

В. Л. Шаповалов, М. В. Окост, А. В. Морозов, А. Г. Кочур

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ПОСЛЕ РАЗРУШЕНИЯ

Аннотация. Рассмотрены нормативные документы и иные открытые источники, в которых приведены нормы продолжительности строительства мостовых сооружений в зависимости от их вида и параметров. Выполнен анализ сроков строительства мостовых сооружений, которые имели полную длину от 30 до 1800 м. В результате анализа определены сроки строительства в основной и подготовительный периоды, получены средние значения продолжительности на погонный метр сооружения. На основе полученных данных из нормативных документов и открытых источников построены графики зависимостей продолжительности строительства от протяженности мостового сооружения. По совокупности полученных данных построены графики минимальных, максимальных и средних сроков строительства. Полученные значения были сопоставлены со сроками, затраченными на восстановление реальных объектов (мостовых сооружений), которые были разрушены в результате воздействий природного характера.

Ключевые слова: искусственные сооружения, мосты, разрушения, воздействия, сроки восстановления.

Для цитирования: Подходы к оценке продолжительности восстановления мостовых сооружений после разрушения / В. Л. Шаповалов, М. В. Окост, А. В. Морозов, А. Г. Кочур // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 3. – С. 135–143. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_3_135.

Введение

При воздействиях природного и техногенного характера на искусственные сооружения железных дорог могут возникать различного рода разрушения, которые можно разделить на частичные разрушения, когда повреждены либо отдельные элементы конструкции или их комплекс, или на полное разрушение, когда восстановление сооружения не представляется целесообразным [1–4]. В обоих случаях восстановление искусственного сооружения должно быть выполнено в кратчайший срок для минимизации расходов, связанных с задержкой поездов, особенно на стратегически важных направлениях или на тех участках, где нет альтернативного маршрута железнодорожным перевозкам или другими видами транспорта [5–8]. Наибольшее время на восстановление требуется в случае невозможности замены отдельных элементов, когда необходимо построить новое сооружение. Одними из наиболее трудоемких объектов для восстановления являются мосты через водные преграды. Для оценки ориентировочных сроков, необходимых для восстановления движения через водные преграды, рассмотрены подходы, позволяющие оценить срок строительства в зависимости от протяженности сооружения. В качестве исходных данных использованы нормативные документы [9–10] и открытые источники, из которых известны сроки строительства и характеристика объекта строительства.

Оценка сроков восстановления мостового сооружения

Для оценки вероятных сроков восстановления движения через разрушенные мостовые сооружения выполнен анализ источников, из которых можно получить информацию о характеристиках объекта и сроке, требуемом для его восстановления. В качестве таких источников информации были использованы нормативные документы СНиП 1.04.03-85*. Часть II. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений [9] и МРР-3.2.81-12. Рекомендации по определению норм продолжительности строительства зданий и сооружений [10], в которых приведены укрупненные нормы времени на строительство мостовых сооружений различной длины. Дополнительная информация получена из технической документации, размещенной на сайте <https://zakupki.gov.ru>, к конкурсным процедурам по восстановлению и строительству мостовых сооружений и из открытых источников в сети Интернет.

В разделе 8 СНиП 1.04.03-85*. Часть II [9] содержится информация о нормах продолжительности строительства мостов и тоннелей. В нормы продолжительности строительства мостов и тоннелей не включено время на строительство временных объектов производственной базы (в том числе поли-

гоны по изготовлению сборных железобетонных конструкций), зданий жилищного и культурно-бытового назначения для строителей, временных дорог, переправ, линий электроснабжения, а также порталных выемок тоннелей. При необходимости строительства таких объектов к норме продолжительности строительства моста или тоннеля добавляется 6 месяцев. Также в продолжительность строительства не включено время на строительство подходов. При строительстве двухпутного железнодорожного моста к указанным нормам устанавливается коэффициент 1,3. Основные нормы времени для строительства однопутного железнодорожного моста приведены в табл. 1.

Таблица 1

Нормы времени на строительство моста

Однопутный железнодорожный мост длиной, м	Норма продолжительности строительства, месяцы	В том числе подготовительный период, месяцы	В среднем на погонный метр моста, дни	В среднем на погонный метр подготовительного периода, дни
30–100	10	2	3,0	0,6
100–200	12	2	1,8	0,3
200–300	14	2	1,4	0,2
300–400	16	3	1,2	0,225
400–500	18	3	1,08	0,18

В таблице нормы времени на погонный метр определялись для основного и подготовительного периодов как отношение продолжительности строительства к максимальной длине моста в рассматриваемом интервале и выражались в днях.

Для каждого интервала построен график зависимости продолжительности строительства от длины моста, на рис. 1 показан сплошной линией с указанием интервалов длин мостов из табл. 1. Для полученного графика построена аппроксимирующая степенная зависимость, выражение которой приведено на рис. 1. Такое выражение описывает зависимость с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,94$.

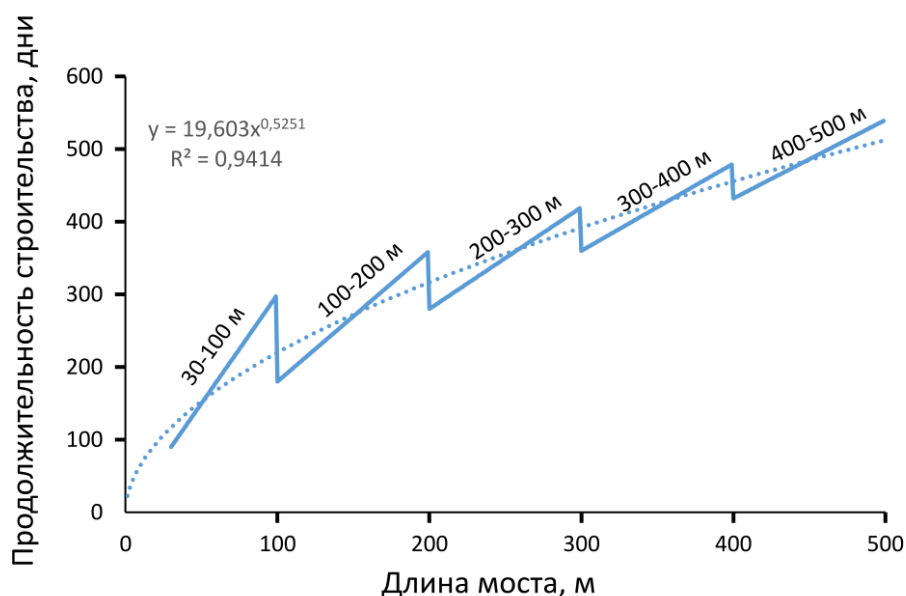


Рис. 1. График зависимости продолжительности строительства железнодорожного моста от его длины

Следующий документ, используемый для анализа, – МРР-3.2.81-12, в котором приведены нормы продолжительности строительства для автомобильных мостов. В данном документе нормы учитывают продолжительность создания площадок укрупненной сборки конструкций в составе работ подготовительного периода. Для сопоставления данных с данными, полученными в [9], выбраны двухполосные эстакады,

ширина которых сопоставима с железнодорожным однопутным мостом. Данные для сборных и монолитных конструкций пролетных строений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Нормы времени на строительство автомобильной эстакады

Двухполосная эстакада на свайном основании, м	Норма продолжительности строительства, месяцы	В том числе подготовительный период, месяцы	В среднем на погонный метр моста, дни	В среднем на погонный метр моста подготовительного периода, дни
Со сборным железобетонным пролетным строением				
200	12	2	1,8	0,3
400	20	2,5	1,5	0,19
С монолитным железобетонным пролетным строением				
200	14	2	2,1	0,3
400	24	2,5	1,8	0,19

В табл. 2 нормы времени на погонный метр определены для общего и подготовительного периода как отношение продолжительности строительства к длине моста и выражены в днях.

Для двух длин пролетов построены графики зависимости продолжительности строительства от длины моста, которые отмечены на рис. 2 сплошной линией с указанием длины моста из табл. 2 (оранжевая линия – сборная конструкция пролетов, синяя линия – монолитная конструкция пролетов). С учетом меньшей продолжительности строительства для сборной конструкции пролетов также выполнена аппроксимация степенной зависимостью, выражение которой показано на рис. 2 пунктирной линией. Такое выражение описывает зависимость с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,99$.

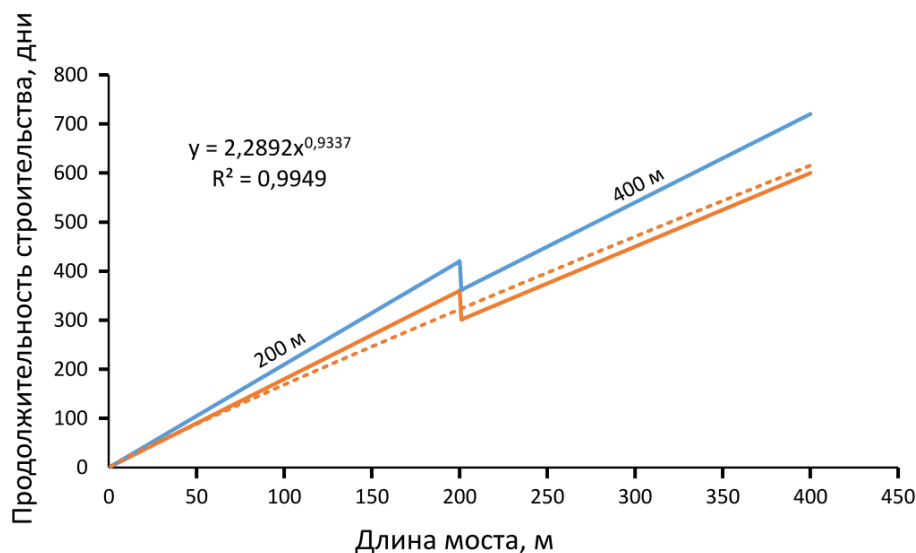


Рис. 2. График зависимости продолжительности строительства от длины автомобильной эстакады

При анализе технической документации к проводимым конкурсным процедурам по восстановлению и строительству мостовых сооружений и данных из открытых источников сети Интернет было проанализировано свыше 40 объектов. Часть рассматриваемых объектов исключена из статистики из-за сложности конструкции (например, арочные мосты). Оставшиеся сооружения разделены на капитальные и временные, а продолжительность их строительства приведена в табл. 3.

Таблица 3

Продолжительность строительства по данным технической документации

Длина моста, м	Продолжительность строительства, дни
Капитальное строительство	
72	350
47	360
48	360
105	480
45	390
171	720
78	360
56	180
21	300
48	540
239	720
434	1095
190	750
1130	780
2096	1800

Для данных из табл. 3 при капитальном строительстве построен график зависимости продолжительности строительства от длины моста, представленный на рис. 3 (синие точки). Приведенные данные были аппроксимированы логарифмической зависимостью, которая на графике показана пунктирной линией. Аппроксимационное выражение описывает зависимость с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,77$.

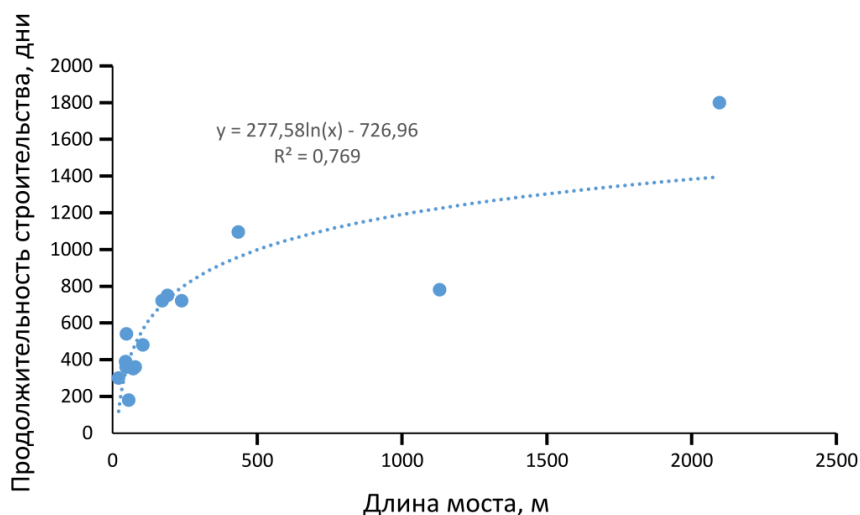


Рис. 3. График зависимости продолжительности строительства мостового сооружения от его длины

На рис. 4 приведен сводный график отображения зависимости продолжительности строительства мостового сооружения от его длины согласно данным рис. 1–3.

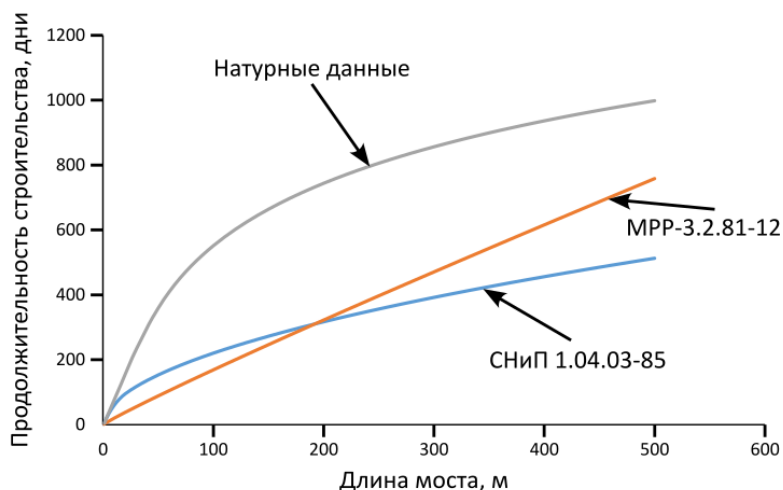


Рис. 4. Сводный график зависимости продолжительности строительства мостового сооружения от его длины

На рис. 4 видно, что имеется существенная разница между укрупненными нормами времени на строительство мостовых сооружений, взятыми из нормативных документов, и натурными данными. Такое расхождение может достигать до полутора лет. Даже при учете того, что натурные сроки приведены для всего комплекса работ, а, например, в СНиП 1.04.03-85 не включены работы по сооружению временных объектов производственной базы, зданий жилищного и культурно-бытового назначения для строителей, временных дорог, переправ, линий электроснабжения, такие расхождения могут составить более года. Поскольку имеются такие большие расхождения, необходима разработка новых подходов и соответствующего нормативного документа для более точного определения сроков восстановления (строительства), учитывающего современные реалии и возможности строительных организаций.

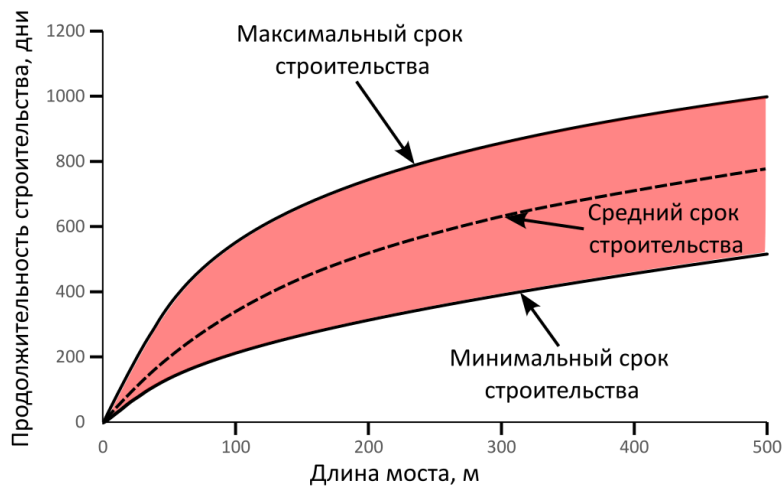


Рис. 5. График максимальных, средних и минимальных сроков продолжительности строительства мостового сооружения в зависимости от его длины

Для железобетонных мостов срок строительства, усредненный по нормативным документам и натурным данным о строительстве мостов, можно представить в виде номограммы, приведенной на рис. 6, полученной из рис. 5.

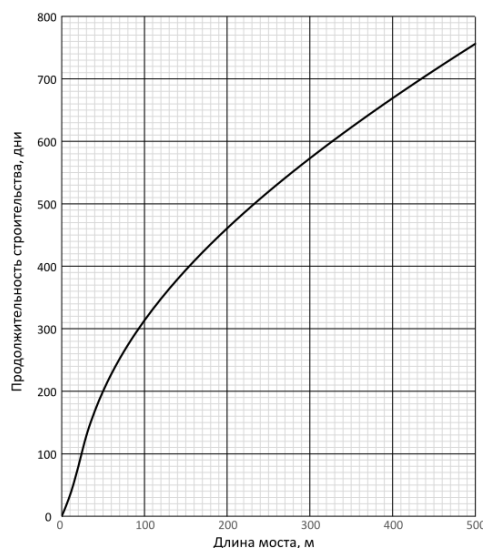


Рис. 6. Номограмма для определения средней продолжительности строительства в зависимости от длины моста

Сроки оперативного восстановления на основе опыта восстановления реальных объектов

Предложенные подходы основаны на практическом опыте восстановления объектов с известным временем на капитальное восстановление. Рассмотрим два случая восстановления моста через р. Кола и через р. Арета.

Следует отметить, что при капитальном восстановлении моста через р. Кола на темпы восстановления в значительной степени оказали влияние три основных фактора. Во-первых, привлечение значительного технического и человеческого ресурса, включая ресурсы Министерства обороны, во-вторых, пролетное строение для капитального моста уже было изготовлено заранее (аварийно-восстановительный запас), в-третьих, параллельное выполнение строительных и проектных работ, поэтапно проходящих госэкспертизу. Сочетание таких факторов позволило реализовать проект за достаточно короткий срок – 105 дней.

На графике (рис. 7) отмечены штриховыми красными линиями минимальный (определенный по нормативным документам), максимальный (из опыта капитального строительства) и средний срок строительства моста длиной 158 м. При этом даже минимальный срок по графику, который составил 270 дней, значительно превышает (в 1,7 раза) тот период времени, за который был восстановлен мост через р. Кола. Если сравнивать со средним сроком строительства, то он превышает фактический для рассматриваемого случая в 4,3 раза.

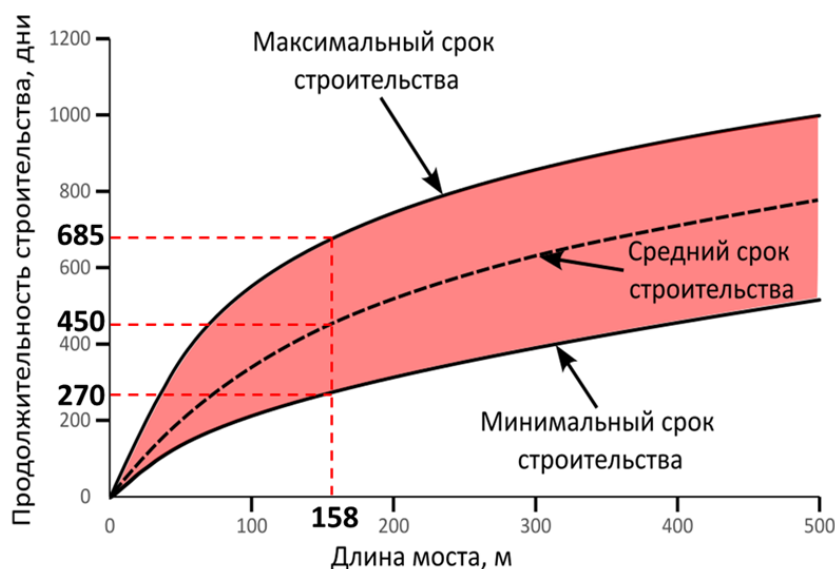


Рис. 7. График определения сроков строительства

В случае восстановления движения через р. Арета следует отметить, что на темпы временного восстановления в значительной степени оказал влияние тот факт, что имелись пролетные строения, а также удалось привлечь значительные технические и человеческие ресурсы, это позволило открыть движение уже через 1,5 суток. При этом можно отметить и значительные темпы капитального восстановления моста.

На графике (рис. 8) отмечены штриховыми красными линиями минимальный (определенный по нормативным документам), максимальный (из опыта капитального строительства) и средний срок строительства однопутного моста длиной 63 м. При этом минимальный срок по графику составил 180 дней. Для двухпутного участка можно предположить, что этот срок увеличится в два раза и составит 360 дней. В сравнении с максимальными сроками строительства, которые в соответствии с графиком для данного моста составили 450 дней, для двух путей – 900 дней, фактический срок восстановления оказался в 4,3 раза меньше, а в сравнении со средними значениями – меньше в 2,5 раза.

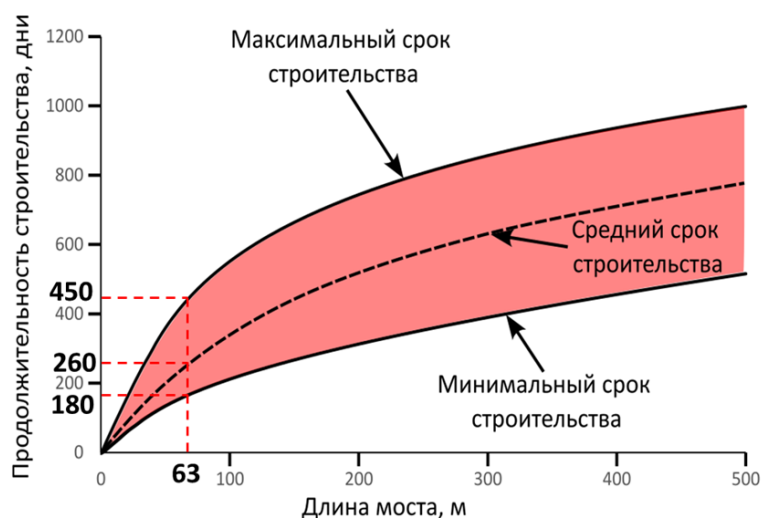


Рис. 8. График определения сроков строительства

Выводы

Анализ возможных сроков капитального восстановления мостовых сооружений позволил сформулировать следующие выводы:

- ориентировочные сроки строительства, приведенные в документах [2, 3], сходны, а аппроксимация графиков, построенных на этих данных, дает высокое значение коэффициента детерминации $R^2 = 0,94$ и $0,99$;
- сроки строительства, заложенные в проектах строительства реальных объектов, оказались значительно больше, чем сроки, указанные в документах [2, 3]. Для мостовых сооружений большой протяженности различие может составлять до 1,5 года;
- реальный срок капитального восстановления с полным комплексом строительных работ на натуральных объектах, рассмотренных в работе, в сравнении со средним сроком строительства из графика на рис. 5 был меньше в 4,5 раз для моста через р. Кола (рис. 7) и в 2,5 раза через реку р. Арета (рис. 8). Такие сроки могут быть связаны с рядом обстоятельств, например, наличие аварийно-восстановительного запаса отдельных элементов конструкции моста в непосредственной близости к объекту.

Список литературы

1 Шаповалов, В. Л. Анализ сценариев развития ситуации при различных воздействиях на искусственные сооружения железных дорог / В. Л. Шаповалов, П. В. Харламов, А. Г. Кочур // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 1(89). – С. 209–223. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_1_209. – EDN QJMXDO.

References

1 Shapovalov, V. L. Analysis of scenarios for the development of the situation under various impacts on artificial structures of the railways / V. L. Shapovalov, P. V. Kharlamov, A. G. Kochur // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 1(89). – P. 209–223. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_1_209. – EDN QJMXDO.

2 **СП 35.13330.2011.** Мосты и трубы (актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*) : издание официальное : утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. N 635 и введен в действие с 01 января 2013 г. – Москва, 2013. – 145 с.

3 **СП 46.13330.2012.** Мосты и трубы (актуализированная редакция СНиП 3.06.04-91) : издание официальное : утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 28 декабря 2010 г. N 822 ; введен в действие с 20 мая 2011 г. – Москва, 2011. – 350 с.

4 **СП 79.13330.2012.** Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний : издание официальное : утвержден Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30.06.2012 г. N 273 ; введен в действие с 1 января 2013 г. – Москва, 2013. – 38 с.

5 Справочник офицера-мостовика железнодорожных войск / под редакцией А. Д. Горчакова. – Москва : Военное издательство Министерства обороны СССР, 1963. – 952 с.

6 **ПВКМ-79.** Инструкция по проектированию железнодорожных временных и краткосрочных мостов и труб / Всесоюзный научно-исследовательский институт транспортного строительства. – Москва, 1982. – 217 с.

7 Распоряжение ОАО «РЖД» от 30.12.2010 № 2795р «О введении в действие Указаний о классификации работ по восстановлению инженерных сооружений ОАО «РЖД». – URL: https://e-ecolog.ru/docs/d8BSvmHVNzS7JAIA_QHdP/1?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (дата обращения: 04.09.2023).

8 Распоряжение ОАО «РЖД» от 25.02.2021 N 377/р «Об утверждении Порядка составления плана действий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». – URL: https://e-ecolog.ru/docs/OfvJ_HPOhRBFxQPh2XayO (дата обращения: 04.09.2023).

9 **СНиП 1.04.03-85*.** Часть II. Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений : утверждены постановлением Госстроя СССР и Госплана СССР от 17 апреля 1985 г. N 51/90 (с изменениями от 10 февраля 1987 г.). Срок введения в действие 1 января 1991. – Москва, 1991. – 437 с.

10 **MPP-3.2.81-12.** Рекомендации по определению норм продолжительности строительства зданий и

2 **SP 35.13330.2011.** Bridges and pipes (updated edition of SNiP 2.05.03-84*) : official edition : approved by Order of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation (Ministry of Regional Development of Russia) dated December 29, 2011 N 635 and put into effect from January 01, 2013. – Moscow, 2013. – 145 p.

3 **SP 46.13330.2012.** Bridges and pipes (Updated version of SNiP 3.06.04-91) : official edition : approved by Order of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation (Ministry of Regional Development of Russia) dated December 28, 2010 N 822 and introduced in effect from May 20, 2011. – Moscow, 2011. – 350 p.

4 **SP 79.13330.2012.** Bridges and pipes. Rules for examinations and tests : official edition : approved and put into effect by Order of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation (Ministry of Regional Development of Russia) dated 06.30.2012 N 273 and put into effect on January 1, 2013. – Moscow, 2013. – 38 p.

5 Reference book of the bridge officer of the railway troops / A.D Gorchakov // Military publishing house of the Ministry of Defense of the USSR. Moscow. 1963. – 952 p.

6 **PVKM-79.** Instructions for the design of railway temporary and short-term bridges and pipes / All-Union. Research Institute of Transport Construction. – Moscow, 1982. – 217 p.

7 Decree of Russian Railways dated December 30, 2010 No. 2795r «On the Enactment of Instructions on the Classification of Works for the Restoration of Engineering Structures of Russian Railways». – URL: https://e-ecolog.ru/docs/d8BSvmHVNzS7JAIA_QHdP/1?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (date of access: 09/04/2023).

8 Decree of Russian Railways dated 02.25.2021 N 377/r «On approval of the Procedure for drawing up an action plan for the prevention and elimination of natural and man-made emergencies». – URL: https://e-ecolog.ru/docs/OfvJ_HPOhRBFxQPh2XayO (date of access: 09/04/2023).

9 **SNiP 1.04.03-85*.** Part II. Standards for the duration of construction and groundwork in the construction of enterprises, buildings and structures : approved Decree of the Gosstroy of the USSR and the State Planning Committee of the USSR of April 17, 1985 N 51/90 (as amended on February 10, 1987). Effective date January 1, 1991. – Moscow, 1991. – 437 p.

10 **MRR-3.2.81-12.** Recommendations for determining the norms for the duration of construction of buildings and structures, the

сооружений, строительство которых осуществляется с привлечением средств бюджета города Москвы : издание официальное : утверждены и введены в действие приказом Комитета города Москвы по ценовой политике в строительстве и государственной экспертизе проектов от 12.09.2012 г. № 50. – Москва, 2012. – 93 с.

construction of which is carried out with the involvement of funds from the budget of the city of Moscow : official publication : approved and put into effect by the order of the Committee of the city of Moscow on pricing policy in construction and state examination of projects dated 12.09.2012. No. 50. – Moscow, 2012. – 93 p.

V. L. Shapovalov, M. V. Okost, A. V. Morozov, A. G. Kochur

APPROACHES FOR ASSESSING THE TIME PERIOD OF THE BRIDGE STRUCTURE REBUILDING AFTER DESTRUCTION

Abstract. The paper considers normative documents and other open sources, which give the norms for the duration of the construction of bridge structures, depending on their type and parameters. The terms of construction of bridge structures were analyzed, which had a total length of 30 to 1800 m. As a result of the analysis, the construction terms in the main and preparatory periods were determined and the average values of the duration per linear meter of the structure were obtained. On the basis of the data obtained from regulatory documents and open sources, graphs of the dependence of the duration of construction on the length of the bridge structure were constructed. Based on the totality of the data obtained, graphs of the minimum, maximum and average construction time were constructed. The obtained values were compared with the time spent on the restoration of bridge structures that were destroyed as a result of natural impacts on real objects.

Keywords: artificial structures, bridges, destruction, impacts, restoration.

For citation: Approaches for assessing the time period of the bridge structure rebuilding after destruction / V. L. Shapovalov, M. V. Okost, A. V. Morozov, A. G. Kochur // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2023. – No. 3. – P. 135–143. – DOI 10.46973/0201-727X_2023_3_135.

Сведения об авторах

Шаповалов Владимир Леонидович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Путь и путевое хозяйство»,
доктор технических наук, доцент,
e-mail: cpd@rgups.ru

Окост Максим Викторович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Путь и путевое хозяйство»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: cpd@rgups.ru

Морозов Андрей Владимирович

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Физика»,
кандидат технических наук,
e-mail: cpd@rgups.ru

Кочур Андрей Григорьевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Физика»,
доктор физико-математических наук, профессор,
e-mail: agk2007@bk.ru

Information about the authors

Shapovalov Vladimir Leonidovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Track and Track Facilities»,
Doctor of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: cpd@rgups.ru

Okost Maksim Victorovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Track and Track Facilities»,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: cpd@rgups.ru

Morozov Andrey Vladimirovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Physics»,
Candidate of Engineering Sciences,
e-mail: cpd@rgups.ru

Kochur Andrey Grigorievich

Rostov State University of Railways (RSTU),
Chair «Physics»,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor,
e-mail: agk2007@bk.ru