

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

Russian journal of transport engineering

2019, №4, Том 6 / 2019, No 4, Vol 6 <https://t-s.today/issue-4-2019.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/23SATS419.pdf>

DOI: 10.15862/23SATS419 (<http://dx.doi.org/10.15862/23SATS419>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Валиев Ш.Н., Маунг Маунг Вин Аунг, Овчинников И.И. Эксплуатационное состояние вантовых мостовых сооружений Мьянмы // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №4, <https://t-s.today/PDF/23SATS419.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/23SATS419

For citation:

Valiev Sh.N., Maung Maung Vin Aung, Ovchinnikov I.I. (2019). Operational state of Myanmar cable-stayed bridge structures. *Russian journal of transport engineering*, [online] 4(6). Available at: <https://t-s.today/PDF/23SATS419.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/23SATS419

УДК 624.04

Валиев Шерали Назаралиевич

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Москва, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: Bridgelab@madi.ru

Маунг Маунг Вин Аунг

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Москва, Россия
Соискатель
E-mail: Mosti.madi@mail.ru

Овчинников Илья Игоревич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: bridgeart@mail.ru

Эксплуатационное состояние вантовых мостовых сооружений Мьянмы

Аннотация. Кратко рассмотрены особенности дорожной сети Мьянмы, более подробно проанализирован мостовой парк страны, включающий около 500 мостов, приведены примеры мостовых сооружений различного типа, используемых в Мьянме (арочный, висячий, рамный, ферменный, разводной, вантовый). Особое внимание уделено вантовым мостам, приведены данные об их состоянии по результатам обследований, проведенных совместно с японскими специалистами, приведены характерные дефекты и повреждения мостов и указаны причины их появления. Отмечено, что средняя долговечность мостов Мьянмы составляет 30–35 лет. В заключение кратко рассмотрена история строительства вантовых мостов в СССР и России, перечислены наиболее известные вантовые мосты России различных лет постройки и их параметры. Проанализированы недостатки вантовых мостов с точки зрения их сопротивления ветровым нагрузкам и показано, что у вантовых мостов с большими пролетами несущая способность вант недостаточно используется. Рассмотрены причины локальных и глобальных отказов вантовых мостов (физические, расчётные, технологические), Сделан вывод, что в случае больших пролетов висячие мосты имеют существенные преимущества перед вантовыми.

Ключевые слова: вантовый мост; пилон; эксплуатационное состояние; дефект; повреждение; железобетонная балка жесткости; эффективность; недостатки вантовых мостов

Введение

Мьянма находится в материковой части Юго-Восточной Азии, между 92° и 101° восточной долготы и 9° и 28° северной широты. На юге её побережье омывается водами Андаманского моря, на западе и юго-западе – Бенгальского залива. Наиболее крупные острова – Янбье, Манаун, Препарис, Кокосовые, архипелаг Мьей (Мергуи). Протяжённость сухопутной границы 5876 км. На западе. Рельеф Мьянмы представляет собой центральную низменность, окаймлённую горами. На западе горные хребты протянулись от Гималаев на юг. Общая протяжённость меридиональных хребтов – 1120 км, а максимальная ширина горной системы 240 км, средняя высота хребтов 1800 м, наивысшая точка на западе – гора Виктория (3053 м). Наибольшей высоты горы достигают на крайнем севере на границе с восточным Тибетом, там находится высочайшая вершина не только Мьянмы, но и всей материковой части Юго-Восточной Азии – пик Кхакаборази (5885 м). На востоке расположено обширное Шанское нагорье, высота над уровнем моря от 1000 до 2000 м, как и горные хребты, оно имеет направление с севера на юг.

Около 60 % территории страны покрыто лесами. На территории Мьянмы распространены вечнозелёные тропические леса, в том числе «дождевые», листопадные или леса муссонного типа, болотистые джунгли, встречаются саванны.

В Мьянме имеются большие запасы полиметаллических руд (цинк, свинец, медь, серебро), олова, вольфрама. Разведанные запасы железной руды оцениваются в 40 млн т, имеется множество больших и малых месторождений золота и драгоценных камней. Обнаружены уран, ториевые и бериллиевые руды, сурьма, титан, молибден, висмут. Разведанные запасы нефти оцениваются в 50 млн баррелей, бурого угля – 200 млн т, природного газа – 10 трлн куб. футов¹. Экспорт – газ, лесоматериалы, бобы, рыба, рис, одежда, поделочные и драгоценные камни. Основные покупатели – Таиланд 52,3 %, Индия 12,7 %, Китай 8,9 %, Япония 4,4 %. Импорт – нефтепродукты, удобрения, продукция машиностроения, транспортные средства, цемент, стройматериалы, продовольствие. Основные поставщики импорта – Китай 31,9 %, Таиланд 21,2 %, Сингапур 20,7 %, Малайзия 5,1 %, Индонезия 4 %.

На территории республики Мьянмы имеются четыре основные реки: Ираводи, Танливи, Чиндуин и Ситайнк. Река Ираводи протекает через центр Мьянмы с севера на юг. Её длина составляет 1550 км, ширина не менее 1 км, а глубина – от 5 до 9 м. Скорость течения реки 2.0 м в секунду. Эта река имеет весьма важное коммерческое значение, она разделяет западную от восточной части страны, что сдерживает их общее экономическое развитие. Остальные реки также протекают в основном с севера на юг, что создает проблемы их преодоления при строительстве дорог, необходимых для связи западных и восточных районов страны.

Министерство строительства осуществляет строительство новых дорог, модернизацию, ремонт и содержание существующих дорог год за годом ускоренными темпами. Ранее, до 1988 года, было всего 21816 км дорог. Теперь построено до 148690 км. Дороги перестраивают с грунтовых на гравийные, гравийные на щебеночные, с щебеночных на дороги с асфальтобетонным покрытием. Существующие дороги с асфальтобетонным покрытием также уширяются с одной полосы движения на две полосы движения, с четырех полос движения на шесть полос.

¹ <https://geo-1.ru/myanma-informatsiya-o-strane/>.

Всего в настоящее время в Мьянме эксплуатируется 148690 км дорог (рис. 1), из них бетонных дорог – 2726 км, асфальтных – 28739 км, гравийных дорог – 26320 км, щебеночных дорог – 12635 км, грунтовых дорог – 76884 км.

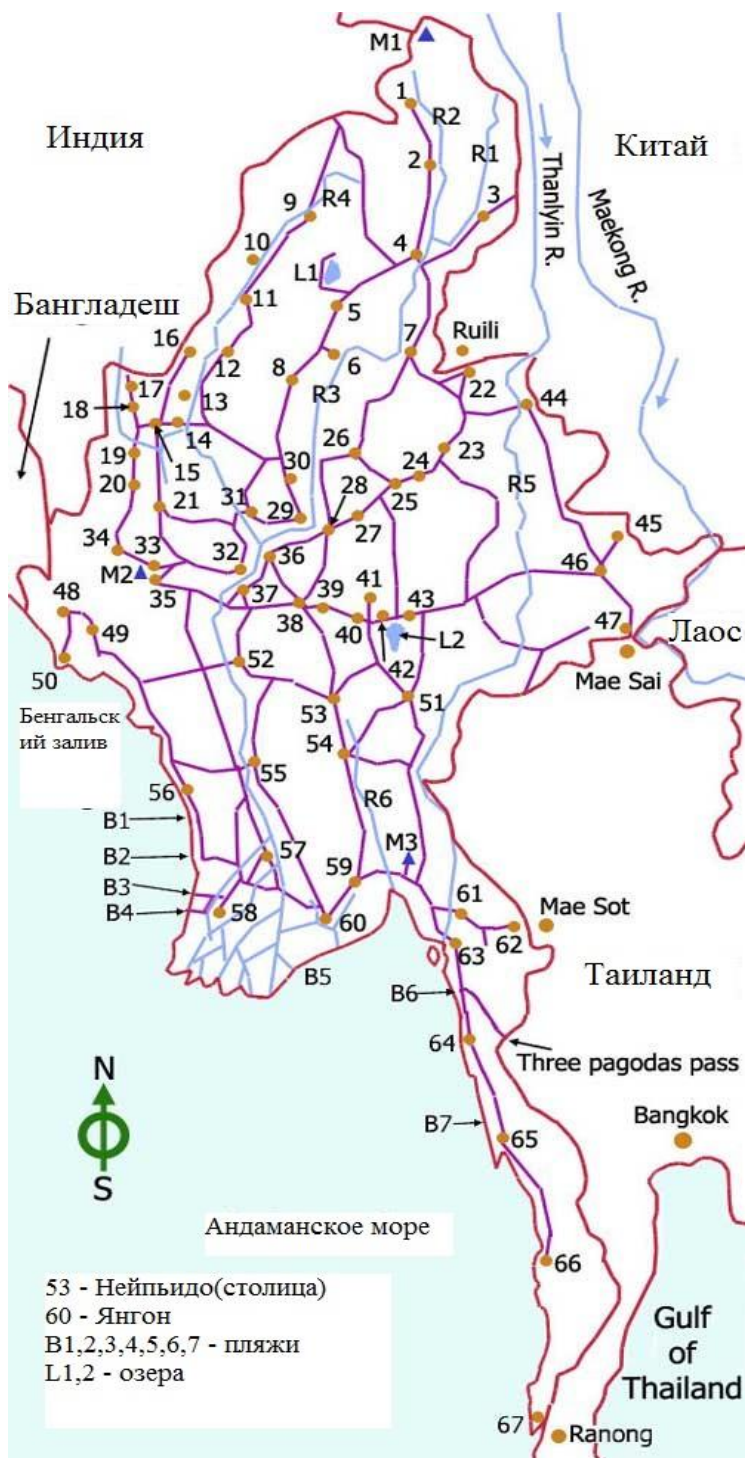


Рисунок 1. Сеть автомобильных дорог в Мьянме (схема авторов)

1. Мостовые сооружения Мьянмы

До 1988 г. в Мьянме было всего 198 мостов длиной больше 50 м, к настоящему времени построено 486 мостов и в стадии проектирования находится 20 мостов пролетом больше 50 м.

В таблице 1 показано распределение мостов по штатам и областям Мьянмы. Из общего количества 70 % мостов являются стальными и сталежелезобетонными, а 30 % железобетонными. По типу 60 % мостов – ферменные, 20 % – висячие и вантовые, 20 % – балочные мосты. На рисунках 2–6 показаны некоторые мосты в Мьянме.

Таблица 1

Мосты в областях и штатах Мьянмы

Штат/область	До 1988, мосты длиной больше 50 м	После 1988, мосты длиной больше 50 м
штат Качин	27	22
штат Кая	6	2
штат Карен	8	9
штат Чин	2	3
штат Мон	3	4
штат Ракхайн	11	37
область Шан	24	20
область Иравади	11	59
область Пегу	36	24
область Магуэ	20	30
область Сикайн	17	23
область Танинтайи	8	7
область Мандалай	18	18
область Янгон	7	30
Итого	198 + 288 = 486	

Составлено авторами

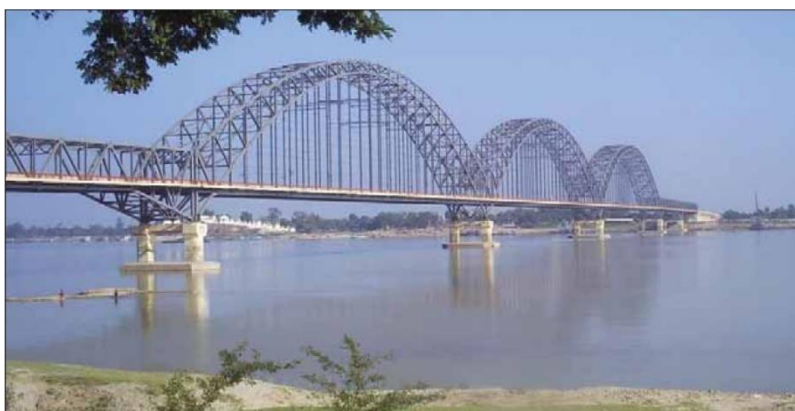


Рисунок 2. Арочный мост «Ятанавон» (фото авторов)

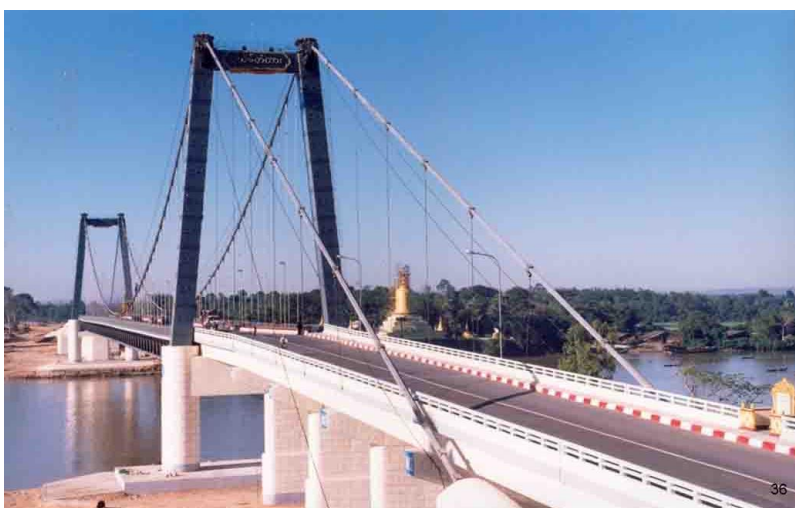


Рисунок 3. Висячий мост (фото авторов)



Рисунок 4. Рамный мост через реку Хлаинг (фото авторов)



Рисунок 5. Ферменный мост (фото авторов)



Рисунок 6. Разводной мост (фото авторов)

По экономическим, производственным и технологическим соображениям вантовые мосты в республике Мьянма начали строить только в конце прошлого века, когда в мировом мостостроении определилась устойчивая тенденция к их применению в области больших пролетов.

Первый мост с использованием вантовой системы в Мьянме был построен в 1998 г. через р. Аттаран в г. Мо Ла Мьяинге в области Мон (рис. 7). Полная длина моста составила 432 метра. Его вантовая часть включает два пилона, расстояние между которыми 56 м, сталежелезобетонную балку жесткости и ванты по схеме «веер». Ширина моста – 12,5 метров с двумя полосами движения автомобилей.

12 июля 2000 года был введен в эксплуатацию второй вантовый двухпилонный мост в Мьянме – Маха Вандула – через реку Пазонтайнг, соединяющий центр города Янгона с его южной частью. Длина моста 1110 метров с самым длинным пролётом 240 метров со сталежелезобетонной балкой жесткости с вантами по схеме «веер». Ширина моста 24,5 м с 4 полосами автомобильного движения (рис. 8).

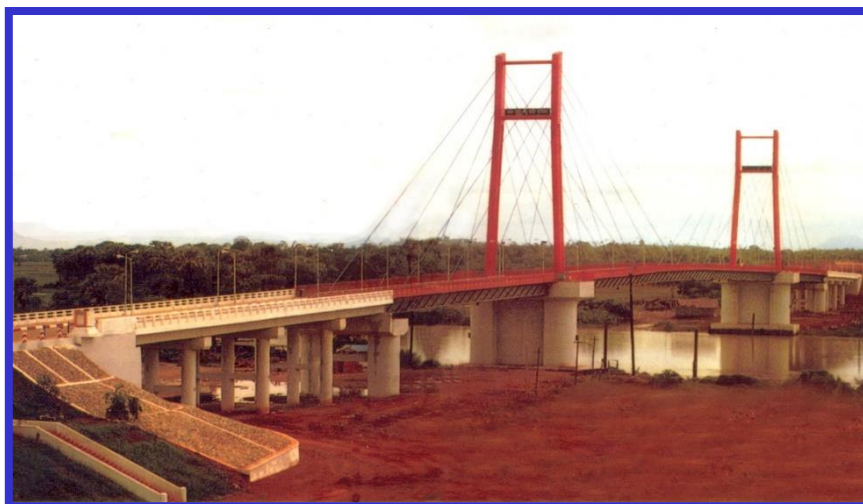


Рисунок 7. Мост Аттаран через р. Аттаран (фото авторов)

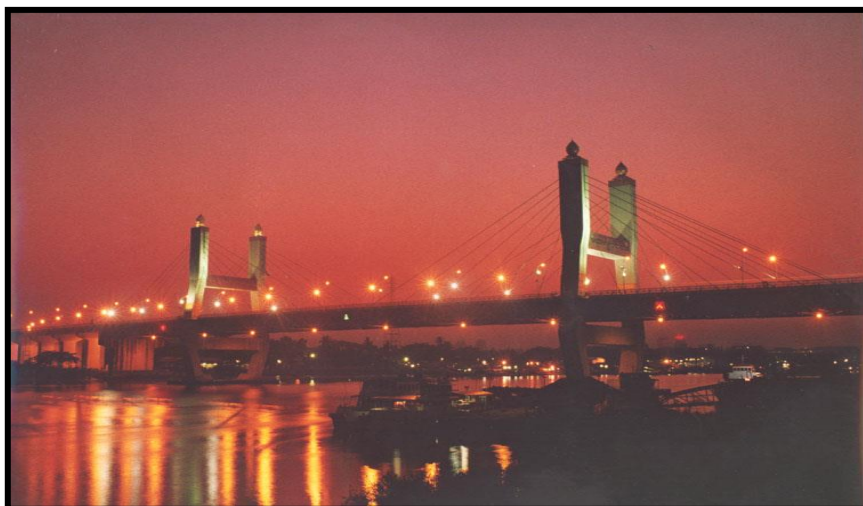


Рисунок 8. Вантовый мост “Маха Вандула” (фото авторов)

На рис. 9 показан третий вантовый мост – Аиндг Зайяр, построенный в Мьянме через реку Нлахг, соединяющий город Янгона с восточной его частью Хлан Та Яр. Открыт мост 25 августа 2000 года. Длина моста 1155 метров с самым длинным пролётом в 580 метров, балка жесткости – сталежелезобетонная, состоящая из стальных ферм, объединенных с железобетонной плитой проезжей части. Ширина моста 22,5 метра с 4 полосами автомобильного движения.



Рисунок 9. Вантовый мост Аундг Зайяр (фото авторов)

На рис. 10 приведена схема проектирующегося вантового моста в северо-восточной части страны. Следует отметить, что в Мьянме построенных железобетонных мостов недостаточно из-за использования старой технологии и отсутствия заводов для изготовления железобетона. В последние годы в Мьянме планируют заниматься технологией строительства железобетонных мостов с большими пролетами.

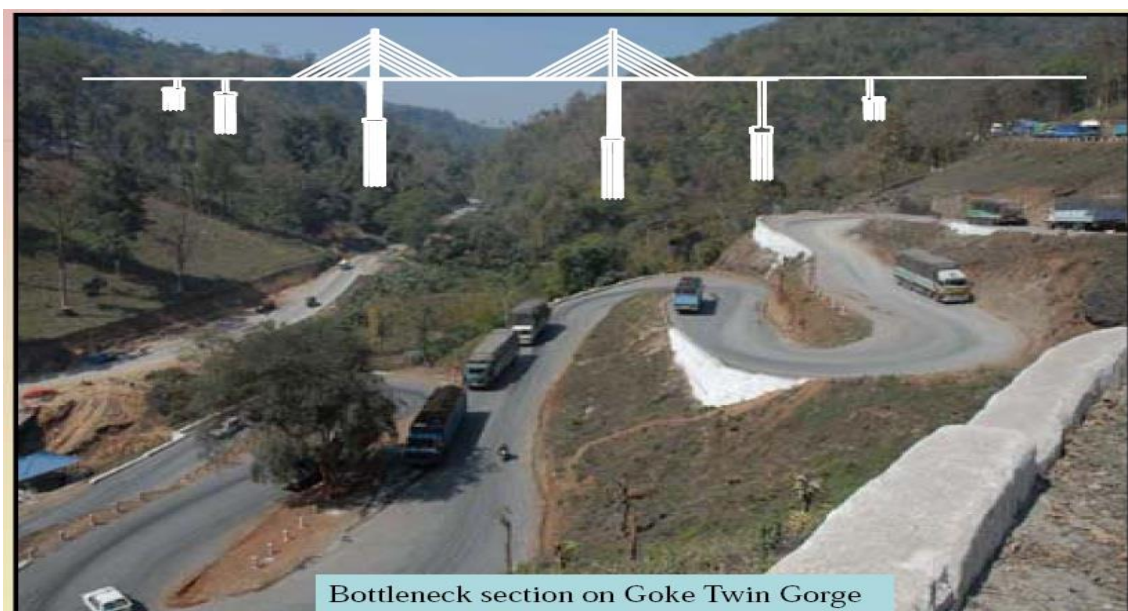


Рисунок 10. Проектирующийся вантовый мост в северо-восточной части страны

2. Анализ технического состояния мостовых сооружений Мьянмы

Проблема оценки эксплуатационного состояния мостовых сооружений весьма актуальна для всех стран мира, в которых имеются мосты. К настоящему времени в мире наработано большое количество различных подходов к оценке состояния мостовых сооружений различного типа. Отметим ряд публикаций, при этом, ориентируясь на интересы авторов, выделим книги по вантовым мостам [1–26].

В настоящее время в Мьянме планируется и проводится строительство и реконструкция мостовых сооружений. Соответствующие весьма дорогостоящие программы требуют четкого планирования, грамотной стратегии, направленных на наиболее эффективное использование выделяемых денежных средств и материальных ресурсов, включая инвестиции и кредиты иностранных партнеров².

Совместно с японскими специалистами проходит обследование построенных мостов с 2007 г. до сегодняшнего дня в разных регионах Мьянмы. В таблице 2 показаны обследованные мосты в областях Янгон и Иравади.

Таблица 2

Обследованные мосты в Областях Янгон и Иравади

Область \ Тип моста	Разрезной балочный	Ферменный	Вантовый и висячий	Bailey	Сумма
область Янгон	19	3	3	5	30
область Иравади	24	10	6	7	47
всего мостов	43	13	9	12	77
%	58,8	16,9	11,7	15,6	100

Составлено авторами

Проанализируем техническое состояние нескольких обследованных мостов.

Пример 1. Вантовый двухпилонный мост «Аиндг Зайяр» через реку Хлаинг (рис. 9) со сталежелезобетонной балкой жесткости был построен в 2000 г. и находится в удовлетворительном состоянии. При обследовании моста обнаружено, что металлические балки корродировали из-за проникания к ним воды от дорожного покрытия, повреждены узлы в нижних поясах, были обнаружены трещины в бетоне устоя. При обслуживании моста необходимо выполнить антикоррозионную защиту поврежденных зон (см. рис. 11).



Рисунок 11. Повреждения элементов пролетного строения моста Аунг Зайяр (фото авторов)

² <http://tnu.podelise.ru/docs/index-321652.html>.

Пример 2. В неудовлетворительном состоянии находится висячий мост Мяунмя через реку Иравади, построенный в 1996 г. При строительстве этого моста использовалась старая технология, поэтому срок службы моста резко уменьшился. При обследовании установлено, что под действием временных нагрузок пилон наклоняется (рис. 12). По результатам обследования было рекомендовано организовать движение только по одной полосе, разгрузив тем самым мост.



Рисунок 12. Техническое состояние висячего моста Мяунмя (фото авторов)

Пример 3. Висячий мост «Ярмаунг», построенный в 1999 г. Вода проникала в защитную оболочку несущего троса, в связи с этим происходила коррозия стальных элементов несущего троса. Обследование показало, что защитная оболочка несущего троса находится в неудовлетворительном состоянии (рис. 13), кроме этого, имелись сломанные болты.



Рисунок 13. Техническое состояние висячего моста «Ярмаунг» (фото авторов)

Пример 4. Мост Твантей через реку Твантей, построенный в области Янгона в 2006 г. имеет один подвесной пролет (рис. 14). Мост имеет ширину проезжей части всего 15 м и рассчитан на четырех полосное движение, но работает в трехполосном режиме, так как одна полоса используется только для обгона. При обследовании технического состояния, проведенном в 2010 г., обнаружено, что расстояние между пролетом и подходами к мосту увеличилось; из-за значительной величины усилий распора анкерное крепление подвинулось, в опоре появились трещины; элементы балки жесткости и болты подверглись коррозии из-за отсутствия антикоррозионной защиты (рис. 15).



Рисунок 14. Мост «Твантей» (фото авторов)



Рисунок 15. Состояние моста «Твантей» (фото авторов)

Результаты комплексного обследования показали, данный мост с трудом справляется с автотранспортным потоком, находится в неудовлетворительном состоянии, и требуется ремонта и усиление опоры, замена болтов и антикоррозионная защита металлических конструкций [27; 28].

Пример 5 – Мост Пэтейн, построенный в 2004 г., является висячим мостом подобного масштаба, как и мост Твантей, произведенный тем же самым китайским изготовителем. При

обследовании нашли такие недостатки, как у моста Твантей (пример 4). Кроме этого, было обнаружено отсутствие болтов, коррозия кабеля. Мост также находится в неудовлетворительном состоянии и требуется его реконструкция (рис. 16).

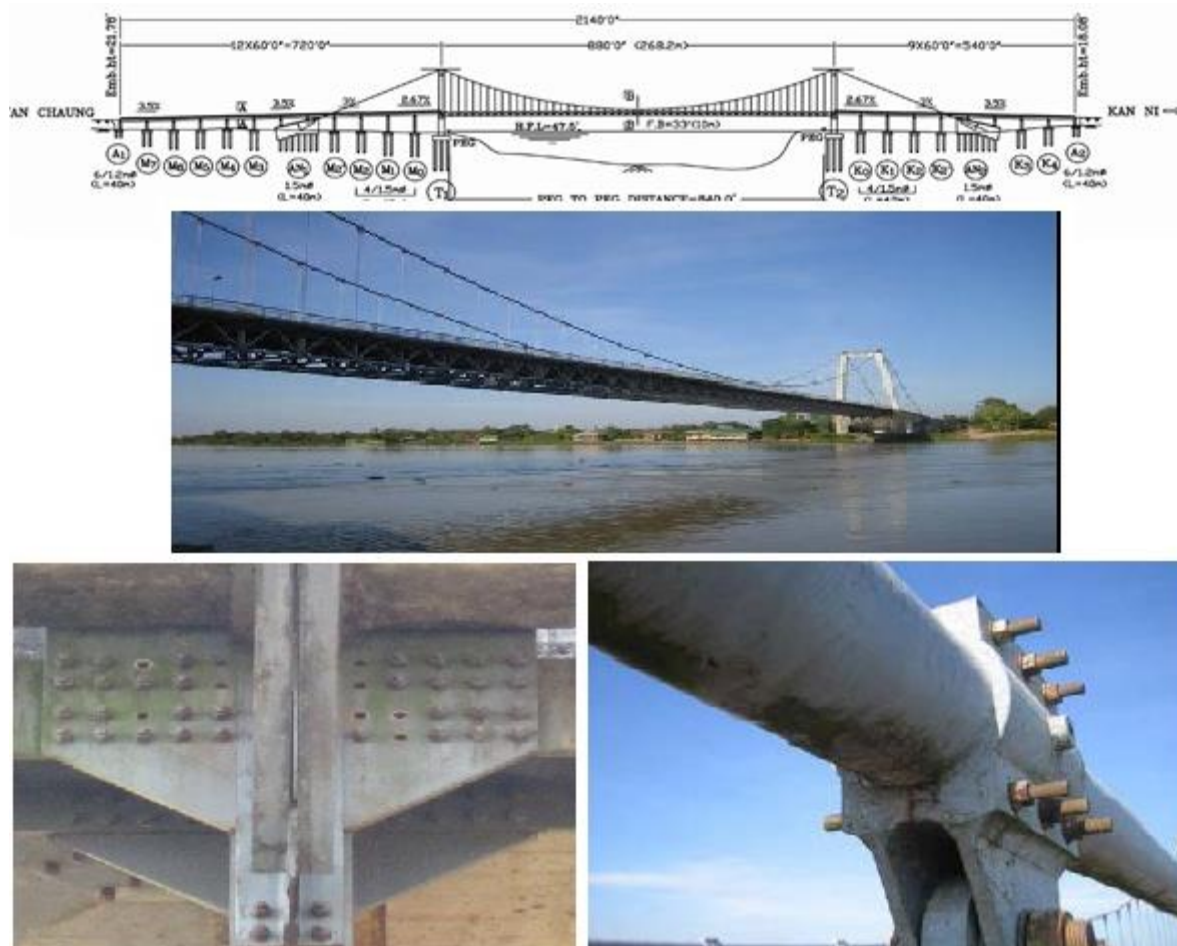


Рисунок 16. Техническое состояние висячего моста «Пэтейн» (фото авторов)

Многие мостовые сооружения автомобильных дорог Мьянмы имеют большой срок эксплуатации, построены по старым нормам и технологиям, находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют серьезной реконструкции. Из общего числа мостов (468 шт.) эксплуатируемых на федеральной сети автомобильных дорог 40 % находятся в неудовлетворительном состоянии, а 20 % не удовлетворяют требованиям грузоподъемности. Техническое состояние мостов в Мьянме характеризуется наличием большого числа дефектов и повреждений, которые значительно снижают их эксплуатационную надежность². Данные о повреждениях мостов Мьянмы приведены в таблице 3.

Таблица 3

Дефекты и повреждения обследованных мостов

Элемент моста	Дефекты и повреждения	% к общему количеству обследованных мостов
Мостовое полотно	Выбоины, неровности покрытия	40
	Трещины в асфальтобетонном покрытии над деформационными швами закрытого типа	60
	Разрушение деформационных швов	45
	Отсутствие водоотводных трубок, недостаточна их длина или повреждение	15
	Нарушение гидроизоляции	70

Элемент моста	Дефекты и повреждения	% к общему количеству обследованных мостов
Пролетное строение	Сколы бетона, разрушение защитного слоя	50
	Поперечные трещины в плите	20
	Продольные трещины вдоль рабочей арматуры	15
	Протечки воды, выщелачивание	60
Опоры	Вертикальные трещины	35
	Разрушение бетона	35
	Протечки воды, выщелачивание	40

Составлено авторами

Следует отметить неудовлетворительное состояние мостового полотна эксплуатируемых автодорожных мостов Мьянмы, вызванное следующими повреждениями: разрушение покрытия мостового полотна в зоне деформационных швов, а также разрушение самих деформационных швов, образование колеяности на покрытии мостового полотна, нарушение гидроизоляции. Большой проблемой является недостаточная ширина проезжей части и тротуаров. К наиболее распространенным повреждениям несущих конструкций относятся разрушение защитного слоя бетона, обводнение, выщелачивание, размораживание бетонного камня, коррозия арматуры, усталостные и коррозионные повреждения металлических конструкций, повреждения от ударов негабаритных грузов, повреждения опор и др.² Анализ результатов диагностики мостов в Мьянме показал, что 70 % мостов имеют повреждения гидроизоляции. В связи с этим фактическая долговечность автодорожных мостов крайне низкая, средний срок службы железобетонных мостов в Мьянме составляет 30 ÷ 35 лет.

Заключение. Насколько эффективны вантовые мосты?

Так как в республике Мьянма планируется построить значительное количество мостовых сооружений вантового типа, то представляет интерес рассмотреть вопрос об их эффективности, их достоинствах и недостатках.

Но сначала рассмотрим ситуацию с вантовыми мостами в мире и в России. Как отмечается в [31] подавляющее большинство мостов, порядка 98 % это мосты малые и средние, длиной до 100 метров. На долю больших, внеклассных мостов приходится всего 2 %. Причем такое соотношение характерно для большинства стран, в которых имеются мосты. И мосты, относящиеся к этой группе, обычно бывают арочными, висячими и вантовыми. Правда в последнее время в России стали строить балочные металлические мосты через крупные водные преграды, у которых пролеты превышают 100 метровый рубеж. Это мосты через Волгу в Саратове, Волгограде, Ульяновске, Казани [29], мосты через некоторые сибирские реки.

Вантовых же мостов в России не так уж много. Первый вантовый мост в России был построен в 1979 году через реку Шексну в Череповце. До этого в составе СССР вантовые мосты были построены: в 1932 году в Грузии через р. Магану, в Киргизии через Нарын, в Украине – Рыбальский мост в 1963 году и Московский мост в 1976 году, в Латвии через реку Даугава в 1981 году.

В 2000 году через реку Обь у города Сургут был построен однопилонный вантовый мост с самым большим на то время пролетом 408 метров [30]. В 2004 году в Санкт Петербурге построен Большой Обуховский мост через Неву с основным пролетом длиной 382 м. В последнее время в Москве был построен «Живописный» вантовый мост в 2007 году с основным пролетом длиной 409,5 метров, в 2007 году однопилонный вантовый мост «Миллениум» в Казани через Казанку с двумя пролетами по 100 метров, в 2009 году вантовый мост через Оку между городом Муром и Навашино с двумя главными пролетами по 230 метров.

Вантовые мосты дают возможность перекрывать широкие водные преграды с крутыми берегами с использованием малого количества промежуточных опор. И в какой-то мере строительство вантовых мостов в России в последние годы является следствием мировой тенденции в сфере мостостроения. Вантовые мосты в мире начали широко применяться в середине прошлого столетия, а в последнее время можно отметить определенный бум строительства вантовых мостов. Например, во Франции через Сену в 1995 году был построен мост Нормандия, длина главного пролета у которого 935 метров, в Японии между островами Охимисима и Икучидзима в 1999 году построен мост Татара с главным пролетом длиной 970 метров, в Китае в 2008 году построен вантовый мост Сутун через Янцзы с главным пролетом 1088 метров и в 2009 году в Гонконге построен Мост Камнерезов с длиной главного пролета 1018 метров. И, наконец, в России в 2012 году построен «Золотой мост» через бухту Золотой Рог во Владивостоке с основным пролетом длиной 737 метров, и «Русский мост» на остров Русский с главным пролетом длиной 1104 метра.

Как видно, тенденция строительства вантовых мостов с очень большими пролетами набирает темп. Однако, как справедливо отмечается в работе выдающегося специалиста по аэродинамике мостов М.И. Казакевича [31], эта тенденция вызывает определенную озабоченность с точки зрения обеспечения их надежности.

К существенным недостаткам вантовых мостов М.И. Казакевич относит:

- большую чувствительность некоторых типов мостов к неравномерным осадкам опор;
- требование увеличения высоты пилонов с целью повышения несущей способности вант и увеличения крутильной и изгибной жесткости пролетных строений, что усугубляет работу пилонов в полях ветровых воздействий;
- понижение эффективности использования несущей способности вант по мере увеличения их длины и снижения угла наклона.

Для иллюстрации указывается, что в мосту на остров Русский при высоте пилонов 320 метров крутильная и изгибная жесткость обеспечивается только 20 % несущей способности самых длинных вант.

В связи с этим при больших и сверхбольших длинах пролетов более рационально применять висячие мосты, в которых более эффективно используется несущая способность канатов и подвесок.

В статье [31] автором приводятся три группы причин локальных и глобальных отказов вантовых мостов с большими пролетами: физические, расчетные и технологические, и рассматривается каждая группа причин. В конечном счете делается вывод, что в случае больших пролетов висячие мосты имеют существенные преимущества перед вантовыми.

ЛИТЕРАТУРА

1. Troitsky, M.S. Cable-stayed bridges: Theory a. design / M.S. Troitsky. – 2. ed. – Oxford etc.: BSP professional books, 1988. – VI, 469 с.: ил.
2. Wai-Fah Chen, Lian Duan. Bridge engineering handbook. 1999.
3. Walther R. Cable stayed bridges. 1999.
4. Бычковский Н.Н., Бычковский С.Н., Пименов С.И. Вантовые мосты. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2007. – 648 с.
5. Ramteke, R.R. Analysis and design of Cable Stayed Bridge (M. Tech thesis). V.N.I.T., Nagpur. 2002.
6. Shilpa, S.K. Mathematical modeling of Cable Stayed Bridge (M. Tech thesis). V.N.I.T., Nagpur. 2006.
7. Sharath R., Ingle R.K. Pylon Shape Analysis of Cable-Stayed Bridges. In: Rao A., Ramanjaneyulu K. (eds) Recent Advances in Structural Engineering, Volume 1. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 11. Springer, Singapore. 2019.
8. Heng Lin, Yiqiang Xiang, Yakun Jia, Study on Health Monitoring System Design of Cable-Stayed Bridge. International Congress and Exhibition "Sustainable Civil Infrastructures: Innovative Infrastructure Geotechnology" GeoMEast 2017: Facing the Challenges in Structural Engineering, pp. 216–228.
9. Lin H., Xiang Y., Jia Y. Study on Health Monitoring System Design of Cable-Stayed Bridge. In: Rodrigues H., Elnashai A., Calvi G. (eds) Facing the Challenges in Structural Engineering. GeoMEast 2017. Sustainable Civil Infrastructures. Springer, Cham.
10. Shin-Gia Chen. Maintenance of Cable-Stayed Bridges. Master of engineering in civil and environmental engineering thesis. Massachusetts Institute of Technology June 2000. 63 pp.
11. Olfat Sarhang Zadeh. Comparison Between Three Types of Cable Stayed Bridges Using Structural Optimization. A thesis for the degree in Master of Engineering Science. 2012. The University of Western Ontario. 99 pp.
12. M. Hassan. Optimum Design of Cable-Stayed Bridges. PhD thesis, The University of Western Ontario, 2010. 99 pp.
13. W. Long, M.S. Troitsky, and Z.A. Zielinski. Optimum Design of Cable Stayed Bridges. Journal of Structural Engineering and Mechanics, 1999. 7: 241–257.
14. Tao. Zhang and Zhi Min Wu. Dead Load Analysis of Cable-Stayed Bridge. In International Conference on Intelligent Building and Management (CSIT'11), pages 270–274, 2011.
15. R. Walther, B. Houriet, W. Isler, P. Moia, and J.F. Klein. Cable-Stayed Bridges. Thomas Telford Ltd, 1988.
16. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Нигаматова О.И., Михалдыкин Е.С. Прочностной мониторинг мостовых сооружений и особенности его применения. Часть 2. Непрерывный мониторинг состояния мостовых сооружений // Транспортные сооружения. 2014. Т. 1. № 2 (2). С. 1.
17. Cluley N.C., Shepherd R. Analysis of concrete cable-stayed bridges for creep, shrinkage and relaxation effects. Computers & Structures. 1996. 337–350 p.

18. Дараган К.А., Коновалов К.В., Шелудько Ю.В. Мониторинг мостов – гарантия сохранения их надежности и долговечности // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2013. С. 136–144.
19. Овчинников И.Г., Козлов И.Г. Управление эксплуатацией мостовых сооружений. Изд-во СГТУ, Саратов, 1998. 92 с.
20. Овчинников И.Г., Кононович В.И., Распоров О.Н., Овчинников И.И. Диагностика мостовых сооружений (монография). Изд-во СГТУ. Саратов, 2003. 181 с.
21. Овчинников И.Г., Овчинников И.И. Старые мостовые нормы и технические указания по проектированию и строительству мостовых сооружений. Саратов. Изд-во СГТУ. 2004. 88 с.
22. Овчинников И.Г., Кононович В.И., Макаров А.В. Повреждения и диагностика железобетонных мостовых сооружений на автомобильных дорогах. Волгоград. Изд-во ВолгГАСУ. 2004. 92 с.
23. Овчинников И.Г., Шеин А.А., Пискунов А.А. Обследование, ремонт и усиление оснований и фундаментов транспортных сооружений. Казань. Изд-во КазГАСА. 2005. 300 с.
24. Жаденова С.В., Скачков Ю.П., Овчинников И.Г. Диагностика мостов. Учебное пособие. Пенза. ПГУАС. 2011. 208 с.
25. Васильев А.И. Оценка технического состояния мостовых сооружений. М. КНОРУС. 2017. 256.
26. Helmut Wenzel. Health monitoring of bridges. John Wiley & Sons, Ltd. 2009. 621 p.
27. Макаров В.Н., Овсянников С.В., Овчинников И.Г. «Антикоррозионная защита мостовых сооружений». Саратов. Научное издание. Издат. Центр «Наука». 2007. 192 с.
28. Защита от коррозии металлических и железобетонных мостовых конструкций методом окрашивания / И.Г. Овчинников, А.И. Ликверман, О.Н. Распоров и др. – Саратов: Изд-во «Кубик», 2014. – 504 с.: ил. 155., табл. 23., библи. 175 наим.
29. Хареваба Ж.А., Фанин С.П., Овчинников И.Г., Раткин В.В. Внеклассные автодорожные мосты Нижневолжского региона. Саратов. Издательский центр «Наука». 2008. 360 с.
30. Солохин В.Ф., Дядькин С.Н., Овчинников И.Г. и др. Отечественное мостостроение на рубеже XX–XXI веков: современные технологии на примере сооружения вантового автодорожного моста через реку Обь у города Сургута (монография). Саратов: Саратов. Гос. Техн. ун-т. 2002. – 128 с. ц. ил. 32 с.
31. Казакевич М.И. Причины глобальных и локальных отказов вантовых мостов // Мосты и тоннели: теория, исследования, практика. 2012. №3, с. 65–67.

Valiev Sherali Nazaralievich

Moscow automobile and road construction state technical university, Moscow, Russia
E-mail: Bridgelab@madi.ru

Maung Maung Vin Aung

Moscow automobile and road construction state technical university, Moscow, Russia
E-mail: Mosti.madi@mail.ru

Ovchinnikov Ilya Igorevich

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: bridgeart@mail.ru

Operational state of Myanmar cable-stayed bridge structures

Abstract. The features of the Myanmar road network are briefly reviewed, the country's bridge park, which includes about 500 bridges, is analyzed in more detail, examples of various types of bridge structures used in Myanmar (arched, hanging, frame, truss, adjustable, cable-stayed) are given. Particular attention is paid to cable-stayed bridges, data on their condition according to the results of surveys conducted jointly with Japanese specialists is given, characteristic defects and damage to the bridges are given, and the reasons for their appearance are indicated. It is noted that the average durability of Myanmar bridges is 30–35 years. In conclusion, the history of the construction of cable-stayed bridges in the USSR and Russia is briefly reviewed, the most famous cable-stayed bridges of Russia of various years of construction and their parameters are listed/ The disadvantages of cable-stayed bridges from the point of view of their resistance to wind loads are analyzed and it is shown that cable-stayed bridges with large spans have insufficient bearing capacity. The reasons for local and global cable-stayed bridge failures (physical, design, technological) are considered. It is concluded that in the case of large spans, suspension bridges have significant advantages over cable-stayed.

Keywords: cable-stayed bridge; operational condition; defect; damage; reinforced concrete stiffening beam; efficiency; drawbacks of cable-stayed bridges

REFERENCES

1. Troitsky M.S. (1998). *Cable-stayed bridges: Theory and design*. Oxford etc.: BSP professional books, p. 469.
2. Wai-Fah Chen, Lian Duan (1999). *Bridge engineering handbook*.
3. Walther R. (1999). *Cable stayed bridges*.
4. Bychkovskiy N.N., Bychkovskiy S.N., Pimenov S.I. (2007). Vantovye mosty. [*Cable-stayed bridges*.] Saratov: Saratov State Technical University, p. 648.
5. Ramteke R.R. (2002). *Analysis and design of Cable Stayed Bridge*. (M. Tech thesis). Nagpur: V.N.I.T.
6. Shilpa S.K. (2006). *Mathematical modeling of Cable Stayed Bridge* (M. Tech thesis). Nagpur: V.N.I.T.
7. Sharath R., Ingle R.K. (2019). *Pylon Shape Analysis of Cable-Stayed Bridges. Recent Advances in Structural Engineering, Volume 1. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 11*. Singapore: Springer.

8. Heng Lin, Yiqiang Xiang, Yakun Jia (2017). *Study on Health Monitoring System Design of Cable-Stayed Bridge. International Congress and Exhibition "Sustainable Civil Infrastructures: Innovative Infrastructure Geotechnology" GeoMEast 2017: Facing the Challenges in Structural Engineering*. pp. 216–228.
9. Lin H., Xiang Y., Jia Y. (2017). *Study on Health Monitoring System Design of Cable-Stayed Bridge. Facing the Challenges in Structural Engineering. GeoMEast. Sustainable Civil Infrastructures*. Cham: Springer.
10. Shin-Gia Chen (2000). *Maintenance of Cable-Stayed Bridges. Master of engineering in civil and environmental engineering thesis*. Massachusetts Institute of Technology, p. 63.
11. Olfat Sarhang Zadeh (2012). *Comparison Between Three Types of Cable Stayed Bridges Using Structural Optimization. A thesis for the degree in Master of Engineering Science*. The University of Western Ontario, p. 99.
12. Hassan M. (2010). *Optimum Design of Cable-Stayed Bridges*. The University of Western Ontario, p. 99.
13. Long W., Troitsky M.S., Zielinski Z.A. (1999). Optimum Design of Cable Stayed Bridges. *Journal of Structural Engineering and Mechanics*, 7, pp. 241–257.
14. Tao Zhang, Zhi Min Wu (2011). *Dead Load Analysis of Cable-Stayed Bridge. In International Conference on Intelligent Building and Management (CSIT'11)*, pp. 270–274.
15. Walther R., Houriet B., Isler W., Moia P., Klein J.F. (1988). *Cable-Stayed Bridges*. Thomas Telford Ltd.
16. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Nigmatova O.I., Mikhaldykin E.S. (2014). Strength monitoring of bridge constructions and features of its application. Part 2. Continuous monitoring of bridge construction status. *Russian journal of transport engineering*, [online] 2(1). Available at: <https://t-s.today/PDF/01TS214.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/01TS214.
17. Cluley N.C., Shepherd R. (1996). Analysis of concrete cable-stayed bridges for creep, shrinkage and relaxation effects. *Computers & Structures*, pp. 337–350 p.
18. Дараган К.А., Коновалов К.В., Шелудько Ю.В. (2013). Bridge monitoring – a guarantee of their reliability and durability. *Modernization and research in the transport complex*, pp. 136–144 (in Russian).
19. Ovchinnikov I.G., Kozlov I.G. (1998). Upravlenie ehkspluatatsiey mostovykh sooruzheniy. [*Bridge Operations Management*.] Saratov: Saratov State Technical University, p. 92.
20. Ovchinnikov I.G., Kononovich V.I., Rasporov O.N., Ovchinnikov I.I. (2003). Diagnostika mostovykh sooruzheniy (monografiya). [*Diagnostics of bridge structures (monograph)*.] Saratov: Saratov State Technical University, p. 181.
21. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I. (2004). Starye mostovye normy i tekhnicheskie ukazaniya po proektirovaniyu i stroitel'stvu mostovykh sooruzheniy. [*Old bridge standards and technical guidelines for the design and construction of bridge structures*.] Saratov: Saratov State Technical University, p. 88.
22. Ovchinnikov I.G., Kononovich V.I., Makarov A.V. (2004). Povrezhdeniya i diagnostika zhelezobetonnykh mostovykh sooruzheniy na avtomobil'nykh dorogakh.

- [*Damage and diagnostics of reinforced concrete bridge structures on highways.*] Volgograd: Publishing House Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering, p. 92.
23. Ovchinnikov I.G., Shein A.A., Piskunov A.A. (2005). *Obsledovanie, remont i usilenie osnovaniy i fundamentov transportnykh sooruzheniy. [Inspection, repair and strengthening of the bases and foundations of transport facilities.]* Kazan: Kazan University of Architecture and Civil Engineering Publishing House, p. 300.
 24. Zhadenova S.V., Skachkov Yu.P., Ovchinnikov I.G. (2011). *Diagnostika mostov. Uchebnoe posobie. [Diagnostics of bridges. Tutorial.]* Penza: Penza State University of Architecture and Construction, p. 208.
 25. Vasil'ev A.I. (2017). *Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya mostovykh sooruzheniy. [Assessment of the technical condition of bridge structures.]* Moscow: KNORUS, p. 256.
 26. Helmut Wenzel (2009). *Health monitoring of bridges.* John Wiley & Sons, Ltd., p. 621.
 27. Makarov V.N., Ovsyannikov S.V., Ovchinnikov I.G. (2007). *Antikorrozionnaya zashchita mostovykh sooruzheniy. [Corrosion protection of bridge structures.]* Saratov: Scientific publication. Publishing Center "Science", p. 192.
 28. Ovchinnikov I.G., Likverman A.I., Rasporov O.N. and etc. (2014). *Zashchita ot korrozii metallicheskih i zhelezobetonnykh mostovykh konstruktsiy metodom okrashivaniya. [Corrosion protection of metal and reinforced concrete bridge structures by painting.]* Saratov: Publishing House "Cube", p. 504.
 29. Kharebava Zh.A., Fanin S.P., Ovchinnikov I.G., Ratkin V.V. (2008). *Vneklassnye avtodorozhnye mosty Nizhnevolzhskogo regiona. [Extra-class road bridges of the Lower Volga region.]* Saratov: Publishing Center "Science", p. 360.
 30. Solokhin V.F., Dyad'kin S.N., Ovchinnikov I.G. and etc. (2002). *Otechestvennoe mostostroenie na rubezhe XX–XXI vekov: sovremennye tekhnologii na primere sooruzheniya vantovogo avtodorozhnogo mosta cherez reku Ob' u goroda Surguta (monografiya). [Domestic bridge building at the turn of the XX – XXI centuries: modern technologies on the example of the construction of a cable-stayed highway bridge over the Ob River near the city of Surgut (monograph).]* Saratov: Saratov State Technical University, p. 128.
 31. Kazakevich M.I. (2012). Causes of global and local cable-stayed bridge failures. *Bridges and tunnels: theory, research, practice*, 3, pp. 65–67 (in Russian).