



DOI: 10.52409/20731523\_2022\_1\_113  
УДК 624.21.095.332

## Совершенствование системы водоотвода с мостового полотна автодорожных мостов

О.К.Петропавловских<sup>1</sup>, А.А.Ибрагимова<sup>2</sup>, Р.Р.Садыков<sup>3</sup>, А.Р. Галиев<sup>4</sup>,  
Р.Ф.Губайдуллин<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Казанский государственный архитектурно-строительный университет  
г. Казань, Российская Федерация,

<sup>2</sup>ООО «Градпрактика», Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup>ООО «Автодороги и сооружения», г.Казань, Российская Федерация

<sup>4</sup>ООО «СтройМост», г. Киров, Российская Федерация

**Аннотация:** на некоторых автодорожных мостах, возведенных в XX веке, существующая система отведения сточных вод с мостового полотна представлена лишь продольными и поперечными уклонами, а на тех мостах, где имеются водоотводные трубки, водосброс осуществляется под пролетное строение без предварительной очистки. Данная система водоотвода оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду, так как загрязненные стоки с проезжей части сливаются в водоемы и близлежащие территории, а также приводит к снижению качества и долговечности дорожного покрытия и увеличению числа дорожно-транспортных происшествий.

Цель исследования заключается в определении наиболее приемлемых путей решения проблемы устаревших водоотводов на мостовых сооружениях, с разработкой мероприятий по совершенствованию системы поверхностного водоотвода с мостового полотна. В рамках исследования рассматривается пример совершенствования устаревшей системы водоотвода с мостового полотна автодорожного моста через реку Бира с целью удовлетворения современным экологическим требованиям и обеспечения безопасности всех участников движения.

Значимость полученных результатов для строительной отрасли и современной экологической обстановки заключается в возможности сокращения негативного влияния транспортно-дорожного комплекса на окружающую среду, а также увеличении сроков службы и повышении безопасности автодорожных мостов, что является одним из приоритетных направлений модернизации и развития сети автомобильных дорог Российской Федерации.

Основные результаты исследования: рассмотрен зарубежный и отечественный опыт решения вопроса рационального отвода поверхностного стока, поступающего на мостовое полотно автодорожных мостовых сооружений. Предложены пути решения для быстрого отвода воды с мостового полотна, позволяющие их накапливать и дренировать. На примере моста через реку Бира произведен гидравлический расчет и расчет сточных вод, а также представлена новая система водоотвода с мостового полотна.

**Ключевые слова:** система водоотвода, мостовые сооружения, проезжая часть, мостовое полотно, обследование, экология, дефекты, водоотводные лотки, гидравлический расчет, расчетный расход, локальные очистные сооружения.

**Для цитирования:** О.К.Петропавловских, А.А.Ибрагимова, Р.Р.Садыков, А.Р. Галиев, Р.Ф.Губайдуллин Совершенствование системы водоотвода с мостового полотна автодорожных мостов//Известия КГАСУ 2022, №1(59). С 113-125.

DOI: 10.52409/20731523\_2022\_1\_113

# Improving the drainage system from the bridge deck of road bridges

O.K. Petropavlovskikh<sup>1</sup>, A.A. Ibragimova<sup>2</sup>, R.R. Sadykov<sup>3</sup>, A.R. Galiev<sup>4</sup>,  
R.F. Gubaidullin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

<sup>2</sup>LLC «Gradpraktika», Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup>LLC «Highways and facilities», Kazan, Russian Federation

<sup>4</sup>LLC «StroyMost» Kirov, Russian Federation

**Abstract:** Formulation of the problem. The vast majority of road bridges in the Russian Federation were built quite a long time ago, when society did not yet pay much attention to environmental issues, as a result of which, on existing bridge structures, the sewage disposal system from the bridge deck is represented only by longitudinal and transverse slopes, and on those bridges where there are drainage pipes, the spillway is carried out under the superstructure without preliminary cleaning. The purpose of the study is to analyze foreign and domestic experience in improving drainage systems from the bridge deck of road bridges. The study is also aimed at identification of the most acceptable ways to solve the problem of obsolete drainage systems on bridge structures, namely, to identify treatment facilities capable of accumulating and draining water entering the carriageway of bridge structures. The study considers an example of improving an outdated drainage system from the bridge deck of a road bridge across the Bira River, in order to meet modern environmental requirements.

**Conclusions.** The significance of the obtained results for the construction industry and the current environmental situation lies in the possibility of reducing the negative impact of the transport and road complex on the environment, which is one of the priority areas for the modernization and development of the road network of the Russian Federation.

**Results.** The main results of the study: foreign and domestic experience in solving the issue of rational drainage of surface runoff entering the bridge deck of road bridge structures is considered, using the example of a bridge across the Bira River, solutions are proposed for the rapid drainage of water from the bridge deck, allowing them to accumulate and drain. Based on this example, a hydraulic calculation and a wastewater calculation were made.

**Keywords:** drainage system, bridge structures, roadway, bridge deck, inspection, ecology, defects, drainage trays, hydraulic calculation, design flow, local treatment facilities.

**For citation:** O.K.Petropavlovskikh, A.A.Ibragimova, R.R.Sadykov, A.R.Galiev, R.F.Gubaidullin, Improving the drainage system from the bridge deck of road bridges//News KSUAE 2022, №1 (59). С 113-125. DOI: 10.52409/20731523\_2022\_1\_113

## 1. Введение

Строительство новых транспортных сооружений является неотъемлемой частью развития транспортной инфраструктуры, однако возведение нового мостового перехода через водное препятствие отрицательно воздействует на природно-территориальный комплекс. В период эксплуатации транспортное сооружение так же является источником отрицательного воздействия, в частности, недопустимым является попадание на прилегающие территории поверхностных стоков с моста, содержащих загрязняющие вещества [1]. Застой дождевых вод на поверхности проезжей части приводит к снижению качества и долговечности дорожного покрытия и увеличению количества дорожно-транспортных происшествий [2]. Эффективное решение задачи отвода поверхностных вод с мостового полотна транспортных сооружений при проектировании систем водоотвода имеет большое значение для обеспечения безопасного режима эксплуатации моста, сохранности дорожных одежд и основных конструкций, что бесспорно влияет на срок службы сооружения [3]. Вследствие чего необходимо устройство эффективной системы

водоотвода с мостового сооружения с последующим поступлением стоков на очистные сооружения.

Актуальность темы состоит в необходимости совершенствования систем водоотвода поверхностного стока с мостового полотна путем применения современных водоотводных и водоочистных систем, а также повышении транспортно-эксплуатационных показателей и безопасности дорожного движения. Научная новизна заключается в анализе текущего состояния системы водоотвода на существующем автодорожном мосту с последующим расчетом новой системы для удовлетворения современным требованиям. Практическая значимость заключается в необходимости совершенствования устаревшей системы водоотвода с целью недопущения попадания загрязненных сточных вод на прилегающие территории.

Одной из главных задач проектирования нового водоотвода с мостового сооружения является охрана окружающей среды путем обеспечения сбора и удаления воды с дорожной пылью и вредными химическими включениями, не допуская их попадания в водоемы и прилегающие земельные угодья, что не всегда выполняется на практике. Обеспечить безопасность дорожного движения, надёжность и нормативные сроки работы дорожных конструкций возможно только при наличии правильно запроектированной системы водоотвода. Современные водоотводные дорожные системы широко используют новые конструктивные элементы, однако из-за отсутствия нормативной и методической литературы по их установке производство работ нередко ведется с грубым нарушением технологического процесса, что приводит к деформациям и сокращению сроков службы водоотводных конструкций, отклонению отдельных транспортно-эксплуатационных показателей от нормативных значений [4]. Также, в России существуют старые мосты, система водоотвода которых требует переустройства, так как она уже не удовлетворяет современным требованиям, либо вовсе отсутствует.

В России основным документом, регламентирующим экологические принципы отвода воды с мостовых сооружений, а именно запрещающим неорганизованный сброс воды с сооружения является СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84. О необходимости применения локальных очистных сооружений для очистки сточных вод с точки зрения законодательных правил упоминается в работе авторов Пупырева Е.И. и Шеломкова [5]. Отдельные аспекты применения локальных очистных сооружений описаны в статье автора Тугарина Н. И. [6].

Ограниченность водных ресурсов, загрязнение стока продуктами автомобильных выбросов и реагентами, изменение климата – все эти факторы требуют выработки новых подходов к созданию и поддержанию качества городской среды в части сбора и очистки сточных вод с объектов транспортной инфраструктуры.

В современном мире насущным является вопрос экологически рационального проектирования. В мире получает развитие такое направление в проектировании, которое называется «Sustainable design» [7], то есть проектирование, максимально учитывающее состояние окружающей среды.

Использование биотехнологий является частью экологического развития городов. В Великобритании, США и Австралии, например, существуют государственные программы, связанные с применением систем регулирования поверхностного стока. Эти программы направлены на организацию поверхностного стока, где биотехнологии отвода воды являются ключевыми компонентами этих систем [8].

Проблему отсутствия систем водоотвода на старых мостах не обходят и зарубежные авторы. В настоящее время правильная система водоотвода не только продлевает срок службы моста, но и значительно снижает эксплуатационные расходы на его содержание, а также обеспечивает долгий срок службы всех частей конструкции моста [9]. Ответственное отношение к сбору и очистке сточной воды, в том числе сооружение водоотвода для мостов входит в программы устойчивого развития европейских городов [10].

Иностранные системы водоотвода так же включают водоотводные лотки, дренажные системы и повсеместное использование локальных очистных сооружений. Решая экологические проблемы, за рубежом очищенные ливневые воды применяют в качестве формирования новых средств озеленения городов. Использование данной технологии позволяет улучшить микроклимат в городах и экологическую обстановку [11].

Исследуемая проблема в Великобритании решается благодаря переходу к устойчивой системе городского водоотвода [12]. Такие страны как Канада, США, Австралия и др. развивают программу устойчивого развития территорий, важную позицию в которой занимает сбор и очистка городских сточных вод [13, 14].

Целью работы является выявление наиболее приемлемых путей решения проблемы устаревших водоотводов на мостовых сооружениях, с разработкой мероприятий по совершенствованию системы поверхностного водоотвода с мостового полотна на примере автодорожного моста через реку Бира.

Задачи исследования:

1. Анализ зарубежного и отечественного опыта по совершенствованию систем водоотвода с мостового полотна автодорожных мостов.
2. Определить техническое состояние исследуемого моста и предложить усовершенствованную систему водоотвода с очистными сооружениями, накапливающими и дренирующими поступающую на проезжую часть воду.
3. Рассмотреть современные методологии по расчету ливневого стока и гидравлическому расчету автодорожных мостов, а также выполнить на их основе расчеты для моста через реку Бира.

## 2. Материалы и методы

В первой части исследования проанализирован зарубежный и отечественный опыт по совершенствованию систем водоотвода с мостового полотна автодорожных мостов, изучены документы и регламенты, затрагивающие вопрос исследования.

Во второй части исследования, выявлены наиболее приемлемые пути решения данной проблемы на примере совершенствования устаревшей системы водоотвода с мостового полотна автодорожного моста через реку Бира с целью удовлетворения современным экологическим требованиям (Рис. 1). Заключение о техническом состоянии моста составлено по результатам натурного обследования.

В третьей части изучаются теоретические основы поверхностного водоотвода и расчеты для эффективного подбора нового водоотвода для моста через реку Бира. Данный мост введен в эксплуатацию в 1962 году. Схема моста  $13 \times 32,40$  м, общая длина моста  $L_m = 435,70$  м. Габарит проезжей части  $\Gamma - 7,00 + 2 \times 1,38$  м [15]. Водоотвод с проезжей части обеспечивается благодаря продольным и поперечным уклонам, со сбросом воды через водоотводные трубки под мост, что имеет свои разрушительные последствия.



Рис. 1. Пролётные строения моста. Конструкции опор моста (иллюстрация авторов)

Диагностика мостового сооружения проводилась путем анализа текущего состояния проблемы на действующем мосту, с целью получения актуальных данных о его состоянии, путем обследования и составления дефектной ведомости для рационального анализа состояния сооружения. Произведена оценка необходимости переустройства водоотводов на сооружениях, на которых он отсутствует и не соответствует современным экологическим нормам.

Конструктивные размеры водоотводных лотков должны обеспечивать требуемую пропускную способность, определяемую гидравлическим расчетом согласно ОДМ 218.2.057-2015. Для подбора подвесного водоотводного лотка гидравлический расчет выполняется с предпосылкой равномерного установившегося режима потока воды, т. е.

при постоянстве расчетного расхода дождевой воды  $Q_r$  и скорости течения  $v$  на каждом расчетном участке лотков [16].

Расчет осуществляют методом последовательных приближений, назначая геометрические параметры лотков (в том числе величину расчетной глубины водного потока, исходя из степени или глубины наполнения лотка  $h$  и соответственно площади  $w$  поперечного сечения потока воды в лотке) и, добиваясь разности в расчетных расходах  $Q_r$  и  $Q$  с пропускаемым расходом  $Q = wv$  в низовом сечении лотков в пределах 5%.

Гидравлический расчет выполняют в следующей последовательности:

- назначаются геометрические параметры лотков, а также геометрический уклон дна водотока ( $i$ ), определяются площадь живого сечения  $w$  и смоченный периметр  $\chi$  и вычисляется гидравлический радиус  $R$  ( $R_s$ ).

- на последующем этапе определяют коэффициент Шези  $C$  с предварительным вычислением коэффициента (показателя степени)  $y$  или его назначением по приближенным зависимостям;

- по вычисленным значениям  $R$ ,  $C$  и заданному уклону  $i$  определяют расчетную среднюю скорость по сечению лотка  $v$  и пропускаемый расход потока воды в лотке  $Q$ .

Если полученное значение  $Q$  отличается от расчетного значения  $Q_r$  более чем на 5%, то расчет повторяют, принимая другие значения  $h$  или  $r$  или меняя и то, и другое.

Для установившегося медленно изменяющегося движения потока основными формулами являются формула неразрывности потока, и формула Шези для определения средней скорости:

$$Q = wv = \text{const (вдоль потока)} \quad (1)$$

где  $Q$  – расход потока;

$w$  – площадь живого сечения потока;

$v$  – средняя скорость потока в данном живом сечении.

Формула Шези, определяющая расчетную среднюю скорость по сечению  $v$ , м/с, имеет вид:

$$v = C\sqrt{R \cdot i} \quad (2)$$

где  $C$  – коэффициент Шези, имеющий размерность м<sup>1/2</sup>/сек, вычисляется по формуле Н.Н. Павловского:

$$C = \frac{1}{n} R^y \quad (3)$$

где  $R$  – гидравлический радиус, м, определяемый по формуле:

$$R = \frac{w}{\chi} \quad (4)$$

где  $w$  – площадь поперечного (живого) сечения потока воды в лотке в расчетном сечении (при расчетной глубине водного потока), м;

$\chi$  – смоченный периметр (периметр части сечения лотка, находящийся под уровнем жидкости) водного потока в расчетном сечении (при расчетной глубине водного потока и степени наполнения лотка), м.

Для рационального проектирования локальных очистных сооружений, необходимо произвести расчет поверхностного стока. При расчете поверхностного стока вычислены среднегодовые объемы поверхностных сточных вод, образующихся на территории водосбора, определены как сумма поверхностного стока за теплый (апрель-октябрь) и холодный (ноябрь-март) периоды года с общей площади водосбора объекта [17]. Кроме этого, определен расчетный объем поверхностного стока от дождя и талых вод, которые полностью направляются на очистные сооружения. Далее определены расчетные производительности очистных сооружений по талому и ливневому стоку.

### 3. Результаты

Техническое состояние моста через реку Бира по результатам текущего обследования оценено как неудовлетворительное в связи с наличием значительного количества дефектов третьей категории неисправности по долговечности сооружения и безопасности движения, несоответствием фактической грузоподъемности пролётных строений моста современным нормативных нагрузкам и общим моральным старением сооружения. Одной из основных проблем существующего моста можно назвать неудовлетворительную систему водоотвода. Следует выделить, ряд дефектов, касающихся системы водоотвода:

- недостаточные водоотводящие продольные и поперечные уклоны моста, которые способствуют застою воды на мостовом полотне;
- расстройство конструкций водоотводных трубок, затрудняющее водоотвод;
- отсутствие водоотводных лотков, в результате чего сброс воды и других загрязняющих веществ происходит в подмостовую зону, что негативно сказывается на окружающей среде;
- нарушение герметичности деформационных швов, что доказано следами течи на промежуточных опорах и других конструкциях моста;
- нарушение гидроизоляции мостового полотна, в результате чего замачиваются несущие конструкции, что приводит к сильнейшей коррозии металлических элементов, а также к разрушению железобетонных конструкций, вследствие интенсивного выщелачивания цементного камня с образованием сталактитов (до 15 см) и дальнейшей коррозией арматуры.

Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод, о необходимости проведения реконструкции существующего моста в связи с несоответствием современным требованиям по обеспечению безопасности движения и пропускной способности сооружения, значительной потере несущей способности сооружения, а также недопустимостью сброса неочищенных поверхностных стоков с проезжей части моста в пересекаемую реку и на прилегающие территории. В результате работы предлагается конструкция новой системы водоотвода для моста, удовлетворяющая современным нормам и требованиям.

Далее приводятся теоретические основы поверхностного водоотвода. Отвод воды по поверхности проезжей части рекомендуется производить по лотку, образованному парапетом, между проезжей частью и тротуаром. Для отвода воды с проезжей части, не имеющей парапетов, возможно применение лотков, расположенных на фасаде пролетного строения [18]. Возможно применение поверхностных водоотводных лотков, закрытых решетками, расположенных в уровне толщи покрытия проезжей части, в том числе прикромочных лотков. Верх водоотводных трубок следует устраивать ниже поверхности, с которой отводится вода, на 1–2 см. Водоотводные трубки должны иметь внутренний диаметр не менее 150 мм [19]. Водоотводные трубки на железобетонных пролетных строениях рекомендуется устанавливать при бетонировании пролетных строений или швов омоноличивания плит сборных балок пролетных строений [20].

Удаление воды из водоотводной трубки может осуществляться в продольный водоотводный лоток, подвешенный к конструкции пролетного строения, в вертикальный ливнесток, закрепленный на поверхности опоры, в отдельных случаях – в наземный водоотводный лоток на поверхности конуса или в подмостовом пространстве [21,22]. При этом следует исключить возможность попадания воды на другие конструкции мостового сооружения.

При проектировании мостового сооружения на подходах к нему следует предусматривать откосные водосбросные лотки или закрытую ливневую канализацию, перехватывающие воду с подходов к мосту и отводящие ее в дорожные водоотводы или в ливневую канализацию населенных пунктов [23].

Для предотвращения загрязнений окружающей среды стоки дождевых и иных вод с пролетных строений мостовых сооружений должны быть направлены в предусмотренные в комплексе объектов дорожно-мостового строительства локальные очистные сооружения. При наличии возможности приема стоки направляются в ливневую канализацию населенных пунктов или дорожную ливневую канализацию, для дальнейшей очистки в очистных сооружениях [24, 25].

По результатам гидравлического расчета для новой конструкции поверхностного водоотвода был принят водоотводной прямой подвесной лоток 200×300 ТТК.101.20.30.01.001-300 по ГОСТ 21509 (Рис. 2).

Таблица 1

Размеры подвешного лотка в миллиметрах

Ширина сечения, Z	Глубина сечения, h	Радиус скругления, R	Угол развала стенок лотка, $\alpha^\circ$	Длина лотка, L	Ширина стыковочного фланца, b	Толщина стенки лотка, t
200	300	60	11	3100	100	3.0

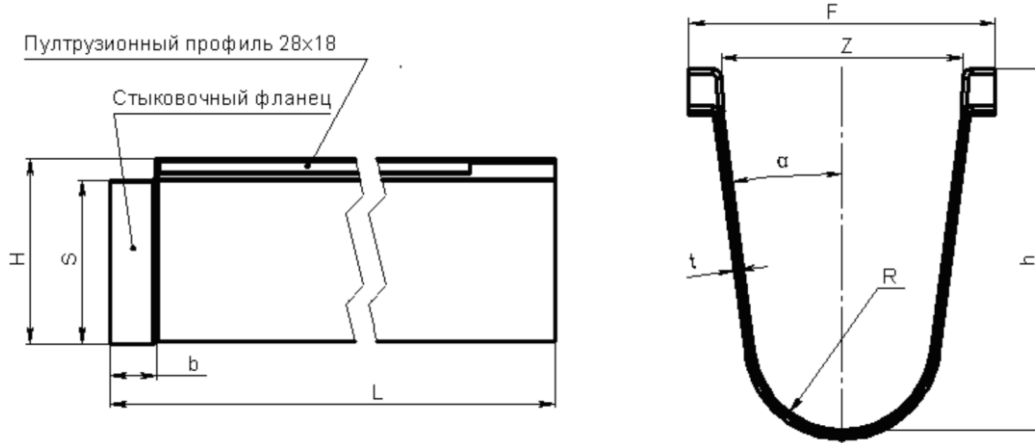


Рис. 2. Геометрические параметры подобранного водоотводного лотка: H – высота лотка; h – глубина лотка; b – ширина стыковочного фланца; S – высота стыковочного фланца; t – толщина стенки лотка; R – радиус скругления лотка; F – ширина по верхней части лотка; Z – ширина внутренней части лотка;  $\alpha$  – угол развала стенок лотка (источник: ГОСТ 21509 Лотки железобетонные оросительных систем. Технические условия)

Данный водоотводной лоток при заданных параметрах уклона имеет пропускную способность  $Q = 41.1$  л/с, что согласно СП 32.13330.2012 больше расчетного расхода дождевой воды  $Q_{\text{cal}} = 30.1$  л/с на 30%, однако при выполнении расчета по СП 32.13330.2018 расчетный расход  $Q_r = 42.7$  л/с, что на 3.8% больше пропускной способности лотка, но находится в пределах 5%. Расчет производился при заполнении лотка на 70% высоты. Общая длина водоотводных лотков составляет 858 м. Годовой объем поверхностных сточных вод, образующихся на территории водосбора, складывается из сумм среднегодового объема дождевых, талых, и поливочных вод. Средний годовой объем поверхностных сточных вод с автодорожного моста через реку Бира составляет 4530 м<sup>3</sup>/год.

Расчетный объем поверхностного стока от дождя, который полностью направляется на очистные сооружения составляет 60 м<sup>3</sup>, при общей площади стока равной 60 га. Суточный объем сточных вод от талого стока составляет 17 м<sup>3</sup>, при учете частичной уборки территории от снега и неравномерности снеготаяния. Тогда расчетная производительность по дождевому стоку составляет 0.27 л/с, по талому стоку 0.22 л/с.

На основании проведенного расчета сточных вод, поступающих на очистку, в качестве очистного сооружения принято локальное очистное сооружение модульного типа Векса-2 (ТУ 4859-001-98116734) с производительностью 2 л/с (Рис. 3). Объем аккумулирующего резервуара должен быть не менее объема дождевого стока от расчетного дождя, но при этом, если резервуар используется преимущественно для регулирования расхода поступающих на очистку сточных вод, то его объем должен быть на 5-10% больше требуемого значения, поэтому принят резервуар Armoplast HE-70-3200 (ТУ 4859-001-98116734).

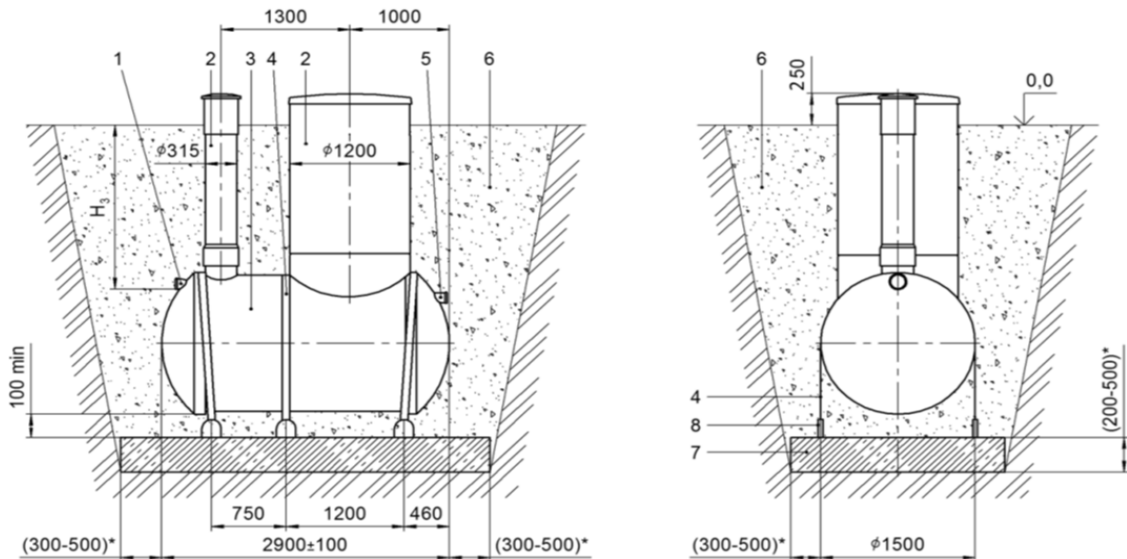


Рис. 3. Очистное сооружение модульного типа Векса-2: 1 – патрубок входной; 2 – колодец технический с пластиковым люком; 3 – корпус установки «Векса-2»; 4 – стропа с талрепами (входит в монтажный комплект); 5 – патрубок выходной; 6 – песок уплотнённый; 7 – фундаментная железобетонная плита; 8 – закладная деталь (иллюстрация авторов)

#### 4. Обсуждение

По результатам проведенного анализа, устойчивое развитие территории стоит на первом месте в программах развития за рубежом, а значит вопрос сбора, очистки воды, а также применение биоинженерных сооружений нашли самое широкое применение. В современном мире при развитии города и его улично-дорожной сети необходимы мероприятия по обеспечению экологической безопасности, сбережению природных ресурсов, сохранения и восстановления естественной среды.

В рамках работы был определен предмет исследования: существующий мост через реку Бира. За период времени, прошедший с момента ввода моста в эксплуатацию, трижды изменялись нормы проектирования мостовых сооружений, что привело к полному несоответствию основных параметров сооружения значительными выросшими нормативными требованиями в части пропускной способности, грузоподъемности мостов, а также требованиям экологии.

Оценка и анализ дефектов мостового сооружения выявили неисправность системы отвода воды с мостового полотна и отсутствие аквапланирования. Кроме того, в результате неорганизованного водоотвода с мостового полотна происходит сброс неочищенных поверхностных стоков с проезжей части моста в пересекаемую реку и на прилегающие территории, что является недопустимым.

Учитывая массовость дефектов и степень разрушения решение о переустройстве системы водоотвода представляется очевидным. В результате работы предлагается конструкция новой системы поверхностного водоотвода, удовлетворяющая современным нормам и требованиям. Данная система предусматривает отвод воды с мостового полотна в водоотводные лотки посредством уклонов покрытия, затем вода поступает в локальные очистные сооружения.

Современные конструкции лотков, очистных сооружений, резервуаров насчитывают множество вариантов. Согласно анализу отечественного и зарубежного опыта распространено применение композитных, металлических и пластиковых водоотводных лотков. Пластиковые лотки имеют сравнительно низкую стоимость, небольшой вес, устойчивость к температурам. Среди недостатков пластиковых водоотводных лотков – низкая прочность и невысокая устойчивость к механическим нагрузкам. Главным недостатком металлических лотков является коррозия. В данном случае, применены композитные водоотводные лотки, являющиеся наиболее перспективными в эксплуатации



и развитии. Композитные лотки не требуют окраски, не подвержены воздействию ультрафиолетовых лучей и коррозии, долговечны [26].

Среди известных типов очистных сооружений упоминаются гидробатические площадки и емкостные очистные сооружения. В условиях нашего климата, срок работы гидробатических площадок составляет всего 4 месяца, что говорит о нецелесообразности применения данной системы. Отличительной негативной особенностью емкостных очистных сооружений является их размер, что увеличивает объем земляных работ, а расположение ниже глубины промерзания приводит к трудностям в их эксплуатации. Самым современным типом очистных сооружений принято считать локальные очистные сооружения, работающие на основе сорбционно-фильтрационной технологии, являющейся наиболее эффективной и простой [27]. Примененные конструкции локального очистного сооружения и аккумулирующего резервуара выполнены из стеклопластика, отличающегося долгим сроком службы, прочностью и устойчивостью к коррозии.

В перспективе, запланировано рассмотрение вопроса расчета и конструирования дренажного водоотвода, а также изучение водоупорных свойств различных типов асфальтобетона.

## 5. Заключение

1. Выполнен анализ зарубежного и отечественного опыта по совершенствованию систем водоотвода с мостового полотна автодорожных мостов. Отмечается перспективное развитие отечественного проектирования, инновационная направленность которого повернута в сторону очистки и повторного использования сточных вод.

2. Определено текущее состояние автодорожного моста через реку Бира, предложена усовершенствованная система водоотвода, выявлены очистные сооружения, способные накапливать и дренировать воду, поступающую на проезжую часть исследуемого сооружения.

3. В статье представлена методика расчета расхода сточных вод с проезжей части, выполнен гидравлический расчет, по результатам которого подобран подвесной водоотводный лоток. Кроме того, данное исследование включает в себя методику определения среднегодовых объемов поверхностных сточных вод, определение расчетных объемов поверхностных сточных вод при отведении их на очистку от дождевого и талого стока для последующего подбора локального очистного сооружения.

## Список литературы

1. Лапина, О. А. Экологические требования к проектам строительства / О. А. Лапина // Интернет-журнал Науковедение. – 2013. – № 5 (18). – С. 133.
2. Николаева Р. В., Газизова З. С. Управление безопасностью дорожного движения в Республике Татарстан // Вестник НЦБЖД. – 2018. – № 2 (36). – С. 87–92.
3. Toryila, T. M. The effects of poor drainage system on road pavement: A review / T. M. Toryila, I. V. Terpase, I. E. Terlumun. // International Journal for innovative research in multidisciplinary field 2. – 2016. – № 8. – P.216-223.
4. Осипова, Т. В. Анализ системы дорожного водоотвода / Т. В. Осипова // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2020. – № 1(40). – С. 28-30.
5. Пупырев Е.И., Шеломков А.С. Экономическое обоснование экологически безопасных технологий очистки сточных вод // ВСТ. – 2014. – № 1. – С. 77.
6. Тугарин, Н. И. Локальные очистные сооружения / Н. И. Тугарин // Планирование, проведение и интерпретация результатов научно-технических исследований : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Волгоград, 08 мая 2019 года. – Волгоград: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований". – 2019. – С. 44-50.
7. Современные пешеходные и велосипедные мосты (основные концепции проектирования и примеры): моногр. / И.И. Овчинников, А.Б. Караханян, И.Г. Овчинников, Ю.П. Скачков. – Пенза: ПГУАС, – 2018. – С.140.
8. Логинова О. А., Азаревич Э. Н. Улучшение организации водоотвода на улично-дорожной сети Казани // Известия КГАСУ. – 2020. – № 4 (54). – С. 112–120.

9. Vlček, P., Končický, J. (2012). Water Impact Reduction on the Deck of the Bridge Structure by Using Complete Drainage Installation. *Procedia Engineering*, 40. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.07.130

10. Davis M., Naumann S. Making the Case for Sustainable Urban Drainage Systems as a Nature-Based Solution to Urban Flooding. In: Kabisch N., Korn H., Stadler J., Bonn A. (eds) *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions*. Springer, Cham. – 2017. – С. 123-137. DOI:10.1007/978-3-319-56091-5\_8

11. Michalek, A. Assessment of climatic and anthropogenic controls on bridge deck drainage and sediment removal / A. Michalek, A. Husic, J. Roundy, A. T. Hansen // *Water (Switzerland)*. – 2021. – Vol. 13. – № 24. DOI: 10.3390/w13243556

12. Sustainable Drainage Systems (SUDS) 2018. Design and Technical Guidance. 2018. URL.: <http://modern.gov.schelens.gov.uk/mgConvert2PDF.aspx?ID=89588> (дата обращения: 10.02.2022).

13. Activities of the European Union on sustainable urban development. A brief overview. European Urban Knowledge Network. URL: <https://www.eukn.eu/fileadmin/Lib/files/EUKN/2013/Activities%20of%20the%20European%20Union%20on%20sustainable%20urban%20development.pdf> (дата обращения: 10.02.2022).

14. Stigsdotter U. A. Landscape architecture and health. Evidence-based health-promoting design and planning. Swedish University of Agricultural Sciences. URL: <https://pub.epsilon.slu.se/864/1/UlrikaStigsdotter.pdf> (дата обращения: 10.02.2022).

15. Петропавловских, О. К. Анализ системы водоотвода на автодорожном мосту через р. Бира в г. Биробиджан / О. К. Петропавловских, Р. Р. Садыков // *Техника и технология транспорта*. – 2021. – № 2(21).

16. Пузанкова, К. А. Обзор существующих методик гидравлических расчетов водоотводных подвесных лотков мостовых сооружений / К. А. Пузанкова, О. А. Логинова // *Техника и технология транспорта*. – 2021. – № 2(21).

17. Бабкин, И. А. Совершенствование системы водоотведения с проезжей части автомобильных дорог : специальность 05.23.11 "Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Бабкин Игорь Александрович. – Омск, – 2014. – С.122.

18. Овчинников, И. Г. Обеспечение долговечности автодорожных мостов - пути решения проблемы / И. Г. Овчинников, О. Н. Распоров, И. И. Овчинников // *Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог. Сборник научных трудов ОАО ГИПРОДОРНИИ*. – 2014. – № 5(64). – С. 36-43.

19. Садыков, Р. Р. Защита окружающей среды при строительстве транспортных сооружений / Р. Р. Садыков, О. К. Петропавловских // *Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований : Материалы XXIII международной научно-практической конференции, North Charleston, USA, 22–23 июня 2020 года*. – North Charleston, USA: LuluPress, Inc., – 2020. – С. 77-79.

20. Бычковский, Н. Н. Строительство железобетонных мостов : монография в 2 частях / Н. Н. Бычковский, С. И. Пименов ; Н. Н. Бычковский, С. И. Пименов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Саратовский гос. технический ун-т. – Саратов : Саратовский гос. технический ун-т, – 2006. – С.30.

21. Awwad, M. Studying the effects of roads geometry and design parameters on the pavement drainage system / M. Awwad // *Civ. Eng. J.* – 2021. – №7, – P. 49–58. DOI: 10.28991/cej-2021-03091636

22. Schweikert, A. The infrastructure planning support system: Analyzing the impact of climate change on road infrastructure and development / A. Schweikert, P. Chinowsky, K. Kwiatkowski, X. Espinet // *Transp. Policy* – 2014. – Vol. 35(C). – P. 146–153. DOI: 10.1016/j.tranpol.2014.05.019

23. Семенова, Т. В. Совершенствование метода проектирования системы поверхностного водоотвода автомобильных и городских дорог по условиям обеспечения безопасности движения: специальность 05.23.11 "Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей»: диссертация на

соискание ученой степени кандидата технических наук / Семенова Татьяна Викторовна. Омск. –2011. – С. 144.

24. Гидравлические исследования сбросных лотков поверхностных водоотводов с автомобильных дорог и мостов / Д. В. Штеренлихт, Н. В. Ханов, И. Ф. Пикалова, Е. В. Исаихина // Природообустройство. – 2012. – № 3. – С. 88-91.

25. Экологические требования при проектировании и строительстве объектов / В. Н. Азаров, С. Е. Манжилевская, Н. В. Коваль, А. Д. Симерникова // Вестник евразийской науки. – 2018. – Т. 10. – № 6. – С. 57.

26. Mosallam AS., Polymer Composites in Construction: An Overview / Mosallam AS., Bayraktar A., Elmikawi M., Pul S., Adanur S. // SOJ Mater Sci Eng 2(1), – 2014. – №25. DOI: <http://dx.doi.org/10.15226/sojmse.2014.00107>

27. Винокуров К. И., Крестьянинова А. Ю. Локальные очистные сооружения поверхностного стока на автомобильных дорогах и мостовых переходах // Экология и строительство. – 2019. – №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lokalnye-ochistnye-sooruzheniya-poverhnostnogo-stoka-na-avtomobilnyh-dorogah-i-mostovyh-perehodah> (дата обращения: 15.02.2022).

### References

1. Lapina O. A. Ekologicheskie trebovaniya k proektam stroitel'stva [Environmental requirements for construction projects]. Online Journal of Science Studies. –2013; –№ 5(18). –P. 133 (In Russian).

2. Nikolaeva R. V., Gazizova Z. S. Upravlenie bezopasnost'yu dorozhnogo dvizheniya v Respublike Tatarstan [Management of road safety in the Republic of Tatarstan] // Vestnik NCBZhD. – 2018. – № 2 (36). – P. 87–92 (In Russian).

3. Toryila, T. M. The effects of poor drainage system on road pavement: A review / T. M. Toryila, I. V. Terpase, I. E. Terlumun. // International Journal for innovative research in multidisciplinary field 2. – 2016. – № 8. – P. 216-223.

4. Osipova, T. V. Analiz sistemy dorozhnogo vodootvoda [Analysis of the road drainage system]. Tekhnicheskoe regulirovanie v transportnom stroitel'stve. – 2020. – № 1(40). – P. 28-30.

5. Pupyrev E.I., Shelomkov A.S. Ekonomicheskoe obosnovanie ekologicheski bezopasnykh tekhnologiy ochistki stochnykh vod [Economic justification for environmentally friendly wastewater treatment technologies] // VST. – 2014. – № 1. – P. 77 (In Russian).

6. Tugarin, N. I. Lokal'nye ochistnye sooruzheniya [Local treatment facilities] / Planirovanie, provedenie i interpretatsiya rezul'tatov nauchno-tekhnicheskikh issledovaniy : sbornik statej po itogam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Volgograd, 08 maya 2019 goda. – Volgograd: Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu \Agentstvo mezhdunarodnykh issledovaniy\, – 2019. – P. 44-50 (In Russian).

7. Sovremennye peshekhodnye i velosipednye mosty (osnovnye koncepcii proektirovaniya i primery) [Modern pedestrian and bicycle bridges (basic design concepts and examples)]: monograph / I.I. Ovchinnikov, A.B. Karahanyan, I.G. Ovchinnikov, Y.P. Skachkov. – Penza: PGUAS, –2018. – P. 140 (In Russian).

8. Loginova O. A., Azarevich E. N. Uluchshenie organizatsii vodootvoda na ulichno-dorozhnoy seti Kazani [Improving the organization of drainage on the street and road network of Kazan] // Izvestiya KGASU. –2020. –№ 4 (54). –P.112–120.

9. Vlček, P., Končický, J. Water Impact Reduction on the Deck of the Bridge Structure by Using Complete Drainage Installation. Procedia Engineering, –2012. –№40. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.07.130

10. Davis M., Naumann S. Making the Case for Sustainable Urban Drainage Systems as a Nature-Based Solution to Urban Flooding. In: Kabisch N., Korn H., Stadler J., Bonn A. (eds) Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions. Springer, Cham. – 2017. – P. 123-137. DOI:10.1007/978-3-319-56091-5\_8

11. Michalek, A. Assessment of climatic and anthropogenic controls on bridge deck drainage and sediment removal / A. Michalek, A. Husic, J. Roundy, A. T. Hansen // Water (Switzerland). – 2021. – Vol. 13. – № 24. DOI: 10.3390/w13243556.

12. Sustainable Drainage Systems (SUDS) 2018. Design and Technical Guidance. 2018. URL.: <http://modern.gov.sthelens.gov.uk/mgConvert2PDF.aspx?ID=89588> (reference date: 10.02.2022).

13. Activities of the European Union on sustainable urban development. A brief overview. European Urban Knowledge Network. URL: <https://www.eukn.eu/fileadmin/Lib/files/EUKN/2013/Activities%20of%20the%20European%20Union%20on%20sustainable%20urban%20development.pdf> (reference date: 10.02.2022).

14. Stigsdotter U. A. Landscape architecture and health. Evidence-based health-promoting design and planning. Swedish University of Agricultural Sciences. URL: <https://pub.epsilon.slu.se/864/1/UlrikaStigsdotter.pdf> (reference date: 10.02.2022).

15. Petropavlovskikh O. K., Sadykov R. R. Analiz sistemy vodootvoda na avtodorozhnom mostu cherez r. Bira v g. Birobidzhan [Analysis of the drainage system on the road bridge over the Bira river in Birobidzhan]. Transport equipment and technology. –2021. –№ 2(21) (In Russian).

16. Puzankova K. A., Loginova O. A. Obzor sushchestvuyushchikh metodik gidravlicheskiykh raschetov vodootvodnykh podvesnykh lotkov mostovykh sooruzheniy [Review of existing methods of hydraulic calculations of drainage suspended trays of bridge structures]. Transport equipment and technology. –2021; –№ 2(21) (In Russian).

17. Babkin, I. A. Sovershenstvovanie sistemy vodootvedeniya s proezzhey chasti avtomobil'nykh dorog: spetsial'nost' 05.23.11 "Proektirovanie i stroitel'stvo dorog, metropolitenov, aerodromov, mostov i transportnykh tonneley»: avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [Improvement of the drainage system from the roadway of highways] Omsk, –2014. – P.122 (In Russian).

18. Ovchinnikov I. G., Rasporov O. N., Ovchinnikov I. I. Obespechenie dolgovechnosti avtodorozhnykh mostov - puti resheniya problemy [Ensuring the durability of road bridges - ways to solve the problem]. Current issues of road design. Collection of scientific papers of JSC GIPRODORNII. –2014. –№ 5(64). – P.36-43 (In Russian).

19. Sadykov R. R., Petropavlovskikh O. K. Zashchita okruzhayushchey sredy pri stroitel'stve transportnykh sooruzheniy [Environmental protection in the construction of transport facilities]. Current directions of fundamental and applied research: Materials of the XXIII International Scientific and Practical Conference, North Charleston, USA. –2020. –P. 77-79 (In Russian).

20. Bychkovskiy N. N., Pimenov S. I. Stroitel'stvo zhelezobetonnykh mostov : monografiya v 2 chastyakh [Construction of reinforced concrete bridges : a monograph in 2 parts]. Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Federal Agency for Education, Saratov State Technical University. –2006. –P.30 (In Russian).

21. Awwad, M. Studying the effects of roads geometry and design parameters on the pavement drainage system / M. Awwad // Civ. Eng. J. – 2021. – №7, – P. 49–58. DOI: 10.28991/cej-2021-03091636.

22. Schweikert, A. The infrastructure planning support system: Analyzing the impact of climate change on road infrastructure and development / A. Schweikert, P. Chinowsky, K. Kwiatkowski, X. Espinet // Transp. Policy – 2014. – Vol. 35(C). – P. 146–153. DOI: 10.1016/j.tranpol.2014.05.019.

23. Semenova, T. V. Sovershenstvovanie metoda proektirovaniya sistemy poverkhnostnogo vodootvoda avtomobil'nykh i gorodskikh dorog po usloviyam obespecheniya bezopasnosti dvizheniya : spetsial'nost' 05.23.11 "Proektirovanie i stroitel'stvo dorog, metropolitenov, aerodromov, mostov i transportnykh tonneley" : dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk [Improvement of the design method of the surface drainage system of highways and urban roads in accordance with the conditions for ensuring traffic safety] Omsk. –2011. –P. 144 (In Russian).

24. Shterenlikht D. V., Khanov N. V., Pikalova I. F., Isaikhina E. V. Gidravlicheskie issledovaniya sbrosnykh lotkov poverkhnostnykh vodootvodov s avtomobil'nykh dorog i mostov [Hydraulic studies of discharge trays of surface water drains from highways and bridges]. Environmental management. – 2012. – № 3. – P. 88-91 (In Russian).

25. Azarov V. N., Manzhilevskaya S. E., Koval' N. V., Simernikova A. D. Ekologicheskie trebovaniya pri proektirovanii i stroitel'stve ob"ektov [Environmental requirements for the design

and construction of facilities]. Bulletin of Eurasian Science. – 2018. – №6 (10). – P. 57 (In Russian).

26. Mosallam AS., Polymer Composites in Construction: An Overview / Mosallam AS., Bayraktar A., Elmikawi M., Pul S., Adanur S. // SOJ Mater Sci Eng 2(1), – 2014. – №25. DOI: <http://dx.doi.org/10.15226/sojmse.2014.00107>

27. Vinokurov K. I., Krestyaninova A. Yu. Lokal'nye ochistnye sooruzheniya poverkhnostnogo stoka na avtomobil'nykh dorogakh i mostovykh perekhodakh [Local treatment facilities for surface runoff on roads and bridge crossings] // Ecology and construction. – 2019. – №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lokalnye-ochistnye-sooruzheniya-poverkhnostnogo-stoka-na-avtomobilnyh-dorogah-i-mostovyh-perehodah> (reference date: 15.02.2022) (In Russian).

#### Информация об авторах.

**Ольга Константиновна Петропавловских** Старший преподаватель,  
Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань,  
Российская Федерация.

Email: [olga\\_konst@mail.ru](mailto:olga_konst@mail.ru)

**Ания Айратовна Ибрагимова** Инженер 3 категории, ООО «Градпрактика»  
г. Москва, Российская Федерация

E-mail: [anyia13@mail.ru](mailto:anyia13@mail.ru)

**Руслан Рустамович Садыков** Инженер ООО «Автомобили и сооружения», г. Казань,  
Российская Федерация

E-mail: [ruslan14081997@mail.ru](mailto:ruslan14081997@mail.ru)

**Айдар Радикович Галиев** Инженер ПТО, ООО «СтройМост», г. Киров, Российская  
Федерация

E-mail: [aidargaliev05@gmail.com](mailto:aidargaliev05@gmail.com)

**Рустам Фанилевич Губайдуллин** Инженер ПТО, ООО «СтройМост», г. Киров,  
Российская Федерация

E-mail: [rustam.gubajdullin2015@mail.ru](mailto:rustam.gubajdullin2015@mail.ru)

#### Information about the authors

**Olga K. Petropavlovskikh** senior lecturer Kazan State University of Architecture and  
Engineering, Kazan, Russian Federation

Email: [olga\\_konst@mail.ru](mailto:olga_konst@mail.ru)

**Aniia A. Ibragimova** Engineer, LLC «Gradpraktika», Russia, Moscow, Russian Federation

E-mail: [anyia13@mail.ru](mailto:anyia13@mail.ru)

**Ruslan R. Sadykov** Engineer, LLC «Highways and facilities», Kazan, Russian Federation

E-mail: [ruslan14081997@mail.ru](mailto:ruslan14081997@mail.ru)

**Aidar R. Galiev** Engineer PTD, LLC «StroyMost», Kirov, Russian Federation

E-mail: [aidargaliev05@gmail.com](mailto:aidargaliev05@gmail.com)

**Rustam F. Gubaidullin** Engineer PTD, LLC «StroyMost», Kirov, Russian Federation

E-mail: [rustam.gubajdullin2015@mail.ru](mailto:rustam.gubajdullin2015@mail.ru)