



Строительные материалы и изделия  
Construction Materials and Products

ISSN  
2618-7183

journal homepage: <https://bstu-journals.ru>

DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-2-47-57



## Строительство мостов в стесненных городских условиях

Белов Е.И., \*<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Тюменский индустриальный университет. Строительный институт, Россия

Ответственный автор: E-mail: [egor.belov.doc@gmail.com](mailto:egor.belov.doc@gmail.com)

**Аннотация:** в настоящей статье рассмотрена специфика строительства мостовых сооружений в стесненных условиях плотной городской застройки. Приведена классификация мостовых сооружений и особенности каждого типа. Рассмотрены основные характеристики и массогабаритные параметры элементов мостовых конструкций, способы их возведения, транспортировки и монтажа. Особое внимание уделено обустройству строительной площадки, транспортировки к месту строительства готовых изделий и материалов, а также мероприятия по предотвращению нанесения вреда прилегающим к строительной площадке зданиям, сооружениям и транспортным магистралям, в том числе железной дороге.

В исследовании был рассмотрен проект реализации строительства путепровода «Стрела» в г. Тюмень. Акцент был сделан на изготовление радиальных преднапряженных железобетонных балок пролетных конструкций в построечных условиях. Было принято решение об изготовлении данных конструкций на месте производства работ.

**Ключевые слова:** мосты, строительство, стесненные условия, изготовление преднапряженных железобетонных конструкций в построечных условиях, монолитные железобетонные опоры мостов, логистика, безопасность

**Для цитирования:** Белов Е.И. Строительство мостов в стесненных городских условиях // Строительные материалы и изделия. 2023. Том 6. № 2. С. 47 – 57. DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-2-47-57

## Bridge construction in cramped urban environments

Belov E.I.,\*<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Industrial University of Tyumen. Construction Institute, Russia

*Corresponding author: E-mail: egor.belov.doc@gmail.com*

---

**Abstract:** this article discusses the specifics of the construction of bridge structures in cramped conditions of dense urban development. The classification of bridge structures and features of each type are given. The main characteristics and weight and size parameters of elements of bridge structures, methods of their erection, transportation and installation are considered. Particular attention is paid to the arrangement of the construction site, transportation of finished products and materials to the construction site, as well as measures to prevent damage to buildings, structures and transport routes adjacent to the construction site, including the railway.

The study considered the project for the implementation of the construction of the Strela overpass in the city of Tyumen. Emphasis was placed on the production of radial prestressed reinforced concrete beams of span structures in construction conditions. It was decided to manufacture these structures at the work site.

**Keywords:** bridges, construction, cramped conditions, production of prestressed reinforced concrete structures in construction conditions, monolithic reinforced concrete bridge supports, logistics, safety

**Please cite this article as:** Belov E.I. Bridge construction in cramped urban environments. Construction Materials and Products. 2023. 6 (2). P. 47 – 57. DOI: 10.58224/2618-7183-2023-6-2-47-57

---

### ВВЕДЕНИЕ

В современных городах транспортная инфраструктура формирует планировочную структуру города, и как правило опережает создание других значимых объектов.

Однако, в условиях динамичного развития, а в особенности перестройке и реконструкции застроенных частей города возникает необходимость увеличения пропускной способности транспортных коммуникаций. Зачастую эта задача решается за счет постройки дополнительных транспортных узлов, включающих в себя мостовые конструкции (путепроводы, виадуки, эстакады, многоуровневые развязки).

Такого рода строительство, как правило ведется в стесненных условиях, не позволяющих традиционными методами развернуть производство строительных работ.

Решить проблему в данной ситуации помогают инновационные методы при строительстве мостовых сооружений в стесненных условиях.

### МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Исследования в области строительства мостов в стесненных городских условиях проводились на базе учебной литературы, нормативно правовых актов и практического опыта, реализованного в данном направлении.

В процессе анализа применялись материалы из практического опыта строительства, проектная и рабочая документация, фотофиксация, визуальный осмотр сооружений и прилегающей территории.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Выполненная работа привела к формулировке дополнительных требований к проектным, организационным, логистическим, техническим и технологическим решениям при постройке мостовых сооружений в стесненных городских условиях на примере путепровода «Стрела» в г. Тюмень, как к объекту, отвечающему теме исследования и включающему в себя различные типы элементов мостовых конструкций.

### Общая характеристика мостовых сооружений.

Все мостовые сооружения можно разделить на 3 типа:

- мосты- обеспечивают переход через водную преграду;
- путепроводы- возводятся над дорогами или железнодорожными путями;
- виадуки- над оврагами или ущельями;
- эстакады-обеспечивают поднятие вверх транспортных путей, как правило довольно протяженные, состоящие из большого количества однотипных пролетов.

Все вышеперечисленное относится к сложным инженерно-техническим сооружениям с высокими расчетно-конструктивными, технико-эксплуатационными, экономическими и эстетическими требованиями.

Расчетно-конструктивные требования направлены на обеспечение прочности, жесткости и устойчивости мостовых конструкций, под воздействием внешних нагрузок и собственного веса конструкций на протяжении всего срока эксплуатации.

Экономические требования сводятся к рациональному выбору проектных решений, технологии изготовления и монтажа, обеспечивающих минимальную стоимость изготовления и расходы на эксплуатацию.

Технико-эксплуатационные требования заключаются в удобной и безопасной эксплуатации сооружений для всех пользующихся ими субъектов. Для мостовых сооружений необходимо обеспечить удобное сопряжение съездов с прилегающими транспортными магистралями.

Эстетические требования состоят в гармоничном на фоне окружающей застройки внешнем виде.

Основными конструктивными элементами мостовых сооружений являются опоры и пролеты (пролетное строение).

Опоры воспринимают нагрузку от собственного веса мостовых конструкций и движущегося транспорта.

На пролетном строении располагается проезжая часть, пешеходные дорожки, как правило внутри пролетного строения располагаются трубопроводы и коммуникации городской инфраструктуры.

Длина пролета моста определяется шириной перекрываемого препятствия и может составлять от 40 до 200 и более метров, при ширине порядка 30 метров.

### Особенности производства строительных работ мостовых сооружений в стесненных условиях.

Проведение строительных работ в стесненных условиях регламентируется СП 259.1325800.2016 «Мосты в условиях плотной городской застройки. Правила проектирования.» [6].

Для данных условий характерны следующие факторы:

1. Значительная интенсивность движения транспортных и пешеходных потоков поблизости от места строительства. Данное обстоятельство обуславливает необходимость производства работ, ориентированных на завершение каждого этапа строительства в максимально сжатые сроки включая выполнение работ по благоустройству.
2. Наличие жилых, эксплуатируемых зданий и сооружений в непосредственной близости от места проведения работ.
3. Ограниченные площадки для складирования материалов и размещения строительных машин.
4. Стесненная зона работы грузоподъемных машин и механизмов, не позволяющая обеспечить требования безопасности в строительстве.

Следует отметить, что в стесненных условиях опасная зона может быть уменьшена за счет технических и организационных решений:

- ограничение угла поворота, вылета стрелы и высоты подъема крюка крана за счет оборудования кранов современными приборами безопасности;
- установкой дополнительных ограждений с усиленными защитными козырьками и сетками-улавливателями;
- организации работы охраны площадки строительства, препятствующей доступу посторонних в район проведения строительно-монтажных работ;
- мониторинг технического состояния объектов капитального строительства, расположенных в опасной близости от объекта строительства [11].

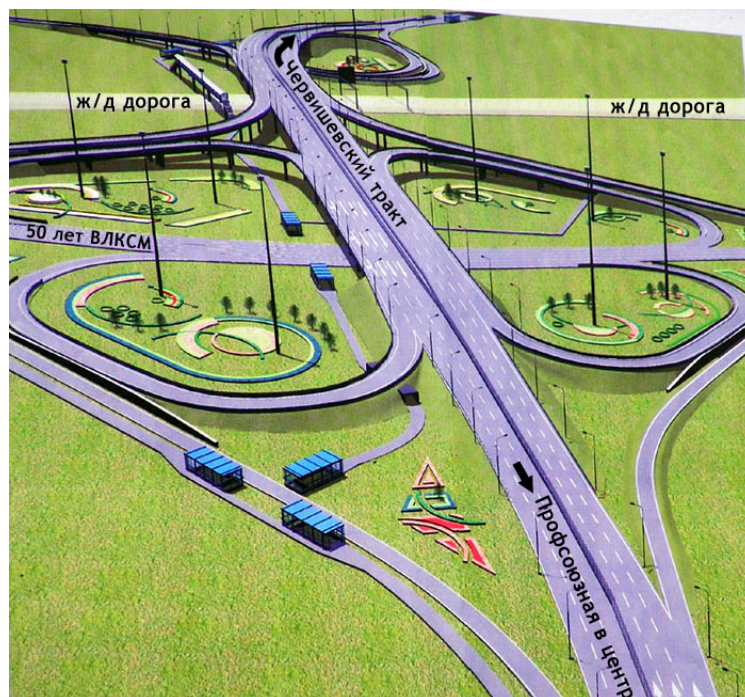
Как было отмечено ранее, пролетные строения мостовых сооружений имеют значительные габариты и массу, данное обстоятельство не представляет особых проблем при наличии водного пути, однако в условиях плотной городской застройки транспортировка готовых конструкций от завода изготовителя к месту строительства затруднена, а за частую невозможна.

Решением данной проблемы является либо укрупненная сборка блоков конструкций на месте строительства (в случае мостов из металлоконструкций) либо изготовление конструкций на месте проведения работ (железобетонные конструкции).

Рассмотрим решение данной задачи на примере строительства путепровода «Стрела» в г. Тюмень (рис. 1).

Данный объект достаточно полно отражает рассматриваемые в статье проблемы и в ходе строительства на практике отработаны методы их решения.

Рассмотрим подробнее характеристики данного объекта.





**Рис. 1.** Общий вид путепровода «Стрела»  
**Fig. 1.** General view of the Strela viaduct

В плане путепровод напоминает лист клевера. Общая длина путепровода с подъездами и съездами составляет 6,5 км. За счет постройки значительно увеличена пропускная способность сети автомобильных дорог в центре г. Тюмени.

Далее рассмотрим очередность строительства:

В первую очередь устраиваются опоры моста. Фундаменты опор моста выполнены из монолитного железобетона, в предварительно отрытых котлованах. Ввиду того, что в непосредственной близости находятся эксплуатируемые здания, забивка свай невозможна [9, 15].

Во вторую очередь монтируются основные пролетные строения. Пролетные строения выполнены из металлоконструкций, поставляемых блоками, соответствующими транспортному габариту, изготовленные в заводских условиях. Далее, посредством укрупненной сборки, собираются в монтажные блоки непосредственно на строительной площадке.

В третью очередь монтируются пролетные строения съездов, представляющие собой предварительно напряженные железобетонные балки, изготовленные в построечных условиях.

#### **Порядок устройства опор.**

Устройство монолитных железобетонных опор является наименее сложным технологическим и логистическим процессом. Он не требует кранов большой грузоподъемности, специальных транспортных средств, перевозки крупногабаритных и крупнотоннажных грузов, перекрытия движения.

В процессе проведения монтажа опор целесообразно подготовить площадку для складирования и монтажа пролетных строений.

#### **Порядок производства работ по монтажу пролетных строений.**

Порядок монтажа пролетных строений длиной 18 м (рис. 2).

Монтаж балок пролетного строения  $L=18\text{м}$   
в крайнем пролете 1-2 одним краном

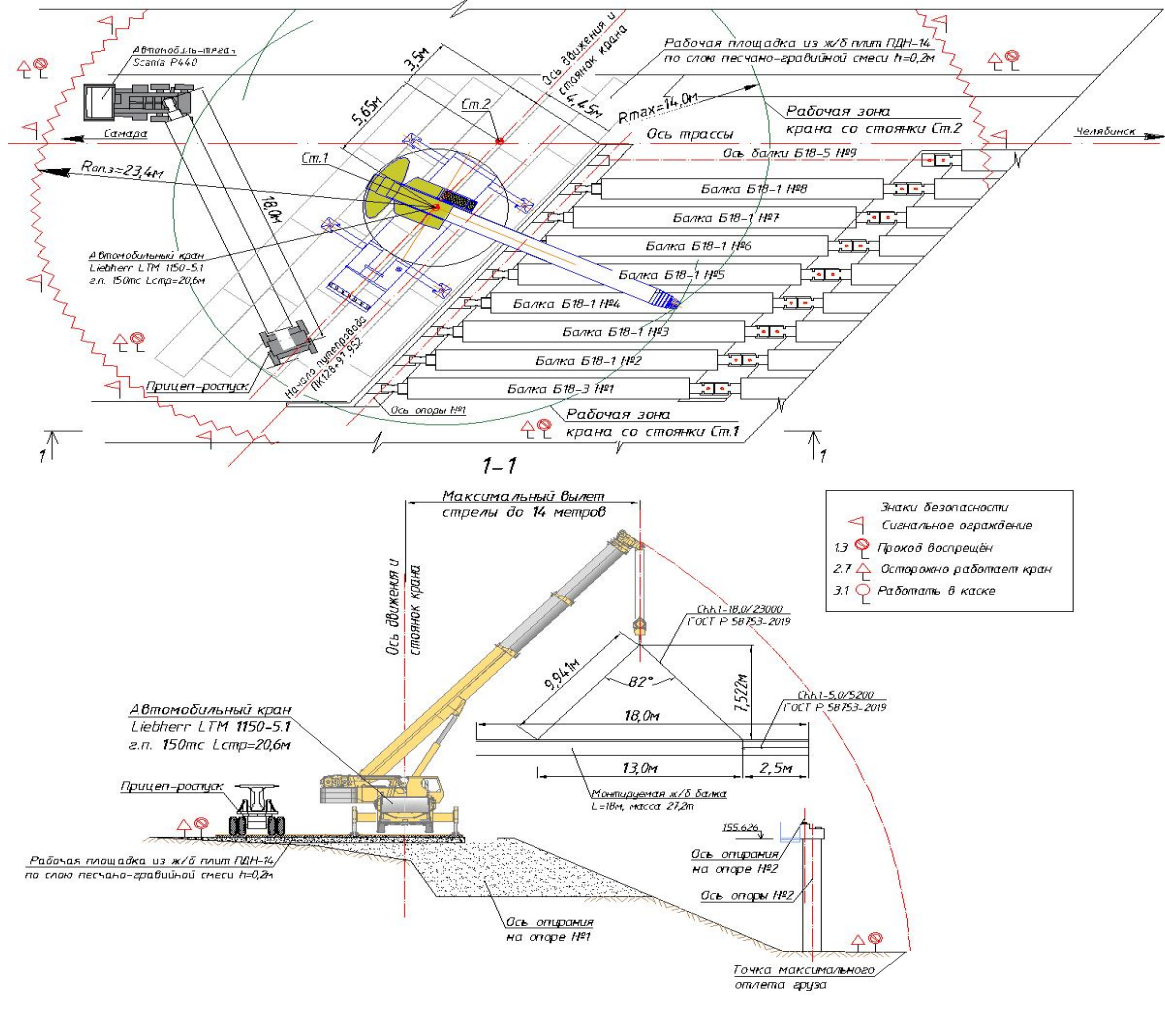


Рис. 2. Порядок монтажа пролетных строений длиной 18 м  
Fig. 2. Installation procedure for span structures 18 m long

Автомобильный кран устанавливается на стоянку в соответствии с проектом производства работ. В рабочую зону крана подается балковоз автомобилем-тягачом с установкой согласно разметке.

Бригадир монтажников подаёт команду о подъёме балки машинисту крана. Производится строповка балки с помощью траверсы с установкой инвентарных резиновых прокладок между стропами и балкой, снимаются крепления балки на балковозе.

Балка приподнимается на высоту 0,1-0,2 м, после чего подъем балки прекращается. Производится выдерживание балки в приподнятом состоянии для проверки правильной работы тормозной системы подъемного устройства крана (около 1 мин.).

Бригадир монтажников подаёт команду машинисту крана о подъёме балки на опоры моста, при этом двое монтажников располагаются с торцов поднимаемой балки и контролируют положение балки в пространстве при помощи верёвочных растяжек, ещё двое монтажников находятся на ригелях (насадках) опор, на которые монтируется балка. Балковоз выводится из зоны монтажа.

Балку необходимо поднимать до уровня, который выше поверхности самых высоких подферменных площадок на насадке опоры, на 1,0 м. При ранее установленных балках на данные опоры моста (путепровода), подъём производится до отметки, которая выше поверхности ранее установленных балок (либо конструкций, закрепленных на этих балках, попадающих в зону работы крана) на 1,0 м.

Поворотом установки крана балка заводится в пролёт путепровода над подферменными площадками, на которые планируется её опускать.

Далее балка опускается на опорные части, расположенные на подферменных площадках опор, и установка её в проектное положение (опускание балки на опорные части контролируют монтажники, находящиеся на опорах). Установка балки в проектное положение проверяется по совмещению размеченных осей опирания на балке и опорных частях, а также проверкой вертикальности ребра балки.

После установки балки в проектное положение, её требуется закрепить в соответствии с проектными решениями.

Балки монтируются со стоянки, предварительно оборудованной для складирования материалов необходимыми приспособлениями для работы кранов. Подъем и опускание мостовых конструкций необходимо выполнять строго вертикально.

Работы по монтажу балок пролётного строения ведут по мере готовности мест монтажа и поступления балок на объект.

Порядок монтажа пролетных строений длиной 33 м (рис. 3).

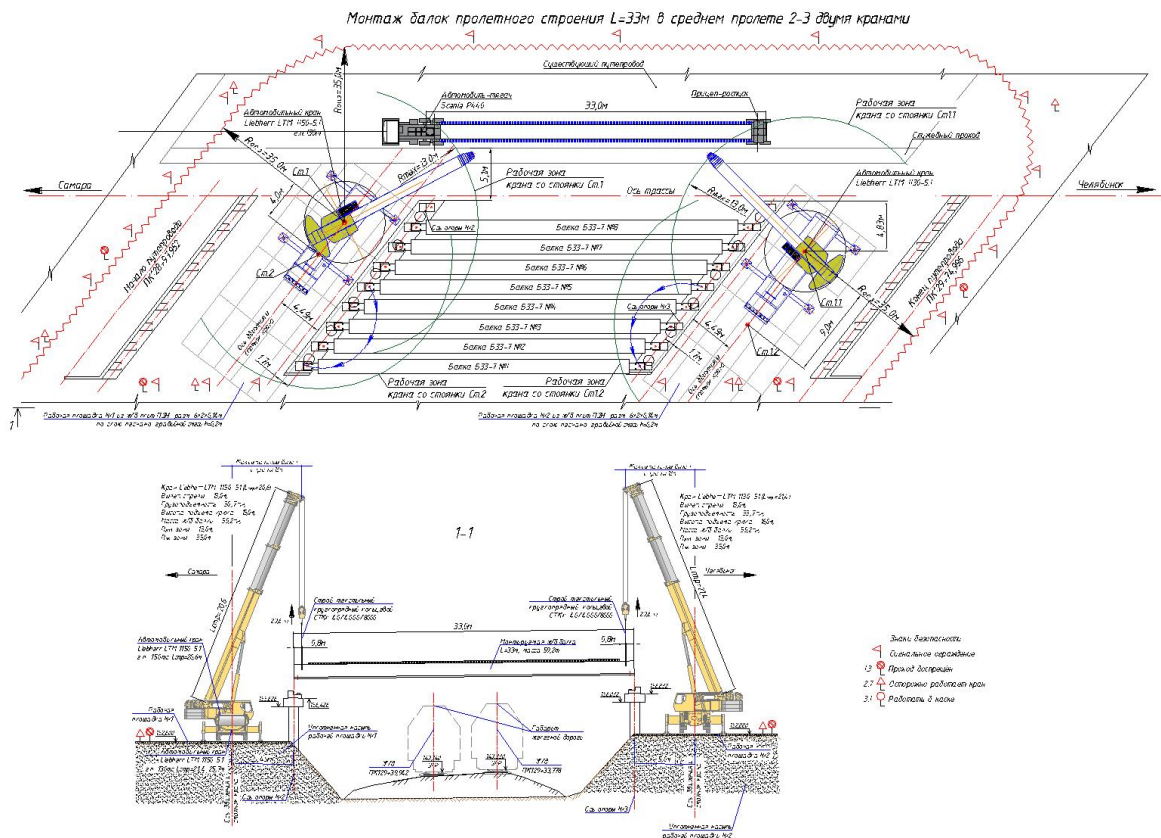


Рис. 3. Порядок монтажа пролетных строений длиной 33 м  
Fig. 3. Installation procedure for span structures 33 m long

Работы по монтажу балок пролетного строения выполняются в период прекращения движения железнодорожного транспорта, обесточивания контактной сети, при согласовании с руководством железной дороги.

Работы по монтажу балок в средних пролетах производятся с рабочих площадок, устраиваемых на этапе возведения опор.

Монтаж ж/б балок  $L=33$  м в пролете производится двумя автомобильными кранами с длиной стрелы 21,4-25,7 м. Для монтажа балки краны устанавливаются на стоянки.

Автомобилем-тягачом на прицепе-ропуске балка подается к месту монтажа (на средний пролет существующего путепровода). На монтируемой балке пролетного строения закрепляется временное ограждение. Балка стропится, стропы набиваются, снимается раскрепление балки на фиксаторах тележки.

Монтаж балки выполняется двумя одновременно работающими кранами.

Балка поднимается над прицепом на 0,5 м, проверяется строповка. Тягач с прицепом-ропуском выводится из зоны монтажа.

Поворотом платформ кранов и изменением вылета стрелы обоих кранов балка устанавливается на подферменники по проектной оси и раскрепляется фиксаторами. Расстроповка балки производится после фиксации балки в проектное положение.

После установки балки в проектное положение, монтажные краны перемещаются на следующую стоянку и цикл повторяется.

### **Монтаж съездов**

Рассмотрим монтаж съездов с путепровода, реализованном за счет технологии изготовления производства предварительно напряженных железобетонных конструкций в построечных условиях.

Плюсы у данного решения аналогичны плюсам устройства монолитных железобетонных опор, однако в отличие от последних имеет место значительно более сложная технология изготовления, связанная с требованиями к мостовым балкам, их конструктивными особенностями и условиями работы.

На подготовительном этапе работ организуется твердое покрытие из доступных материалов, например плит ПДН. Монтируется быстровозводимый ангар-завод, занимающий небольшую площадь и имеющий высоту не более 5 метров.

При помощи крана устанавливается опалубка.

За счет каналообразователей формируются каналы, в которые укладывается напрягаемая арматура и устанавливаются анкеры. Далее выполняется бетонирование и после набора бетоном необходимой прочности происходит натяжение пучков арматуры гидравлическими домкратами. После этого каналы заполняются быстроотверждаемым инъекционным раствором. Демонтаж опалубки осуществляется за счет системы стяжек-замков. После этого форма откачивается на специальных тележках и процесс повторяется.

В это время в работу вступают инфракрасные нагреватели, за счет работы которых, значительно ускоряется процесс набора прочности железобетонных конструкций. Время изготовления одного элемента составляет менее суток [13].

### **Подготовка строительной площадки и особенности логистики**

Строительная площадка организуется в подготовительный период. Возводятся временные здания и сооружения, организуются технологические проезды, стоянки машин и механизмов.

При организации строительства в условиях плотной застройки необходимо учитывать ряд возникающих специфических факторов:

- обеспечение работоспособного состояния и возможности эксплуатации прилегающих объектов;
- отсутствие возможности расположения на площадке полного комплекса инфраструктуры для производства работ на каждом из этапов строительства;
- необходимость разработки дополнительных технологических и организационных мероприятий;
- обеспечение работы «с колес»;
- обеспечение сквозного проезда.

- разработка графика производства работ и логистики с учетом того, что на площадке необходимо складирование материала, достаточного для работы одной смены [10, 12].

Значительной проблемой является размещение на площадке и обеспечение безопасной работы крупногабаритных строительных машин.

Так же необходим мониторинг состояния грунтов примыкающих к площадке зданий и сооружений.

## ВЫВОДЫ

Резюмируя вышеизложенное, следует отметить, что при производстве строительства мостов в городских условиях необходимо учитывать значительное количество факторов, осложняющих производство работ, включающих в себя окружающую обстановку, технологические возможности поставщиков готовых изделий и материалов. Также необходимо тщательно подойти к разработке проекта производства работ, особенно в части обеспечения поставок и размещения оборудования.

При реализации проекта строительства путепровода «Стрела» в г. Тюмень, основную сложность представляла доставка на место строительства балок пролетных строений радиальных участков съездов. В связи с чем, было принято решение об изготовлении железобетонных радиальных балок съездов на месте строительства. Посредством технологии производства преднапряженных железобетонных конструкций, описанной в данном исследовании, строительство съездов с путепровода было реализовано со значительным сокращением стоимости и сроков производства работ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Габитова Л.И., Ибрагимова А.А., Петропавловских О.К. Организация строительства автодорожного моста в стеснённых условиях. 2019. № S (11). С. 26.
- [2] Гречухин В.А. Строительство мостов: пособие для студентов специальности 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены». Минск: БНТУ, 2017. 96 с.
- [3] Колоколов Н.М., Вейнблат Б.М. Строительство мостов: учебник. М.: Книга по Требованию, 2013. 504 с.
- [4] Курлянд В.Г., Курлянд В.В. Строительство мостов: учеб. пособие для вузов. МАДИ. М., 2012. 176 с.
- [5] Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Мальцева Т.В. и др. Поиск новых технологий и решений в транспортном строительстве. Патентный поиск: учебное пособие / ТИУ. Тюмень: ТИУ, 2020. 104 с.
- [6] СП 259.1325800.2016 «Мосты в условиях плотной городской застройки. Правила проектирования.» [Электронный ресурс]. Адрес доступа: <https://demo.garant.ru/#/document/71611030/>
- [7] Справочник современного проектировщика: Справочник / Под общ. ред. Маилян Л.Р. 7-е изд. Ростов-на-Дону :Феникс, 2011. 540 с.
- [8] Abudayyeh O., Cai H., Mellema B., Yehia S. Quantifying Time and user cost savings for rapid bridge construction technique // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2010. № 2151 (1). P. 11 – 20. Doi:10.3141/2151-02
- [9] Billington S.L., Barnes R.W., Breen J.E. Alternate Substructure Systems for Standard Highway Bridges // Journal of Bridge Engineering. March-April 2001. Vol. 6. № 2. P. 87 – 94. DOI: 10.1061/(ASCE)1084-0702(2001)6:2(87)
- [10] Brusselaers N., Koen Mommens K., Macharis C. Building Bridges: A Participatory Stakeholder Framework for Sustainable Urban Construction Logistics. Sustainability. 2021. № 13 (5). DOI: 10.3390/su13052678
- [11] Frangopol D.M., Liu M. Maintenance and management of civil infrastructure based on condition, safety, optimization, and life-cycle cost // Structure and Infrastructure Engineering. 2007. № 3 (1). P. 29 – 41. DOI:10.1080/15732470500253164

- [12] Górecki J., Núñez-Cacho P. Decision-Making Problems in Construction Projects Executed under the Principles of Sustainable Development-Bridge Construction Case // *Applied Sciences*. 2022. № 12 (12). P. 6132. DOI:10.3390/app12126132
- [13] Reese G.A. Innovative Applications of Precast Concrete to Complex Bridge Projects in Colorado // *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2010. 2200 (1). DOI:10.3141/2200-18
- [14] Anastasiades K., Blom J., Buyle M., Audenaert A. Translating the circular economy to bridge construction: Lessons learnt from a critical literature review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020. Elsevier, Vol. 117 (C). P. 109522. DOI: 10.1016/j.rser.2019.109522
- [15] Russell H.G., Ralls M.L., Benjamin M. Tang B.M. Prefabricated Bridge Elements and Systems in Japan and Europe // *Transportation Research Record*. 2005. Vol. 1928. Issue 1. DOI: 10.1177/0361198105192800111

#### REFERENCES

- [1] Gabitova L.I., Ibragimova A.A., Petropavlovskikh O.K. Organization of road bridge construction in cramped conditions. 2019. S (11). P. 26. (rus.)
- [2] Grechukhin V.A. Bridge Construction: a manual for students of specialty 1-70 03 02 “bridges, transport tunnels and metropolitans”. Minsk: BNTU publ., 2017. 96 p. (rus.)
- [3] Kolokolov N.M., Weinblat B.M. Building bridges: textbook. Moscow: Kniga po Trebovaniya publ., 2013. 504 p. (rus.)
- [4] Kurlyand V.G., Kurlyand V.V. Construction of bridges: textbook. manual for universities. MADI. M., 2012. 176 p. (rus.)
- [5] Ovchinnikov I. G., Ovchinnikov I. I., Maltseva T. V. et al. Search for new technologies and solutions in transport construction. Patent search: a textbook. TIU. Tyumen: TIU publ., 2020. 104 p. (rus.)
- [6] Russian standard SP 259.1325800.2016 “Bridges in conditions of dense urban development. Design rules”. [Electronic resource]. Access address: <https://demo.garant.ru/#!/document/71611030/>(rus.)
- [7] Reference book of the modern designer: reference book. under general edit. by Mailyan L. R. 7th ed. Rostov-On-Don: Feniks publ., 2011, 540 p. (in Russian).2011. 540 p. (rus.)
- [8] Abudayyeh O., Cai H., Mellema B., Yehia S. Quantifying Time and user cost savings for rapid bridge construction technique. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2010. 2151 (1). P. 11 – 20. Doi:10.3141/2151-02
- [9] Billington S.L., Barnes R.W., Breen J.E. Alternate Substructure Systems for Standard Highway Bridges. *Journal of Bridge Engineering*. March-April 2001. 6 (2). P. 87 – 94. DOI: 10.1061/(ASCE)1084-0702(2001)6:2(87)
- [10] Brusselaers N., Koen Mommens K., Macharis C. Building Bridges: A Participatory Stakeholder Framework for Sustainable Urban Construction Logistics. *Sustainability*. 2021. 13 (5). DOI: 10.3390/su13052678
- [11] Frangopol D.M., Liu M. Maintenance and management of civil infrastructure based on condition, safety, optimization, and life-cycle cost. *Structure and Infrastructure Engineering*. 2007. 3 (1). P. 29 – 41. DOI:10.1080/15732470500253164
- [12] Górecki J., Núñez-Cacho P. Decision-Making Problems in Construction Projects Executed under the Principles of Sustainable Development-Bridge Construction Case. *Applied Sciences*. 2022. 12 (12). P. 6132. DOI:10.3390/app12126132
- [13] Reese G.A. Innovative Applications of Precast Concrete to Complex Bridge Projects in Colorado. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2010. 2200 (1). DOI:10.3141/2200-18

- [14] Anastasiades K., Blom J., Buyle M., Audenaert A. Translating the circular economy to bridge construction: Lessons learnt from a critical literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020. Elsevier, 117 (C). P. 109522. DOI: 10.1016/j.rser.2019.109522
- [15] Russell H.G., Ralls M.L., Benjamin M. Tang B.M. Prefabricated Bridge Elements and Systems in Japan and Europe. *Transportation Research Record*. 2005. 1928 (1). DOI: 10.1177/0361198105192800111

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Белов Е.И.**, e-mail: egor.belov.doc@gmail.com, тел. +7(922)475-14-08, ORCID ID: 0009-0003-4814-0846, Тюменский индустриальный университет. Строительный институт. Направленность (профиль) «Управление проектами строительства мостов и путепроводов на автомобильных дорогах», магистрант

**Belov E.I.**, e-mail: egor.belov.doc@gmail.com, tel. +7(922)475-14-08, ORCID ID: 0009-0003-4814-0846, Industrial University of Tyumen. Construction Institute. Orientation (profile) "Management of projects for the construction of bridges and overpasses on highways", Master Student

Поступила в редакцию 10 января 2023 г.  
Принята в доработанном виде 17 февраля 2023 г.  
Одобрена для публикации 11 марта 2023 г.

Received: January 10, 2023.  
Revised: February 17, 2023.  
Accepted: March 11, 2023.