

Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Направление – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов

УДК 351.811.113

DOI 10.17816/transsyst20217230-41

© Н. А. Гуга^{1,2}, Г. А. Аверченко¹, К. А. Васильев¹, В. А. Борисов¹,
А. М. Исмаилов¹

¹Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого

²АО «Трансмост»

(Санкт-Петербург, Россия)

ПЛАНИРОВАНИЕ ЗАТРАТ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СЛУЖБЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОСТОВ

Ремонт и реконструкция является неотъемлемой частью жизненного цикла таких сооружений, как: мосты, путепроводы, акведуки. Своевременное обслуживание и ремонт мостовых сооружений способствует непрерывному повышению их технического уровня, а также эксплуатационному состоянию с возрастающей в течении времени нагрузкой и интенсивностью на постоянно строящихся автомобильных дорогах.

В данной статье приведены результаты исследования необходимости ремонта сооружений с течением времени. В статье помещено описание видов работ, а также сроки, когда данные работы необходимо производить, приведены графики объемов и стоимости работ. В качестве материалов и исходных данных были взяты данные ориентировочных межремонтных периодов элементов мостовых конструкций, а также составлена таблица периодичности ремонтов по годам.

На основании собранных данных, были построены графики стоимости и изменения объемов работ с течением времени. По мимо этого, приведены графики стоимости ремонта отдельных элементов сооружения по отношению к полной стоимости сооружения.

На основании полученных результатов формулируются рекомендации по планированию ремонта эксплуатирующихся мостовых сооружений мостоэксплуатационными управлениями. А также предлагается комплекс мероприятий по устранению существующих нарушений и дальнейшей эксплуатации мостового сооружения. Рекомендован комплекс работ по ремонту отдельных узлов и конструкций. Приведены доводы необходимости разделения обязанностей между мостоэксплуатационными управлениями в ходе ремонта сооружения.

Ключевые слова: Мост, эксплуатация, ремонт, содержание, строительство, пролетное строение, насыпь, затраты, периодичность ремонта.

Rubric 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS

Field – Design and Construction of Roads, Subways

© N. A. Guga^{1,2}, G. A. Averchenko¹, K. A. Vasiliev¹, V. A. Borisov¹,
A. M. Ismailov¹

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

² JSC "Transmost"

(St. Petersburg, Russia)

COSTS PLANNING AND WAYS TO IMPROVE BRIDGE OPERATION SERVICE

Repair and reconstruction is an integral part of the life cycle of such structures as: bridges, overpasses, aqueducts. Timely maintenance and repair of bridge structures contributes to the continuous improvement of their technical level, as well as to the operational state with increasing load and intensity over time on constantly under construction highways.

This article presents the results of a study of the need to repair structures over time. The article contains a description of the types of work, as well as the terms when these works need to be performed, graphs of the volume and cost of work are given. As materials and initial data, the data of approximate turnaround periods of elements of bridge structures were taken, as well as a table of the frequency of repairs by year was compiled.

Based on the collected data, graphs of the cost and changes in the volume of work were built over time. In addition, graphs of the cost of repairing individual elements of the structure are given in relation to the total cost of the structure.

Based on the results obtained, recommendations are formulated for planning the repair of expatriated bridge structures by bridge maintenance departments. A set of measures is also proposed to eliminate existing violations and further operation of the bridge structure. A set of works for the repair of individual units and structures is recommended. Arguments are given for the need to share responsibilities between bridge operation departments during the repair of the structure.

Key words: Bridge, operation, repair, maintenance, construction, superstructure, embankment, costs, frequency of repair.

ВВЕДЕНИЕ

Содержание мостовых сооружений является неотъемлемой частью жизненного цикла сооружения. В ходе проведения работ по содержанию мостовых сооружений решаются такие задачи как: обеспечение сооружения и его элементов в исправном состоянии, согласно срокам службы при минимальных затратах, поддержание внешнего облика сооружения в надлежащем виде, а также обеспечение безопасного и комфортного движения автомобилей. Значительный рост интенсивности движения по искусственным сооружениям, все возрастающие скорости и грузоподъемность транспортных средств, повышение агрессивности окружающей среды привели к массивному ухудшению состояния мостов.

По данным обследований мостов в Российской Федерации и Республики Беларусь около 80 % мостов требуют того или иного вида ремонта. Для осуществления программы приведения мостов в относительно благополучное состояние необходимы значительные материальные затраты [1–3]. В настоящее время отчисления на эксплуатацию мостов составляют 1–4 % их стоимости и выделяются из бюджетных средств. Затраты на содержание мостов расходуются на надзор, зимнюю и летнюю уборку проезжей части мостов, пропуск льда и паводка (кроме отдельных аварийных случаев), текущий капитальный ремонт мостов [4, 5]. При этом следует учитывать, что регулярные затраты на текущее содержание мостов и ремонтно-профилактические работы снижают значительные ассигнования на капитальный ремонт. Причем «профилактические затраты» должны быть планомерны в течение всего срока службы сооружения с учетом его фактического возраста и состояния.

Основными недостатками существующих в настоящее время методов перспективного планирования являются отсутствие научно-обоснованных критериев морального и физического износа мостов, нормативов на мостовые и ремонтные работы, специализированных организаций и подразделений по эксплуатации мостов, единой методики перспективного планирования ремонтных работ, основанной на нормативных сроках службы сооружений и межремонтных периодов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Приведенные ниже результаты освещают вопросы планирования затрат на ремонт мостов для каждого года службы сооружения [6]. На основании данных об ориентировочных межремонтных периодах элементов мостовых конструкций составлена таблица периодичности ремонтов по годам существования искусственных сооружений (Табл.) с определением укрупненных объемов работ по ремонту наиболее распространенных дефектов и повреждений.

Табл. Ориентировочная периодичность ремонта конструктивных элементов моста

Ремонтные работы и виды ремонта	Ориентировочный объем работ	Периодичность, лет
1	2	3
<u>Проезжая часть (текущий ремонт)</u> Ремонт неровностей, волн, выбоин и трещин в покрытии проезжей части	0,20F	Каждый год
<u>Проезжая часть (капитальный ремонт)</u> Ремонт гидроизоляции в зоне деформационных швов, водоотводных трубок, ограждений безопасности. Ремонт деформационных швов закрытого типа с заменой гидроизоляции и покрытия возле них. Окраска металлических перил	0,03F 0,30B 0,30B	Каждые 3 года Каждые 3 года Каждые 3 года

Ремонтные работы и виды ремонта	Ориентировочный объем работ	Периодичность, лет
1	2	3
<u>Металлические пролетные строения (текущий ремонт)</u> Окраска отдельных элементов	0,2F	Каждые 3 года
<u>Опоры и опорные части (текущий ремонт)</u> Окраска и смазка металлических опорных частей	0,01F	
<u>Сопряжение с моста с насыпью (капитальный ремонт)</u> Регуляционные сооружения	0,3F	Каждые 3 года
<u>Проезжая часть (капитальный ремонт)</u> Замена стальных скользящих листов открытых деформационных швов	B	Каждые 5 лет
Восстановление слоя износа проезжей части (поверхностная обработка)	F	Каждые 5 лет
<u>Металлические пролетные строения (текущий ремонт)</u> Окраска пролетных строений	2F	Каждые 5 лет
<u>Железобетонные пролетные строения (текущий ремонт)</u> Заделка трещин, раковин, сколов	0,1F	Каждые 5 лет
<u>Сопряжение моста с насыпью (капитальный ремонт)</u> Восстановление размывших участков конусов у устоев	0,5F	Каждые 6 лет
<u>Проезжая часть (капитальный ремонт)</u> Замена асфальтобетонного покрытия с заменой гидроизоляции	F	Каждые 7 лет
<u>Сопряжение моста с насыпью (капитальный ремонт)</u> Досыпка просевшей части насыпи с перекладкой переходных плит	B x 7	Каждые 7 лет
<u>Железобетонные пролетные строения (текущий ремонт)</u> Защита бетона от агрессивных воздействий (нанесение защитных покрытий)	2F	Каждые 8 лет
<u>Проезжая часть (капитальный ремонт)</u> Замена металлического барьерного ограждения	L	Каждые 10 лет
Замена покрытия тротуаров	L x 0,2B	Каждые 10 лет
<u>Металлические пролетные строения (текущий ремонт)</u> Замена болтов		Каждые 10 лет
<u>Железобетонные пролетные строения (текущий ремонт)</u> Восстановление защитного слоя в конструкциях с каркасной арматурой	0,15F	Каждые 10 лет
Ремонт поперечного объединения элементов	0,10F	Каждые 10 лет
<u>Сопряжение моста с насыпью (капитальный ремонт)</u> Расчистка русла и восстановление берегов	0,4F	Каждые 10 лет
<u>Проезжая часть (капитальный ремонт)</u> Частичная замена тротуарных блоков	L x 0,1B	Каждые 10 лет
<u>Опоры и опорные части (текущий ремонт)</u> Выравнивание положения катков или балансиров		Каждые 15 лет
<u>Пролетные строения (капитальный ремонт)</u> Замена поврежденных элементов поясов и решетки ферм металлических пролетных строений	0,5F	Каждые 15 лет
<u>Сопряжение моста с насыпью (капитальный ремонт)</u> Замена переходных плит с заменой верхней части дренажной засыпки	B x 7	Каждые 15 лет
<u>Металлические пролетные строения (текущий ремонт)</u> Замена дефектных заклепок		Каждые 20 лет

Ремонтные работы и виды ремонта	Ориентировочный объем работ	Периодичность, лет
1	2	3
<u>Железобетонные пролетные строения с преднапряженной арматурой (текущий ремонт)</u> Восстановление защитного слоя	0,3F	Каждые 20 лет
<u>Опоры и опорные части (текущий ремонт)</u> Заделка трещин в бетонных и каменных опорах Заделка трещин и сколов в железобетонных конструкциях опор	0,3F 0,1F	Каждые 20 лет Каждые 20 лет
<u>Сопряжение моста с насыпью (капитальный ремонт)</u> Замена водоотводных лотков у концов моста	2B	Каждые 20 лет
<u>Опоры и опорные части (капитальный ремонт)</u> Ремонт подферменников	B	Каждые 25 лет
<u>Пролетные строения (капитальный ремонт)</u> Замена балок железобетонных пролетных строений с каркасной арматурой	2F	Каждые 30 лет
<u>Опоры и опорные части (капитальный ремонт)</u> Замена резиновых опорных частей	0,2F	Каждые 30 лет
<u>Опоры и опорные части (капитальный ремонт)</u> Восстановление облицовки массивных опор Цементация и торкретирование массивных опор Замена дренажа у устоев	0,2F 0,10B B	Каждые 40 лет Каждые 40 лет Каждые 40 лет
<u>Пролетные строения (капитальный ремонт)</u> Замена балок железобетонных пролетных строений с предварительно напряженной арматурой	2F	Каждые 50 лет
<u>Пролетные строения (капитальный ремонт)</u> Полная замена изношенных металлических пролетных строений	2F	Каждые 60 лет

Источник: составлено на основании данных [5]

В основу определения объемов работ положены три основные характеристики моста: L – длина, B – ширина, F – площадь поверхности несущих конструкций. Все остальные объемы ремонтных работ определялись в виде процентного отношения этих трех показателей. Процент назначался, исходя из статистической обработки наличия и объемов тех или иных дефектов около 1500 обследованных мостов. Объемы работ определялись для различных габаритов и длин пролетов. На основе подсчетов получены зависимости объемов основных работ от длин и габаритов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании этих зависимостей построены графики изменения объемов и стоимости ремонтных работ для каждого года службы моста. При этом исходная стоимость сооружения принималась равной 400 руб. площади проезжей части, а стоимость ремонтных работ по калькуляциям эксплуатационных организаций. На Рис. 1 приведены графики стоимости

ремонта деформационных швов, гидроизоляции и покрытия проезжей части автодорожных мостов, отнесенной к полной стоимости сооружения [7]. При этом затраты на содержание и ремонтно-профилактические мероприятия не являются постоянными во времени (Рис. 2). Суммарные эксплуатационные расходы нарастают скачкообразно (Рис. 3) по мере накопления повреждений, выхода из строя и замены отдельных элементов и конструкций моста (замена балок с каркасной арматурой через 30 лет эксплуатации, с преднапряженной – 50 лет, металлических пролетных строений – 60 лет и др.) [8–11]. Из Рис. 3 видно, что к 50–60 годам службы эксплуатационные расходы составляют 60–100 % от стоимости строительства нового моста. Причем чем меньше величина пролетов моста, тем целесообразнее ограничение его срока службы [12–15].

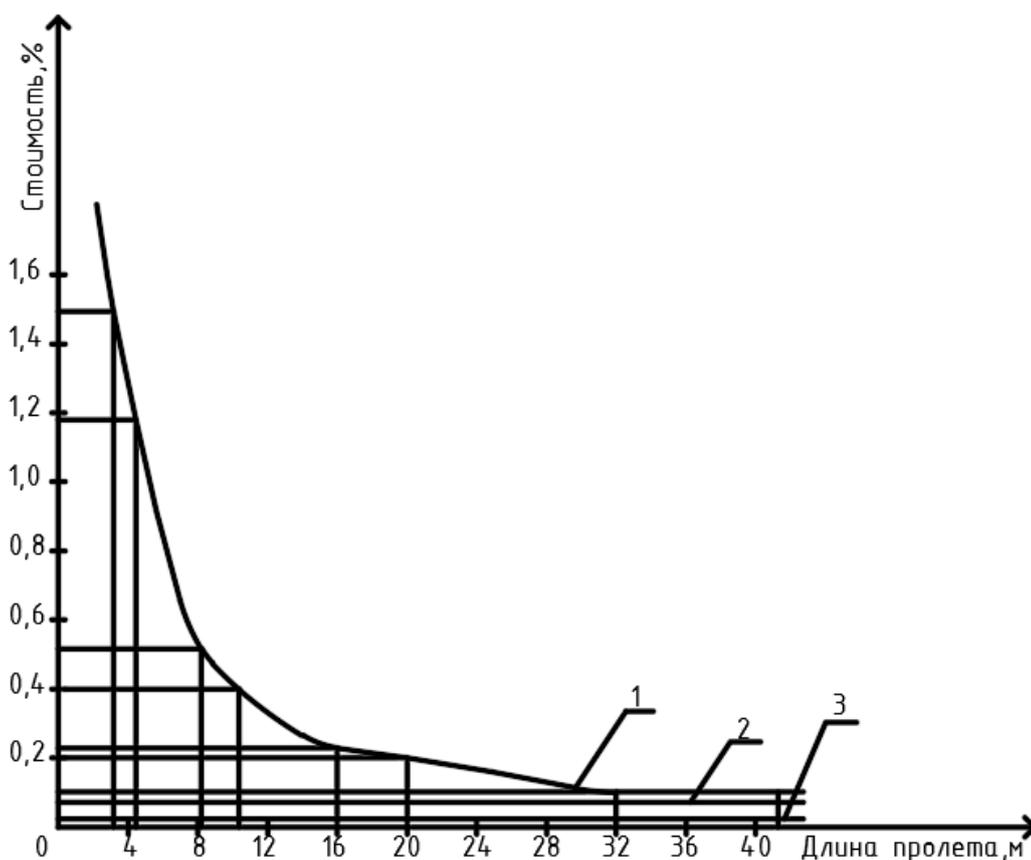


Рис. 1. Относительная стоимость ремонта деформационных швов, гидроизоляции и покрытия проезжей части:

- 1 – стоимость ремонта деформационных швов;
- 2 – то же гидроизоляции;
- 3 – то же, покрытия проезжей части

Источник: составлено на основании экспериментальных данных авторов

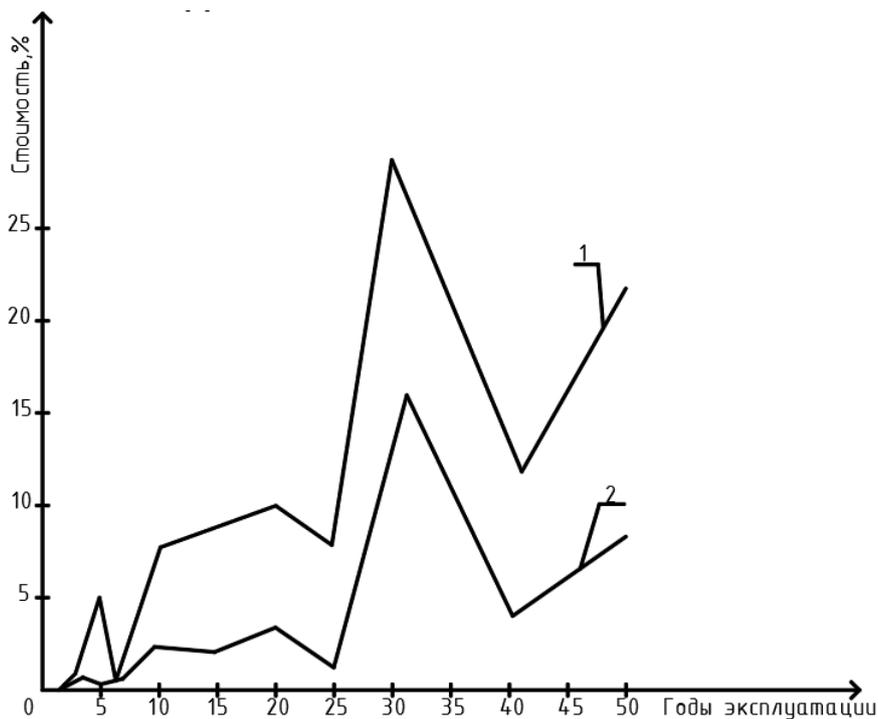


Рис. 2. Текущие (годовые) затраты на ремонт и содержание мостов:
1 – с пролетами по 2,0 м; 2 – с пролетами по 42,0 м
Источник: составлено на основании экспериментальных данных авторов

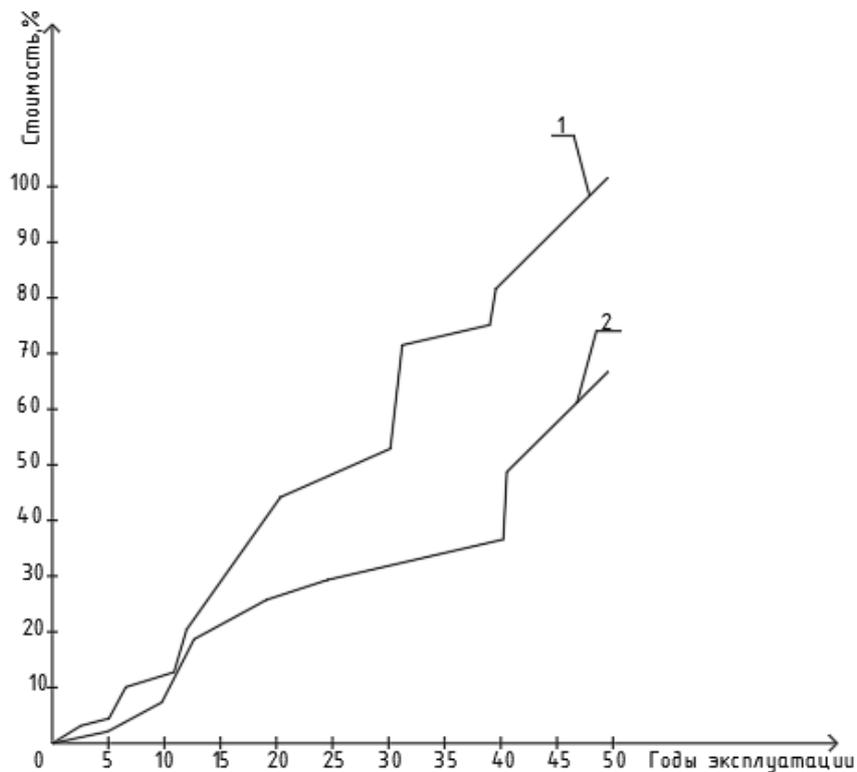


Рис. 3. Суммарные затраты на содержание и ремонт мостов:
1 – с пролетами по 2,0 м; 2 – с пролетами по 42,0 м
Источник: составлено на основании экспериментальных данных авторов

Эти данные следует учитывать при планировании работы дорожно-строительных организаций. В настоящее время в Российской Федерации и Республике Беларусь создаются специализированные межрегиональные мостовые эксплуатационные подразделения. К ремонту мостов привлекаются мостостроительные организации, наращиваются мощности и объемы выпуска мостовых конструкций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

При износе водонепроницаемых элементов проезжей части бетонных, каменных или железобетонных мостов вода начинается просачиваться на главные балки, опорные части, а также на сами опоры сооружения. При попадании влаги в трещины, происходит выщелачивание бетона, что в свою очередь может привести к коррозии арматурных стержней. Немалая роль в содержании моста заключается в сооружении водоотвода, который позволит дождевой воде уходить в ливневые колодцы, а не скапливаться на проезжей части [15–17]. Эти и многие другие проблемы должны решаться специально созданными мостовыми службами, которые формируются в зависимости от количества сооружений на автомобильной дороге. При создании данных производственных подразделений нужно учитывать количество и длину мостовых сооружений, которые находятся на отведенных участках дорог. Для того, чтобы выполнить большие объемы работ специального значения могут быть созданы звенья и бригады, состав которых определяют исходя из объема работ.

Для возможности квалифицированной планомерной эффективной работы по содержанию мостов целесообразно создание двух типов мостоэксплуатационных управлений или участков в зависимости от объемов работ с различными функциональными задачами. Первые выполняют работы по текущему содержанию и ремонту мостового полотна и других элементов, расходы и трудозатраты, на осуществление которых постоянны во времени [18]. Вторые – мосторемонтно-строительные – выполняют работы по капитальному ремонту, замене балок пролетного строения, усилению и реконструкции, а также строительству новых мостов. Их работа должна планироваться на основе анализа состояния существующих сооружений, сроков их эксплуатации и необходимости выполнения единовременных мероприятий. Различным должно быть и их оснащение машинами, механизмами и квалификация специалистов. При этом следует иметь в виду, что работы по текущему содержанию проезжей части мостов должны выполнять мостоэксплуатационные участки, а не дорожные, не смотря на внешнюю кажущуюся схожесть работ. По своему содержанию эти работы на мосту и

на автомобильной дороге совершенно различны. Например, при повреждении покрытия проезжей части моста, как правило, требуется не только его восстановление, но и ремонт защитного слоя, гидроизоляции и других элементов мостового полотна: крепление барьеров безопасности на мосту осуществляется по другим принципам, чем на дороге, и при их ремонте необходимо выполнять арматурные работы, бетонирование и т.п.

Авторы заявляют что:

1. У авторов данной статьи отсутствуют конфликты интересов;
2. Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Краснощеников Ю.В. О безопасности железобетонных мостов с плитными пролетными строениями // Вестник СибАДИ. – 2018. – № 6. – С. 135–143. [Krasnoshchenkov YV. Safety of reinforced concrete bridges with spans structures. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2018;(6):135-143. (In Russ., in Engl.)]. doi: 10.26518/2071-7296-2018-6-922-932.
2. Аверченко Г.А., Кирьян И.В. Выбор маршрута и пропуск сверхнормативных нагрузок по автодорожным мостам. // StudNet – 2020. - Т. 3. – № 2. – С. 392–401. [Averchenko GA, Kiryan IV. Route selection and skipping excess loads on road bridges. *StudNet*. 2020;3(2):392-401. (In Russ.)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-marshruta-i-propusk-sverhnormativnyh-nagruzok-po-avtodorozhnym-mostam>. Ссылка активна на: 14.03.2021.
3. Никоноров А.Н., Зайцев А.А. Защита мостовых конструкций от атмосферной коррозии // Проблемы науки. - 2020. – Т.1. – № 49. – С. 150–156. [Nikonorov AN, Zajcev AA. Zashchita mostovykh konstrukcij ot atmosfernoj korrozii. *Problemy nauki*. 2020;1(49):150-156. (In Russ.)]. Доступно по: <https://scienceproblems.ru/zashchita-mostovykh-konstruktsij.html>. Ссылка активна на: 14.03.2021.
4. Макаров А.В., Журавлев А.В. Деформирующиеся плоские опорные части мостов // ИВД. – 2018. – Т. 1. – № 48. – С. 41–49. [Makarov AV, Zhuravlev AV. Deformiruyushchiesya ploskie opornye chasti mostov. *IVD*. 2018;1(48):41-49. (In Russ.)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/deformiruyushchiesya-ploskie-opornye-chasti-mostov>. Ссылка активна на: 14.03.2021.
5. Юшков В.С., Кычкин В.И., Бармин Н.Д. Реализация диагностики и ремонта мостовых сооружений // Вестник МГСУ. – 2016. – № 6. – С. 118–125. [Yushkov VS, Kychkin VI, Barmin ND. Realizatsiya diagnostiki i remonta mostovykh sooruzhenij. *Vestnik MGSU*. 2016;(6):118-125. (In Russ.)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/realizatsiya-diagnostiki-i-remonta-mostovykh-sooruzheniy>. Ссылка активна на: 14.03.2021.
6. Тимофеев Д.Р., Тимофеев Д.Д. Усиление мостовых конструкций с использованием композиционных материалов // Актуальные проблемы автомобильного, железно-дорожного, трубопроводного транспорта в Уральском регионе: материалы междунар.науч.-техн. конф. (1–3 декабря 2005 г.). Пермь: ПГТУ. – 2005. – С. 45–51. [Timofeev DR, Timofeev DD. Usilenie mostovykh konstrukcij s ispol'zovaniem kompozicionnykh materialov. Aktual'nye problemy avtomobil'nogo, zhelezno-dorozhnogo, truboprovodnogo transporta v Ural'skom regione: materialy mezhdunar.nauch.-tehn. konf. (1–3 dekabrja 2005 g.). Perm': PGTU. – 2005. – С. 45–51.

- regione: materialy mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (1–3 dekabrya 2005 g.). *Perm': PGTU*. 2005;45–51. (In Russ.]. Доступно по: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/dim_2006_6_17.pdf. Ссылка активна на: 14.03.2021.
7. Серых И.Р., Чернышева Е.В., Дегтярь А.Н. Определение технического состояния железнодорожного моста // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. – 2020. – № 4. – С. 60–62. [Seryh IR, Chernysheva EV, Degtyar' AN. Opredelenie tekhnicheskogo sostoyaniya zheleznodorozhnogo mosta. *Vestnik BGTU imeni V.G. Shuhova*. 2020;(4):60-62. (In Russ.)] Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-tekhnicheskogo-sostoyaniya-zheleznodorozhnogo-mosta>. Ссылка активна на: 14.03.2021.
 8. Васильченко А.А., Вишневецкий П.А., Файзалиев А.Ф. Современная проблематика состояния старых мостовых сооружений // Инновационная наука. – 2020. – № 2. – С. 70–74. [Vasil'chenko AA, Vishneveckij PA, Fajzaliev AF. Sovremennaya problematika sostoyaniya staryh mostovykh sooruzhenij. *Innovacionnaya nauka*. 2020;(2):70-74. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 14.03.2021. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennaya-problematika-sostoyaniya-staryh-mostovykh-sooruzheniy>.
 9. Усольцев А.М., Попова Е.Г., Маликов М.Ю. Определение грузоподъемности металлических пролетных строений совмещенных мостов // Путь и путевое хозяйство. – 2020. – № 10. – С. 27-30. [Usol'cev AM, Popova EG, Malikov MYu. Opredelenie gruzopod'emnosti metallicheskih proletnykh stroenij sovmeshchennykh mostov. *Put' i putevoe hozyajstvo*. 2020;(10):27-30. (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44018943>. Ссылка активна на: 14.03.2021.
 10. Белый А.А., Андрушко С.Б. Пути повышения надежности эксплуатации железобетонных мостов для пропуска сверхнормативной нагрузки // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2018. – № 1. – С. 32–41. [Belyj AA, Andrushko SB. Puti povysheniya nadezhnosti ekspluatatsii zhelezobetonnykh mostov dlya propuska sverhnormativnoj nagruzki. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya*. 2018;(1):32-41. (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32780506>. Ссылка активна на: 14.03.2021.
 11. Makarov AV, Kalinovskiy SA. Methods of regulating thrust in design of arch bridges. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018;012054. doi: 10.1088/1757-899X/451/1/012054
 12. Diachenko LK, Labutin NA, Lang AV. Possible scope of filler beam bridges on the russian railways. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. International Scientific Conference Interstroyemh. 2019;ISM 2019. 2020:012082. doi: 10.1088/1757-899X/786/1/012082
 13. Xia H, Li HL, Guo WW, De Roeck G. Vibration resonance and cancellation of simply supported bridges under moving train loads. *Journal of Engineering Mechanics - ASCE*. 2014;140(5):04014015. doi: 10.1061/(asce)em.1943-7889.0000714
 14. Frøseth GT, Rönnquist A. Evolution of load conditions in the Norwegian railway network and imprecision of historic railway load data. *Structure & Infrastructure Engineering: Maintenance, management, life-cycle design & performance*. 2019;15(2):152-169. doi: 10.1080/15732479.2018.1504087
 15. Yin X, Liu Y, Deng L, Kong X. Dynamic behavior of damaged bridge with multi-cracks under moving vehicular loads. *International Journal of Structural Stability and Dynamics*. 2017;17(2):1750019. doi: 10.1142/S0219455417500195

16. Colford BR, Beabes SR., Bulmer VJ. Bridge Design for Inspection and Maintenance – a UK and US perspective. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Bridge Engineering*. 2019;172(4):246-256. doi: 10.1680/jbren.18.00061
17. Mahamid M, Ozevin D, Torra-Bilal I, Kabir M, Mastny S, Khudeira S. et al. Structural Design and Inspectability of Highway Bridges. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*. 2019;14(3):06019002. doi: 10.1061/(asce)sc.1943-5576.0000425
18. Charron N, McLaughlin E, Phillips S, Goorts K. Automated Bridge Inspection Using Mobile Ground Robotics. *Journal of Structural Engineering*. 2019;145(11):04019137. doi: 10.1061/(asce)st.1943-541x.0002404

Сведения об авторах:

Гуга Никита Александрович, Студент, Инженерно-строительный институт; техник-проектировщик, АО «Трансмост»;

eLibrary SPIN:0000-0000; ORCID: 0000-0003-4033-6206;

E-mail: guga.na@mail.ru

Аверченко Глеб Александрович, ассистент, Инженерно-строительный институт;

eLibrary SPIN: 1707-9958; ORCID: 0000-0001-8813-545X;

E-mail: rusbim.com@ya.ru

Васильев Кирилл Андреевич, Студент, Инженерно-строительный институт;

eLibrary SPIN: 8250-4609; ORCID: 0000-0002-1013-2029;

E-mail: vasiliev2.ka@edu.spbstu.ru

Борисов Вячеслав Андреевич, Студент, Инженерно-строительный институт;

eLibrary SPIN: 8054-4914; ORCID: 0000-0002-8596-7020;

E-mail: borisov.va@edu.spbstu.ru

Исмаилов Алексей Марленович, Инженер, Инженерно-строительный институт;

eLibrary SPIN: 1929-1225; ORCID: 0000-0001-9325-2335;

E-mail: ismailov-aleksei@mail.ru

Information about the authors:

Nikita A. Guga, Student, Civil Engineering Institute; design-technician, JSC "Transmost";

eLibrary SPIN: 0000-0000; ORCID: 0000-0003-4033-6206;

E-mail: guga.na@mail.ru

Gleb A. Averchenko, Assistant, Civil Engineering Institute;

eLibrary SPIN: 1707-9958; ORCID: 0000-0001-8813-545X;

E-mail: rusbim.com@ya.ru

Kirill A. Vasiliev, Student, Civil Engineering Institute;

eLibrary SPIN: 8250-4609; ORCID: 0000-0002-1013-2029;

E-mail: vasiliev2.ka@edu.spbstu.ru

Vyacheslav A. Borisov, Student, Civil Engineering Institute;

eLibrary SPIN: 8054-4914; ORCID: 0000-0002-8596-7020;

E-mail: borisov.va@edu.spbstu.ru

Alexey M. Ismailov, Engineer, Civil Engineering Institute;

eLibrary SPIN: 1929-1225; ORCID: 0000-0001-9325-2335;

E-mail: ismailov-aleksei@mail.ru

Цитировать:

Гуга Н.А., Аверченко Г.А., Васильев К.А., и др. Планирование затрат и пути совершенствования службы эксплуатации мостов // Транспортные системы и технологии. – 2021. – Т. 7. – № 2. – С. 30–41. doi: 10.17816/transsyst20217230-41

To cite this article:

Guga NA, Averchenko GA, Vasiliev KA, et al. Cost planning and ways to improve bridge maintenance. *Transportation Systems and Technology*. 2021;7(2):30-41. doi: 10.17816/transsyst20217230-41