzhanikova O.A., Stakheev O.V. (2011). *Kriterii otsenki ehsteticheskikh kachestv mostov. [Criteria for assessing the aesthetic qualities of bridges.]* Tomsk: Tomsk State Architectural and Construction University, pp. 314-319.
17. Pavlova L.V. (2016). *Landscape and aesthetic organization of transport facilities. Bulletin of the Samara State University of Architecture and Civil Engineering, 2(23), pp. 96-103 (in Russian). DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.18.*
18. Gorbacheva I.A., Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G. (2017). *Analysis of applicability of bridge aesthetics postulates to the problem of bridge designing. Russian journal of transport engineering, [online] 4(4). Available at: https://t-s.today/PDF/12TS417.pdf (in Russian). DOI: 10.15862/12TS417.*
19. Vengenroth, R.H. (1971). *A Bridge Engineer Looks at Esthetics of Structures. ASCE Journal of Structural Division, pp. 1227-1237.*
20. Zuk Y. (1973). *A Methodology for Evaluating the Esthetic Appeal of Bridge Designs, Highway Research Board Record. 428, pp. 1-4.*
21. Zuk Y. (1974). *Public Response to Bridge Colors, Transportation Research Board. 507, pp. 1-5.*
22. Crouch, A.G.D. (1974). *Bridge Aesthetics: A Sociological Approach. Civil Engineering Transactions of the Australia Institute of Engineers, 2(16).*
23. Zuk Y. (1975). *Bridge Esthetic Guidelines, VHTRC Report.*
24. Zuk Y. (1976). *How Almost Anyone Can Design a Good Looking Bridge in One Easy Lesson. ASCE Proceedings on Methods of Structural Analysis, 1, pp. 19-32.*

25. Zuk Y. (1980) A Rating System for the Esthetics of Bridges, VHTRC 80-R51.
26. Leonhardt F. (1982). *Bridges: Aesthetics and Design*. Cambridge, Massachusetts: Deutsche Verlags-Anstalt (MIT Press), p. 308.
27. Elliott A.L. (1983). Esthetic Development of California's Bridges. *ASCE Journal of Structural Engineers*, (109), pp. 2159-2174.
28. Zuk Y. (1986). Expert Systems as Applied to Bridges and Pavements, VHTRC 86-R31.
29. Watson S.C., Hurd M.K. and etc. (1990). *Esthetics in Concrete Bridge Design*. Detroit, Michigan: ACI.
30. Schlaich J.M. (1990). *On the Aesthetics of Pedestrian Bridges in: Esthetics in Concrete Bridge Design S.C. Watson & M.K. Hurd*. Michigan, USA: American Concrete Institute, pp. 133-148.
31. Yang S., Huang D. (1997). Aesthetic Considerations for Urban Pedestrian Bridge Design. *Journal of Architectural Engineering*, p. 38.
32. Frederick Gottemoller, David P. (2000). Billington: "Bridge Aesthetics – Structural Art". *Bridge Engineering Handbook*.
33. Gauvreau P. (2007). *Innovation and Aesthetics in Bridge Engineering*. Canada: Canadian Civil Engineer.
34. (2012). *Bridge aesthetics – design guideline to improve the appearance of bridges in NSW – Center for urban design*. New south Wales – Australia: Transport Roads and maritime services.
35. Punin A.L. (1998). Aesthetic problems of bridge construction. *Bulletin of Bulding*, 3-4, pp. 5-6.
36. Ar. Renuka Chutke Chakradeo (2018). Understanding the Principle of Aesthetics in Bridges with reference to the Structural Principles. *International Journal of Engineering Research*. 3(7), pp. 289-292.
37. M. Kušter Mariü, J. Radiü, Dunja Buljan (2016). *Cultural Heritage and Aesthetics Of Arch Bridges On The Territories Of Croatia And Bosnia And Herzegovina*. Wrocław, Poland, pp. 157-166.
38. L.A. Tegola, A. Micelli, F. Maillart (2009). Bridges: from structural concept to strengthening. *Dans: Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Bridge Engineering*, 2(162), pp. 87-93.
39. Timbs J. (1860). The Menai Suspension-Bridge. *Stories of Inventors and Discoverers in Science and the Useful Arts*, pp. 267-270.
40. Ovchinnikov I.G., Snarskiy S.V., Ellala F.A. (2005). Gustav Ehyfel' i razvitie industrial'nogo mostostroeniya. [*Gustav Eiffel and the development of industrial bridge construction.*] Saratov: Saratov State Technical University, p. 46.
41. Othmar H. (2016). Ammann Memorial Plaque. *ASCE Metropolitan Section*.
42. Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G., Chesnokov G.V., Mikhaldykin E.S. (2015). About the problem of the analysis of tube-confined concrete structures with a shell made of different materials. Part 1. The application of tube-confined concrete with metal shell. *Naukovedenie*, [online] 4(7). Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/95TVN415.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/95TVN415.
43. Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G., Chesnokov G.V., Mikhaldykin E.S. (2015). About the problem of the analysis of tube-confined concrete structures with a shell made of different materials. Part 2. Calculation of tube-confined concrete structures with a metallic shell. *Naukovedenie*, [online] 4(7). Available at:

- <http://naukovedenie.ru/PDF/112TVN415.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/112TVN415.
44. Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G., Chesnokov G.V., Mikhaldykin E.S. (2015). About the problem of the analysis of tube-confined concrete structures with a shell made of different materials. Part 3. Experience of using fiber reinforcement plastic in bridge construction. *Naukovedenie*, [online] 5(7). Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/27TVN515.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/27TVN515.
45. Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G., Chesnokov G.V., Mikhaldykin E.S. (2015). About the problem of the analysis of tube-confined concrete structures with a shell made of different materials. Part 4. The application of tube-confined concrete piles with fiber reinforcement plastic shell. *Naukovedenie*, [online] 6(7). Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/148TVN615.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/148TVN615.
46. Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G., Chesnokov G.V., Mikhaldykin E.S. (2016). About the problem of the analysis of tube-confined concrete structures with a shell made of different materials. Part 5. The application of tube-confined concrete arch with fiber reinforcement plastic shell in bridge engineering. *Naukovedenie*, [online] 1(8). Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/02TVN116.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/02TVN116.
47. Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G., Mandrik-Kotov B.B., Mikhaldykin E.S. (2016). Problems of application of polymeric composite materials in transport construction. *Naukovedenie*, [online] 6(8). Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/89TVN616.pdf> (in Russian).
48. Mandrik-Kotov B.B., Ovchinnikov I.G. (2017). Osobennosti primeneniya polimernykh kompozitsionnykh materialov v malonagruzhennykh konstruktivnykh transportnykh sooruzheniy. [*Features of the use of polymer composite materials in lightly loaded structures of transport facilities.*] Moscow: National Research Nuclear University Moscow Engineering Physics Institute; Balakovo: Balakovo Engineering and Technology Institute National Research Nuclear University Moscow Engineering and Physics Institute, pp. 402-412.
49. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Mandrik-Kotov B.B., Mikhaldykin E.S. (2017). Problems of application of polymer composites in road and bridge construction. *ROADS. Innovations in construction*, 61, pp. 80-85.
50. Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G., Bureev A.K. (2017). Application of the principle of Tensegrity to create bridge structures. Part 1. General information about the Tensegrity system. *Russian journal of transport engineering*, [online] 2(4). Available at: <http://t-s.today/PDF/04TS217.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/04TS217
51. Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G., Bureev A.K. (2017). Application of the principle of Tensegrity to create bridge structures. Part 2. Examples of Tensegrity Bridges. *Russian journal of transport engineering*, [online] 3(4). Available at: <http://t-s.today/PDF/01TS317.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/01TS317
52. Bureev A.K., Ovchinnikov I.G. (2016). Metody poiska form tensegriti-struktur. [*Methods for finding forms of Tensegrity structures.*] Tula: Tula State University Publishing House, pp. 36-41.
53. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Karakhanyan A.B. (2015). Current trends in the design of pedestrian bridges. *Roads and bridges. RosdorNII*, 33, pp. 177-194 (in Russian).

54. Shmelev V.N., Ovchinnikov I.G. (2017). Vozmozhnosti primeneniya tekhnologii pryamogo lazernogo vyrashchivaniya v mostostroenii. [*The possibilities of using the technology of direct laser growth in bridge construction.*] Saint Petersburg: Scientific Information Center ART, p. 462.
55. Shmelev V.N., Ovchinnikov I.G. (2017). Ispol'zovanie idey bionicheskogo proektirovaniya v formirovaniy ehsteticheskogo vida mostov. [*Using the ideas of bionic design in the formation of the aesthetic appearance of bridges.*] Saint Petersburg: Scientific Information Center ART, p. 462.
56. Ovchinnikov I.I., Karakhanyan A.B., Ovchinnikov I.G., Skachkov Yu.P. (2018). Sovremennye peshekhodnye i velosipednye mosty (osnovnye kontseptsii proektirovaniya i primery). [*Modern pedestrian and bicycle bridges (basic design concepts and examples).*] Penza: Penza State University of Architecture and Construction, p. 140.
57. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I. (2010). Training specialists in the field of transport construction: application of information technologies. *Red Line. Roads. Innovations in road construction*, 47, pp. 26-27 (in Russian).
58. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I. (2010). Vypuskayushchaya kafedra vuza – osnova sokhraneniya vysshey inzhenernoy shkoly i vnedreniya innovatsionnykh tekhnologiy v vuzakh. [*The graduating department of the university is the basis for the preservation of the higher engineering school and the introduction of innovative technologies in universities.*] Perm: Publishing House of Perm State Technical University, p. 107-113.
59. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I. (2012). Qualification at risk. *Road Power*, 42, pp. 52-54 (in Russian).
60. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I. (2012). Qualification at risk (continued). *Road Power*, 44, pp. 67-69 (in Russian).
61. Ovchinnikov I.G., Rasporov O.N., Ovchinnikov I.I., Rasporov K.O. (2014). The problem of training bridges in universities: what to teach them? *Transport construction*, 9, pp. 27-29 (in Russian).
62. Smirnov V.N. (2016). Problemy podgotovki inzhenernykh kadrov dlya mostostroeniya. [*Problems of training engineering personnel for bridge building.*] Saint Petersburg, pp. 191-194.
63. Garibov R.B., Ovchinnikov I.G. (2017). Nekotorye bolevye tochki rossiyskogo inzhenerno-stroitel'nogo obrazovaniya. [*Some pain points of the Russian engineering and construction education.*] Moscow: National Research Nuclear University Moscow Engineering Physics Institute; Balakovo: Balakovo Engineering and Technology Institute National Research Nuclear University Moscow Engineering and Physics Institute, pp. 71-91.
64. Smirnov V.N. (2018). Podgotovka studentov mostovoy spetsial'nosti v sovremennykh usloviyakh. [*Preparation of students of paving specialty in modern conditions.*] Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Communications, p. 176.
65. Ovchinnikov I.I., Ovchinnikov I.G. (2018). Problems of training specialists in the field of transport construction and ways to solve them. *Russian journal of transport engineering*, [online] 4(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/02SATS418.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/02SATS418.
66. Gauvreau P. (2007). Innovation and Aesthetics in Bridge Engineering. *Canadian Civil Engineer*.
67. Billington David P. (1983). *The Tower and the Bridge: The New Art of Structural Engineering*. Basic Books, 334 p.