

Научная статья  
УДК 624.21.011  
DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-2-296-318>  
EDN: WMXFSD



## О РАЗВИТИИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ДЕРЕВОБЕТОННЫХ МОСТОВ

В.А. Уткин<sup>1</sup> ✉, П.Н. Кобзев<sup>1</sup>, Е.Е. Басич<sup>1,2</sup>, В.В. Скиба<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ),  
г. Омск, Россия

<sup>2</sup>ООО Проектно-инжиниринговая компания «Мостовик»,  
г. Омск, Россия

✉ ответственный автор  
[prof.utkin@mail.ru](mailto:prof.utkin@mail.ru)

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Древесина как конструкционный материал пролетных строений мостов обладает некоторыми преимуществами в сравнении с распространенными в настоящее время железобетоном или сталью. Новые технологически-конструктивные формы деревянных пролетных строений должны соответствовать современным требованиям по грузоподъемности и долговечности. В сравнении с зарубежным деревянным мостостроением наш опыт в этой области во многом утрачен или не соответствует современным условиям. Из наиболее перспективных конструктивных решений можно выделить комбинированные дерево-железобетонные пролетные строения.

**Материалы и методы.** Рассмотрен как зарубежный, так и отечественный опыт устройства соединенных в комбинированных деревобетонных конструкциях. Приведена информация об области применения деревянных мостов с составными прогонами и отдельно описана конструкция деревобетонного пролетного строения с составными прогонами с результатами испытаний. Далее изучен опыт применения мостов с клееными балками с указанием конструктивного решения комбинированного деревобетонного пролетного строения. На основе данных обследования мостов Омской области приведен опыт эксплуатации мостов с дощато-нагельно-гвоздевыми блоками и плитой проезда с поперечно-уложенным брусом, указаны типичные повреждения и рассмотрен вариант реконструкции таких мостов с железобетонной плитой проезжей части, включенной в совместную работу с балками.

**Результаты.** Выявлена необходимость внедрения новых решений по увеличению долговечности деревянных мостов. Одним из таких решений является использование железобетонной плиты проезда, включенной в совместную работу с деревянными балками, что также увеличивает общую несущую способность пролетного строения.

**Обсуждение и заключение.** Предлагаемые в статье конструкции деревобетонных пролетных строений обладают большей долговечностью и увеличенной несущей способностью в сравнении с деревянными пролетными строениями. Такой конструктивный метод может быть эффективно применен и при реконструкции существующих деревянных мостов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** деревобетонные мосты, дощато-гвоздевая ферма, долговечность деревянных мостов, деревянные клееные балки, соединительные элементы деревобетонных мостов

Статья поступила в редакцию 18.02.2025; одобрена после рецензирования 18.03.2025; принята к публикации 17.04.2025.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Уткин В.А., Кобзев П.Н., Басич Е.Е., Скиба В.В. О развитии и совершенствовании деревобетонных мостов // Вестник СибАДИ. 2025. Т. 22, №. 2 С. 296-318. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-2-296-318>

© Уткин В.А., Кобзев П.Н., Басич Е.Е., Скиба В.В., 2025



Контент доступен под лицензией  
Creative Commons Attribution 4.0 License.

Original article  
DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-2-296-318>  
EDN: WMXFSD

## ON DESIGN AND DEVELOPMENT OF WOOD-CONCRETE BRIDGE STRUCTURE

Vladimir A. Utkin<sup>1</sup> ✉, Pavel. N. Kobzev<sup>1</sup>, Evgeny E. Basich<sup>1,2</sup>, Victoria V. Skiba<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Siberian State Automobile and Highway University (SibADI),  
Omsk, Russia

<sup>2</sup>LLC Design and Engineering Company "MOSTOVIK",  
Omsk, Russia

✉ corresponding author  
[prof.utkin@mail.ru](mailto:prof.utkin@mail.ru)

### ABSTRACT

**Introduction.** Timber as a structural material for bridge spans has some advantages compared to currently widespread reinforced concrete or steel. New technological and structural forms of timber spans should comply with modern requirements for load capacity and durability. Compared to foreign practice of timber bridge construction, our experience in this sphere is largely lost or does not correspond to modern conditions. The most advanced design solutions include combined timber-reinforced concrete spans.

**Materials and methods.** The authors analyze both foreign and domestic experience of making connections in composite timber-concrete structures. The text provides information on the scope of application of timber bridges with combined logs and separately describes the design of a timber-concrete span with combined logs and the test results. Further the authors consider the experience of application of bridges with glulam girders and design solutions for the combined timber-concrete span structure. Based on the survey data for the bridges in Omsk region, the authors present the experience of bridge operation and maintenance for structures with board-nail blocks and driveway slab with a cross-laid beams. The text indicates typical damages of such spans and considers a variant of reconstructing such bridges with reinforced concrete roadway slab jointed with beams.

**Results.** The authors identified the need to introduce new solutions to increase the durability of timber bridges. One of such solutions is the use of reinforced concrete passage slab jointed with timber beam, which also increases the overall load-bearing capacity of the span structure.

**Discussion and conclusions.** The designs of timber-concrete spans proposed by the authors in the article have greater durability and increased load-bearing capacity compared to timber spans. This structural method can be effectively applied to the reconstruction of existing timber bridges.

**KEYWORDS:** timber-concrete bridges, boardwalk-nailed truss, durability of timber bridges, laminated timber beams, connection elements of timber-concrete bridges

**The article was submitted: February 18, 2025; approved after reviewing: March 18, 2025; accepted for publication: April 17, 2025.**

**All authors have read and approved the final manuscript.**

**Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.**

**For citation.** Utkin V.A., Kobzev P.N., Basich E.E., Skiba V.V. On design and development of wood-concrete bridge structure. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2025; 22 (2): 296-318. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-2-296-318>

© Utkin V.A., Kobzev P.N., Basich E.E., Skiba V.V., 2025



Content is available under the license  
Creative Commons Attribution 4.0 License.

## ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на то, что для строительства новых мостов в РФ принято применять железобетонные, стальные и сталежелезобетонные пролетные строения, в условиях лесных районов целесообразно применять деревянные или деревобетонные конструкции, отвечающие всем требованиям, предъявляемым к капитальным сооружениям по прочности, надежности и долговечности. От известных материалов древесину отличает малая плотность, относительно высокая удельная прочность, жесткость, химическая стойкость и легкая обрабатываемость, а правильно подобранные и выполняемые защитные мероприятия при пропитке древесины антисептиками и антипиренами увеличивают долговечность конструкций мостов до 50 и более лет. В этом заключено определенное преимущество древесины над современными материалами для «капитальных» мостов.

Запасы древесины постоянно восполняются природой, и при правильном использовании они всегда могут обеспечить потребности народного хозяйства в развитии и совершенствовании дорожной сети страны и мостостроения в частности. При этом возросшим требованиям пропуска по деревянным мостам современных нагрузок должны соответствовать новые конструктивно-технологические формы пролетных строений и опор, отвечающие одновременно требованиям по долговечности не менее 50 лет и индустриальности производства.

Известно [1], что проблемы развития лесного комплекса требуют расширения объема лесозаготовок, а вместе с ним строительства лесных дорог и лесной инфраструктуры современного уровня, на основе более широкого использования древесины в дорожном строительстве.

В соответствии с современными требованиями деревянные автодорожные мосты должны удовлетворять требованиям по нагрузке и должны быть защищены от внешних и биологических воздействий<sup>1</sup>.

Накопленный ранее опыт проектирования и строительства деревянных, комбинированных (с использованием деревянных кон-

струкций) мостов оказался практически неиспользованным и утраченным, хотя последние проекты ГПИ «СОЮЗДОРПРОЕКТ» на основе дощато-гвоздевых ферм позволяли перекрывать пролеты 9, 12 и 18 м при новых нагрузках.

В проекте Ленинградского филиала «ГИПРОДОРНИИ», например, были разработаны конструкции балочных пролетных строений из клееной древесины для широкого диапазона временных нагрузок, длин пролетов и габаритов. Проект отличался высокой степенью унификации, когда пролетные строения разных габаритов для разных нагрузок отличались между собой только количеством балок в поперечнике и расстояниями между ними. В частности, клееные балки прямоугольного поперечного сечения четырех типоразмеров, отличающихся высотой, обеспечивали решение 42 вариантов пролетных строений длиной от 6 до 18 м с габаритами от Г-7 до Г-10 под все виды временных нагрузок. Однако указанные серии проектов не получили дальнейшего развития. Со временем разработанные типовые проекты деревянных мостов устарели и стали непригодными для современных условий и требований.

В настоящее время интерес к применению деревянных пролетных строений мостов находится на крайне низком уровне, а новые своды правил допускают применение деревянных мостов только на автомобильных дорогах ниже III категории.

Лидирующее положение по применению древесины в мостовых конструкциях занимают в настоящее время США, Финляндия, Канада и другие страны зарубежья. Применение древесины в строительстве мостов в странах, не испытывающих недостатка в стали и цементе, может быть объяснено экономической эффективностью данного природного материала и рядом его преимуществ<sup>2</sup> [2]. Только на этом основании древесина за рубежом получила признание и смогла стать конкурентоспособным конструкционным материалом.

Повышенный интерес к деревобетонным мостам в Европе проявился в начале 1990-х годов. В США первые деревобетонные мосты появились в 30-е годы XX в. на фоне дефицита стали, однако в дальнейшем интерес к этим

<sup>1</sup> Уткин В.А., Пузиков В.И., Казанцев Б.И., Каретников М.Ю. О применении древесины для строительства мостов // Сборник «Дороги и мосты». М., 2014. Выпуск 32/2. EDN: TIBWDB

<sup>2</sup> Гибшман Е.Е. Проектирование деревянных мостов. М.: Транспорт, 1976. 272 с.

конструкциям постепенно угас до нуля и возобновился лишь к концу 2000-х годов<sup>3</sup> [3, 4, 5].

В работе [3] дан анализ 75 сооружений (Timber concrete composite bridge – TCC), построенных в период от 1930-х до 2010 г. за рубежом. Отмечено, что страны Европы, особенно Финляндия, Швейцария, Англия, Франция, Германия, в которых эти мосты ранее игнорировались, стали наиболее заинтересованными в их применении по сравнению с металлическими и железобетонными конструкциями. В качестве преимущества деревобетонных пролетных строений в сравнении с деревянными выделено отсутствие необходимости в сильной химической защите деревянных элементов.

Выполненные научно-исследовательские и проектные разработки на кафедрах мостов Сибирского автомобильно-дорожного университета<sup>4,5,6,7</sup> и Хабаровского политехнического института<sup>8,9,10,11</sup>, более поздние работы<sup>12</sup> [6], опыт проектирования и строительства мостов в Омской области свидетельствуют о целесообразности более широкого применения древесины в мостостроении, особенно при освоении новых регионов страны.

Таким образом, на основе отечественного и зарубежного опыта установлено, что из известных конструктивных решений пролетных строений с применением древесины в настоящее время нашли практическое применение в дорожном строительстве комбинированные конструкции с железобетонной плитой, включенной в совместную работу с несущими де-

ревянными балками, в том числе балочные пролеты:

- с составными прогонами из бревен и брусьев;
- из дощато-брусчато-нагельно-гвоздевых блоков с железобетонной плитой;
- из клееных балок заводского изготовления с железобетонной плитой проезжей части.

Основным преимуществом исследуемых конструкций перед известными решениями является защищенность несущих деревянных элементов от внешних воздействий монолитной железобетонной плитой проезжей части, что существенно повышает их долговечность. Другая их особенность – совместная работа железобетонной плиты и деревянной конструкции, обеспечивающая снижение материалоемкости составляющих элементов. При этом большое значение в обеспечении совместной работы железобетонной плиты и несущих деревянных конструкций приобретают связующие элементы, изучение работы которых и разработка рекомендаций по применению которых становится одной из основных задач предмета исследования.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Соединительные элементы деревобетонных конструкций

Статья [7] приводит обширную информацию о применении ДБК в США в XX в. Первый мост с балками Т-образного сечения был построен в 1924 г. в городе Сиэтле. К 1943 г. было построено более 180 подобных сооруже-

<sup>3</sup> Rodrigues J.N., Dias A.M.P.G., Providencia P. Timber-concrete composite bridges-sustainability assessment, University of Coimbra, COST Action FP 1004 – Timber Bridges Conference 2014. p. 14.

<sup>4</sup> Мельников Ю.О. Определение несущей способности объединенных деревобетонных балок. Теоретические и экспериментальные исследования мостов и сооружений: сборник статей. Заб.-Сиб. кн. изд-во. Омск, 1968.

<sup>5</sup> Его же. Влияние податливости связей на прочность и жесткость деревобетонных мостовых балок. ... С. 35–45.

<sup>6</sup> Ковтонюк В.А., Мельников Ю.О. Конструкции и выбор типов связей в объединенных деревобетонных мостовых балках // Теоретические и экспериментальные исследования мостовых сооружений: Тр. СибАДИ. Омск, 1972. № 5. С. 79–89.

<sup>7</sup> Шумахер А.В. Экспериментальное исследование жесткости нагельных связей объединенных деревобетонных балок под действием многократно-повторной нагрузки // Сборник научных трудов. Омск: Западно-Сибирское издательство. 1970. № 2. С. 30–43.

<sup>8</sup> Кулиш В.И. Клееные деревянные мосты с железобетонной плитой. М.: Транспорт, 1979. 160 с.

<sup>9</sup> Кулиш В.И., Белуцкий И.Ю., Быков Б.С., Цуканов В.П. Опыт проектирования, строительства и эксплуатации деревянных мостов с железобетонной плитой // Автомобильные дороги. 1982. № 10. С. 7–9.

<sup>10</sup> Белуцкий И.Ю., Глибовицкий Ю.С., Кулиш В.И. Экспериментальное исследование гибридных клееных балок // Сб. тр. ХабПИ Общетеchnические науки. Хабаровск, 1972.

<sup>11</sup> Белуцкий И.Ю. Об эффективности клееных армированных конструкций // Известия ВУЗов, раздел «Строительство и архитектура». № 2. 1972.

<sup>12</sup> Дмитриев П.А. Конструкции из дерева и пластмасс. Специальный выпуск. Автодорожные и пешеходные мосты. Оренбург: ИПК «Газпромпечатъ» ООО «Оренбурггазсервис», 2002. 192 с.

ний. Указывается, что в период 1940-х –1950-х годов достаточно широко производилась реконструкция деревянных мостов (127 штук) в деревобетонные в штате Калифорния. ДБК применяются достаточно широко и в настоящее время. Подавляющее большинство их находятся в относительно хорошем состоянии, особенно если учесть, что многие из них эксплуатируются более 50 лет. Авторы статьи также отмечают некоторые недостатки, проявляющиеся при длительной эксплуатации таких конструкций: трещины в бетонном или асфальтовом покрытии, разрушение древесины, коррозия стали и механические повреждения древесины и бетона. Отмечается, что избежать подобной деградации конструкции можно с помощью более тщательного конструирования свесов бетонной плиты и качественной антисептической обработкой древесины.

Появление конструктивных решений деревобетонных конструкций на основе применения для соединения бетонной плиты с деревянными балками системы гвоздей и стальных скоб (1922 г.) и стальных Z-профилей и I-профилей в качестве системы межслойного соединения (1939 г.) приведены в статье [8]. Статья указывает на применение конструкций такого типа соединений в разных странах (США, Новая Зеландия, Австралия, Швейцария, Австрия, Скандинавские страны) на протяжении всего XX в.

Статья [9] полностью посвящена деревобетонным конструкциям с клеевым соединением. Особенностью такого соединения является возможность предварительного изготовления бетонных плит. При этом древесина и бетон соединяются исключительно клеем, без использования металлических соединителей. Особое внимание при этом уделяется непрерывности соединения. В качестве клея используется сравнительно современный полимерный раствор, а также эпоксидная смола. Оба клея оказались пригодными, хотя полимерные растворы продемонстрировали значительные преимущества по сравнению с менее вязким эпоксидным клеем. Из недостатков соединения можно отметить высокие требования к обработке склеиваемых поверхностей дерева и бетона.

Разрушения в клеевых соединениях могут возникать из-за недостаточной подготовки поверхности контакта, неправильного выбора или нанесения клея, а также воздействия вла-

ги. Если связь между древесиной и бетоном нарушается, это может привести к разделению элементов, снижению несущей способности и жесткости. Исследования определили, что добавление стержней и пластин в клеевые соединения древесины с бетоном не увеличивает несущую способность.

Изучение [10] показало, что в случае клеевых соединений результаты испытаний необходимо интерпретировать и использовать с осторожностью. Было установлено, что прочность на сдвиг сильно зависит от размера соединения и отражает не непосредственно прочность адгезии, а скорее когезионную прочность бетона на линии соединения. Надежное определение жесткости соединения оказалось затруднено из-за большого разброса результатов.

Подробная информация о соединителях в виде труб, заделанных в массив бетона и дерева, представлена в статье [11]. В результате своих исследований авторы делают такие выводы: 1. Жесткость и несущая способность соединения при увеличении диаметра труб увеличиваются. 2. Предельные нагрузки на сдвиг, наблюдаемые в данном исследовании, варьируются от 46 до 104 кН на один соединитель, что подходит для конструкций мостов с малой и средней длиной пролета.

Особое внимание причинам и механизмам разрушения соединительных элементов деревобетонных конструкций уделяется в работах<sup>13</sup> [12]. Отмечается, что в ДБК винтовые соединения часто выходят из строя из-за того, что винты вырываются из древесины или бетона. Испытаниями на сдвиг установлена связь между прочностью на сдвиг и глубиной заделки. Результаты эксперимента показали, что для предотвращения разрушения глубина заделки должна быть в 7,33 раза больше диаметра винта.

Пазовые соединения создаются путем вырезания пазов в древесине и последующего заполнения их бетоном плиты. Слабость в соединениях с пазами может возникнуть из-за обжатия волокон древесины вокруг паза, что приводит к снижению их прочности и жесткости. Область вокруг паза также может быть уязвимой к растрескиванию и расщеплению. Сдвиговое разрушение бетона выемки доминирует в механизме разрушения ДБК, а длина выемки

<sup>13</sup> Educational Materials for Designing and Testing of Timber Structures. Handbook 1: TimberStructures. 2008. pp. 63-227.23.

оказывает значительное влияние на несущую способность соединений при сдвиге [12].

Соединения с помощью вертикальных перфорированных пластин, половина высоты которых вклеивается в паз деревянной балки, а другая половина входит в массив железобетонной плиты, рассмотрены в статье [13]. Отмечается высокая эффективность такого решения, но также авторами выделена низкая пластичность соединения из-за хрупкого разрушения клея в деревянном пазе.

История деревобетонных пролетных строений мостов в нашей стране связана с внедрением в строительное производство клееной древесины. Первый мост с деревобетонными пролетными строениями<sup>14</sup> был построен в 1964 г. С начала 60-х и до конца 80-х гг. прошлого столетия в СОЮЗДОРНИИ, СибАДИ, Хабаровском политехническом институте и других научных организациях проводились исследования и опытно-конструкторские работы по совершенствованию комбинированных пролетных строений. Разработано достаточно много конструкций с монолитными и сборными плитами, с различными типами связей между балками и плитами<sup>15,16,17,18,19</sup> [6, 14, 15].

Существенный вклад в исследования соединительных элементов в деревобетонных

пролетных строениях мостов внесли под руководством проф. К.Х. Толмачева ученые СибАДИ Ю.О. Мельников<sup>20,21,22</sup>, А.В. Шумахер<sup>23</sup>; Хабаровского политехнического института В.И. Кулиш, И.Ю. Белуцкий и др.<sup>24,25,26,27</sup>, П.А. Дмитриев<sup>28</sup>, В.П. Стуков [6, 14, 15, 16, 17].

В работе<sup>29</sup> Ю.О. Мельникова и В.А. Ковтонюка дана оценка применяемых типов связей для объединенных деревобетонных мостовых балок, при этом в виду очень жесткого технологического режима склеивания железобетонной плиты и деревянных балок отрицается возможность применения между ними клеевых соединений.

Использование соединений плиты и балок при помощи врубок (пазов), широко применяемых в США и Канаде<sup>30</sup>, из-за переменной податливости соединений и недостаточной несущей способности их на сдвиг, рекомендованы для пролетов до 10 м. В итоге авторами предложены металлические связи сдвига трех типов: гибкие нагельные связи в виде отдельных цилиндрических нагелей, в виде петлевых выпусков и пластинчатых нагелей; полужесткие связи в виде неравнобоких уголков, тавров и швеллеров, закрепленных в балках посредством разного типа глухарей; и жесткие связи малой податливости. В конечном итоге

<sup>14</sup> Кулиш В.И., Белуцкий И.Ю., Быков Б.С., Цуканов В.П. Опыт проектирования, строительства и эксплуатации деревянных мостов с железобетонной плитой ... С. 7–9.

<sup>15</sup> Кулиш В.И. Клееные деревянные мосты с железобетонной плитой. ...160 с.

<sup>16</sup> Кулиш В.И., Белуцкий И.Ю., Быков Б.С., Цуканов В.П. Опыт проектирования, строительства и эксплуатации деревянных мостов с железобетонной плитой ... С. 7–9.

<sup>17</sup> Белуцкий И.Ю., Глибовицкий Ю.С., Кулиш В.И. Экспериментальное исследование гибридных клееных балок. ...1972.

<sup>18</sup> Белуцкий И.Ю. Об эффективности клееных армированных конструкций. ... 1972.

<sup>19</sup> Дмитриев П.А. Конструкции из дерева и пластмасс. ... 192 с.

<sup>20</sup> Мельников Ю.О. Определение несущей способности объединенных деревобетонных балок. ... 1968.

<sup>21</sup> Его же. Влияние податливости связей на прочность и жесткость деревобетонных мостовых балок. ... С. 35–45.

<sup>22</sup> Ковтонюк В.А., Мельников Ю.О. Конструкции и выбор типов связей в объединенных деревобетонных мостовых балках. ... С. 79–89.

<sup>23</sup> Шумахер А.В. Экспериментальное исследование жесткости нагельных связей объединенных деревобетонных балок под действием многократно-повторной нагрузки. ... С.30–43.

<sup>24</sup> Кулиш В.И. Клееные деревянные мосты с железобетонной плитой. ...160 с.

<sup>25</sup> Кулиш В.И., Белуцкий И.Ю., Быков Б.С., Цуканов В.П. Опыт проектирования, строительства и эксплуатации деревянных мостов с железобетонной плитой ... С. 7–9.

<sup>26</sup> Белуцкий И.Ю., Глибовицкий Ю.С., Кулиш В.И. Экспериментальное исследование гибридных клееных балок. ...1972.

<sup>27</sup> Белуцкий И.Ю. Об эффективности клееных армированных конструкций. ... 1972.

<sup>28</sup> Дмитриев П.А. Конструкции из дерева и пластмасс. ... 192 с.

<sup>29</sup> Ковтонюк В.А., Мельников Ю.О. Конструкции и выбор типов связей в объединенных деревобетонных мостовых балках. ... С. 79–89.

<sup>30</sup> Educational Materials for Designing and Testing of Timber Structures. Handbook 1: TimberStructures. 2008. pp. 63-227.23.

для средних пролетов 15–20 м рекомендованы гибкие связи сдвига в виде вертикальных цилиндрических нагелей, вклеиваемых в деревянные балки эпоксидным клеем. В работе приводятся графики изменения несущей способности деревобетонной балки в зависимости от податливости связей сдвига в пределах от балки, лишенной связей, до балки, лишенной сдвига. Для балок с вертикальными цилиндрическими нагелями установлены допустимые пределы податливости связей из стержней арматуры А-III. Указано, что отступление от указанных пределов в сторону снижения податливости увеличивает расход металла для связей, а повышение податливости уменьшает эффект сопротивления деревобетонных сечений действующим усилиям и приводит к перерасходу древесины.

Как показало время, предпочтение в нашей стране было отдано цилиндрическим нагелям, вклеиваемым в деревянные балки эпоксидным клеем. Разработанные рекомендации по виду и нормам размещения нагелей были закреплены в СНиПе. В известных публикациях<sup>31</sup> [6, 14, 15], кроме рекомендуемых соединений, предлагается применение цилиндрических нагелей с головками петлевых выпусков, арматурных стержней, наклонно вклеенных в балки без практических рекомендаций. Недостатком рассмотренных нагельных соединений является консольная схема работы нагеля с защемлением его как в теле железобетонной плиты, так и в теле деревянной конструкции (прогоне, клееной балке т.п.), что существенно уступает двухопорному креплению и работе нагеля по схеме двухопорной балки. В результате предложена конструкция соединения с использованием стальных накладок, закрепляемых к деревянной основе горизонтальными болтами (нагелями), с консольными выступами и отверстиями в них для пропуска арматурных стержней и стержней-упоров железобетонной плиты [18]. Данная конструкция

соединения отличается от известных нагельных соединений с консольным режимом работы наиболее эффективным балочным режимом. Ожидаемый эффект может перекрыть дополнительные затраты, связанные со стальными накладками. Аналогичные конструкции соединений подтверждены патентами РФ<sup>32,33</sup>.

#### **Опыт строительства и содержания деревянных мостов в Омской области под современные нагрузки**

Основные результаты в области опытного проектирования и строительства современных деревянных мостов в Омской области приведены в сборнике «Мосты и дороги»<sup>34</sup>. В составе выводов по работе следует отметить следующее:

- разработана и внедрена в практику строительства эффективная конструкция дощато-гвоздевых пролетных строений мостов для дорог IV и V технических категорий и дорог муниципальных образований с обеспечением грузоподъемности под нагрузку А11 и НК-80;
- срок службы мостов из ДГБ при соблюдении нормативной эксплуатации и обслуживания может быть обеспечен не менее 50 лет.

#### **Деревобетонные пролетные строения с составными прогонами из бревен (брусьев)**

Как известно, возможности применения разбросных и сосредоточенных прогонов зависят от длины и диаметра стандартных бревен-заготовок, длина которых не превышает стандартных 7 м и не позволяет выполнить условие СП 35. 13330.2011, согласно которого расстояние между промежуточными опорами в свету при наличии карче хода следует назначать не менее 15 м. На этом основании составные пролеты из семиметровых бревен (брусьев) под современные нагрузки возможно применять только для сопрягаемых береговых пролетов<sup>35</sup>. Для пролетных строений из древесины длиной 15 м и более необходимы специальные разработки. В соответствии с

<sup>31</sup> Дмитриев П.А. Конструкции из дерева и пластмасс. ... 192 с.

<sup>32</sup> Патент № RU 35636 U1 Российская Федерация, МПК E01D 2/04. Пролетное строение с составными прогонами из бревен и железобетонной плитой: № 2003129340/20: заявл. 06.10.2003: опубл. 27.01.2004 / В.А. Уткин, В.И. Пузиков, Е.Ю.Селезень. EDN GIWAKK.

<sup>33</sup> Патент № RU 2766385 C1 Российская Федерация, МПК E01D 2/00. Деревобетонное пролетное строение с составными прогонами из брусьев и железобетонной плитой: № 2021110129: заявл. 13.04.2021: опубл. 15.03.2022 / В.А. Уткин. EDN XYVRJK.

<sup>34</sup> Уткин В.А., Пузиков В.И., Казанцев Б.И., Каретников М.Ю. О применении древесины для строительства мостов. ... 2014.

<sup>35</sup> Уткин В.А., Пузиков В.И., Казанцев Б.И., Каретников М.Ю. О применении древесины для строительства мостов. ... 2014.

этим требованиям в порядке эксперимента были разработаны пролетные строения длиной 15 м с составными прогонами из бревен (брусьев) и железобетонной плитой проезжей части, включенной в совместную работу с прогонами, под нагрузки А11 и НК80. Особенности данных конструкций, в отличие от ранее известных, состоят как в способах объединения бревен (брусьев) между собой по длине и по высоте, так и между составной деревянной конструкцией и железобетонной плитой<sup>36,37</sup>.

Возможности применения составных прогонов и железобетонной плиты проезжей части в совместной работе при пролетах 15 м

были исследованы при строительстве опытного моста через р. Нягов на автомобильной дороге IV технической категории. В качестве несущих балок приняты четырехъярусные составные прогоны из бревен диаметром 30 см, в качестве соединительных элементов бревен – гребенчатые нагельные соединения, а для объединения монолитной железобетонной плиты с прогонами применены глухие цилиндрические нагели диаметром 16 мм, вклеиваемые в верхнюю поверхность прогона. Конструкция пролетного строения приведена на рисунке 1, процессы изготовления прогонов и плиты проезжей части – на фотографиях (рисунки 2, 3, 4).

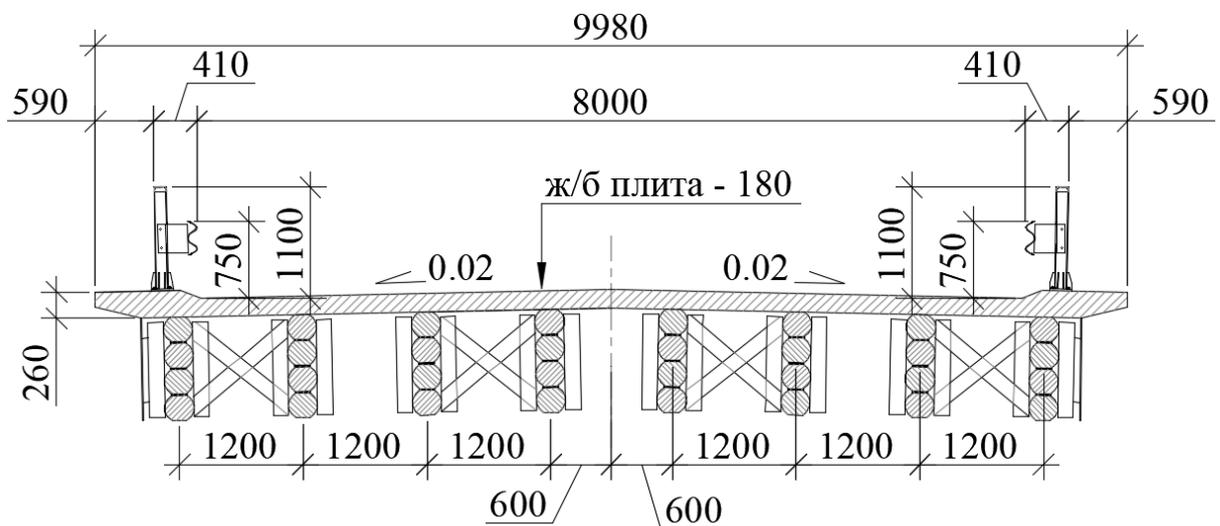


Рисунок 1 – Поперечное сечение пролетного строения моста через р. Нягов длиной 15 м с составными прогонами из бревен и монолитной железобетонной плитой  
Источник: составлено авторами.

Figure 1 – Cross section of the bridge span across the Nyagov River, 15 m long, composite beams made of logs and monolithic reinforced concrete slab.  
Source: completed by authors.

<sup>36</sup> Патент № RU 35636 U1 Российская Федерация.

<sup>37</sup> Патент № RU 2766385 C1 Российская Федерация.



Рисунок 2 – Изготовление составных прогонов из бревен длиной 15 м  
Источник: составлено авторами.

Figure 2 – Manufacturing process of composite beams based on the use of logs 15 m long.  
Source: completed by authors.



Рисунок 3 – Изготовление железобетонной плиты проезжей части  
(опалубочные работы и устройство нагельных соединений)  
Источник: составлено авторами.

Figure 3 – Manufacturing reinforced concrete driveway slab  
(formwork and nail joints).  
Source: completed by authors.



*Рисунок 4 – Испытание моста через р. Нягов.  
Установка временной нагрузки  
Источник: составлено авторами.*

*Figure 4 – Testing the bridge over the Nyagov River.  
Temporary load application  
Source: completed by authors.*

Соединение бревен по высоте содержит стальные накладки и жестко закрепленные в них сваркой цилиндрические глухие нагели, вклеиваемые в тело окантованных бревен, сопрягаемых между собой посредством наложения окантованных поверхностей друг на друга, зеркального совмещения стальных накладок, установки стяжных болтов и сварки кромок стальных накладок фланговыми швами (см. рисунок 2). Соединение бревен по длине выполняется посредством двухсторонних боковых накладок и стальных болтов. Объединение составных прогонов с монолитной железобетонной плитой посредством глухих цилиндрических нагелей представлено на рисунке 3.

Работа конструкции деревожелезобетонного пролетного строения была проверена статическими и динамическими испытаниями моста временной нагрузкой (см. рисунок 4). Результаты испытаний пролетного строения  $L=15.0$  м показали, что железобетонная плита эффективно включается в совместную работу с прогонами. При всех схемах загрузки отмечено соответствие результатов экспериментального исследования и теоретического расчёта. Полученные результаты подтвердили проектные характеристики жёсткости деревожелезобетонного пролетного строения с составными прогонами из бревен.

В качестве аналога, приведенного выше решения, может найти применение в строительстве конструкция пролетного строения с составными прогонами из брусьев и железобетонной плиты<sup>38</sup>, отличающейся от прототипа тем, что многоярусные прогоны составлены из брусьев, плотно уложенных друг на друга и объединенных между собой по боковым плоскостям парными стальными накладками и сквозными болтами как в местах поперечных стыков, так и по продольным швам, причем для объединения составных прогонов с монолитной железобетонной плитой верхние брусья прогонов снабжены закрепленными к ним на болтах и распределенными с определенным интервалом по длине пролета стальными парными накладками с выступами и отверстиями для пропуска гибких стержневых упоров.

Применение составных прогонов из бруса и объединение их для совместной работы между собой и с монолитной железобетонной плитой парными стальными накладками позволяет существенно упростить процесс изготовления прогонов, снизить трудоемкость устройства соединений, повысить их надежность и доступность при эксплуатации за счет применения горизонтальных цилиндрических нагелей. При этом наиболее прогрессивным решением, отвечающим требованиям совместной работы

<sup>38</sup> Мельников Ю.О. Определение несущей способности объединенных деревобетонных балок. ... 1968.

железобетонной плиты проезжей части и несущей деревянной конструкции, может быть деревобетонное пролетное строение из клееных балок заводского изготовления и включенной в совместную работу с ними железобетонной плиты из монолитного железобетона посредством стальных парных накладок с выступами для размещения в плите стержневых упоров.

**Опыт деревобетонных мостов с клееными балками и железобетонной плитой**

50 лет назад в учебнике<sup>39</sup> проф. Е.Е. Гибшман отметил: «В США широко применяют конструкции с клееными балками прямоугольного сечения, покрытыми сверху железобетонной плитой проезжей части, бетонируемой на месте и связываемой с балками с помощью металлических выпусков, прикрепленных к балкам и входящих в бетон». Эти прогрессивные конструкции не нашли достойного применения в дорожном строительстве нашей страны до сих пор, хотя в 60–70-е годы более 100 мостов с клееными балками полигонного изготовления и деревянной проезжей частью были построены в Архангельской области и республике Коми<sup>40</sup>. При этом построенные с деревянной проезжей частью и деревянными опорами мосты выходили из строя значительно раньше установленного срока 25-летней службы для деревянных мостов, в то время как клееные балки оставались пригодными для повторного применения, но уже на построечных дорогах.

В то время вопросами совершенствования деревянных мостовых конструкций занимались многие проектные и научные коллективы страны, но приоритет в области мостового строительства был отдан железобетонным мостам. Применение же деревянных мостов на автомобильных дорогах остановилось и не получило развития, а приобретенные за рубежом заводы по изготовлению современных клееных конструкций обслуживают в настоящее время запросы промышленно-гражданского строительства.

Однако применение клееных балок заводского изготовления, отличающихся высоким качеством и индустриальностью изготовления, надежностью и долговечностью при выполнении необходимых защитных мероприятий и устройстве монолитной железобетонной плиты проезжей части, в состоянии обеспечить сопоставимый с железобетонными мостами срок службы. Это позволит существенно снизить трудозатраты, связанные с изготовлением, транспортом, монтажом достаточно трудоемких и дорогих железобетонных конструкций, заменив их более легкими и доступными конструкциями лесного производства и конструкциями из монолитного железобетона.

На рисунке 5 представлена конструкция заявляемого деревобетонного пролетного строения из клееных балок, включенных в совместную работу с железобетонной плитой проезжей части.

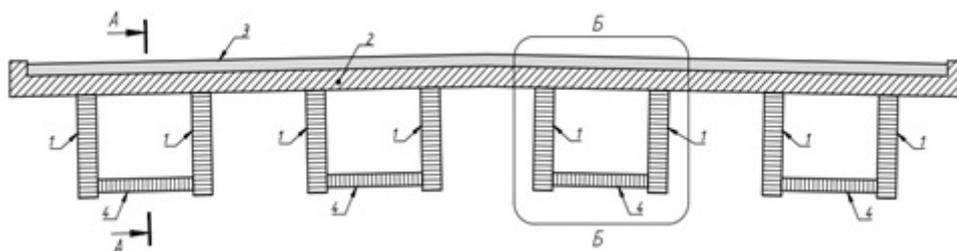


Рисунок 5 – Деревобетонное пролетное строение с балками из клееной древесины заводского изготовления.

Поперечное сечение

Источник: составлено авторами.

Figure 5– Timber-concrete span structure with beams of factory-made laminated timber. Cross section.

Source: completed by authors.

<sup>39</sup> Гибшман Е.Е. Проектирование деревянных мостов. ... 272 с.

<sup>40</sup> Уткин В.А., Пузиков В.И., Казанцев Б.И., Каретников М.Ю. О применении древесины для строительства мостов. ... 2014.

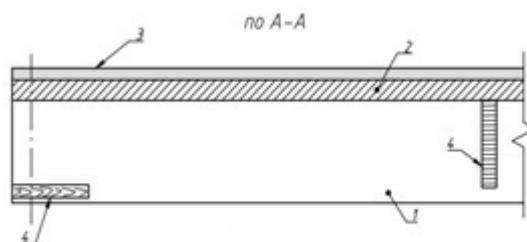


Рисунок 6 – Деревобетонное пролетное строение с балками из клееной древесины заводского изготовления. Сечение по А-А на длине полупролета  
Источник: составлено авторами.

Figure 6– Timber-concrete span structure with beams of factory-made laminated timber. A-A cross-section at the half span length. Source: completed by authors.

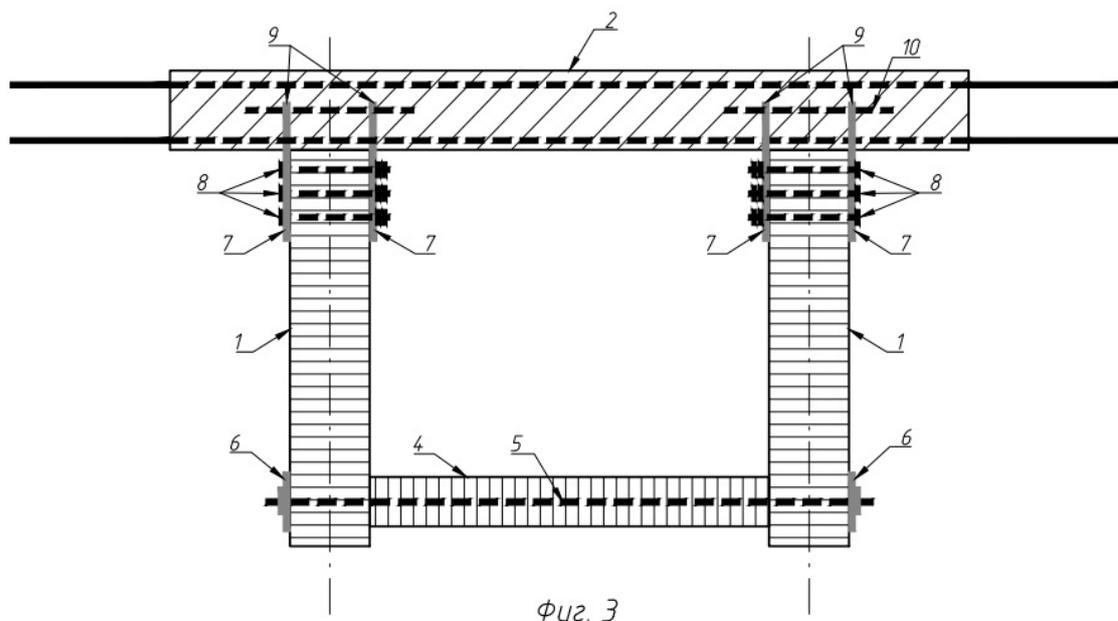


Рисунок 7 – Поперечное сечение деревобетонной секции пролетного строения с узлом объединения ж.б. плиты и клееных балок. Узел Б-Б  
Источник: составлено авторами.

Figure 7 – The cross-section of a timber-concrete section of a span with a joint of a reinforced concrete slab and glulam beams. Node B-B. Source: completed by authors.

Пролетное строение (рисунки 5, 6, 7) составлено из объединенных попарно клееных балок 1, установленных на опоры с учетом поперечного уклона и объединенных монолитной железобетонной плитой 2 с устройством гидроизоляции и ездового полотна, причем для совместной работы клееных балок 1 с монолитной железобетонной плитой 2 верхние

поояса клееных балок снабжены закрепленными к ним на болтах 8 и распределенными с определенным интервалом по длине пролета стальными парными накладками 7 с выступами 9 и гибкими упорами 10.

При этом устройство горизонтальных диафрагм в опорных зонах устранит перенапряжение и сохранность опорных зон и сечений.



Рисунок 8 – Общий вид моста через р. Тевриз на участке 76+150 км  
Источник: составлено авторами.

Figure 8 – General view of the bridge over the Tevriz River  
Source: completed by authors.

**Пролетные строения из дощато-брусчато-нагельно-гвоздевых блоков с железобетонной плитой проезжей части**

Как известно<sup>41</sup>, в Омской области в период с 2003 г. по настоящее время был построен целый ряд мостов под современные нагрузки с пролетными строениями из дощато-гвоздевых блоков. В практику строительства была внедрена деревянная конструкция пролетных строений пролетом 15 м для дорог IV и V технической категории с обеспечением расчетной грузоподъемности под нагрузку А11 и НК-80. Изготовление конструкций не требовало сложного вспомогательного оборудования, отличалось простотой строительных процессов и возможностью использования местных рабочих кадров.

Опыт содержания и эксплуатации мостов в течение 15 лет, результаты двух испытаний временной нагрузкой позволил положительно оценить их состояние в условиях действующих нагрузок, выявить некоторые недостатки первоначальной конструкции, подтвердить проектные характеристики и внести предложения по дальнейшему совершенствованию этих решений. Общее состояние построенных и эксплуатируемых в настоящее время в Омской области деревянных мостов с дощато-нагельно-гвоздевыми блоками пролетных

строений можно считать удовлетворяющим современным требованиям к мостам и нагрузкам. На рисунке 8 представлен общий вид моста через р. Тевриз, построенного в 2016 г.

Мост состоит из пяти пролётов с ездой поверху, запроектирован в соответствии с требованием СП 35.13330.2011. п.6.11 для деревянных мостов под нагрузку А11, НК-80. Полная длина моста составляет 76,5 м. Полная ширина моста (расстояние между внутренними гранями перил) – 11,30 м. Общая толщина слоев проезжей части составляет 0,19 м. Все пролёты моста перекрыты дощато-гвоздевыми блоками коробчатого сечения индивидуального проектирования. В поперечном сечении размещено четыре блока с расстоянием между осями по 2,3 м. Срок службы, рекомендованный СП35.13330.2011, составляет 35 лет для деревянных мостов. Общее состояние моста оценивается службами в настоящее время как удовлетворительное и ремонтнопригодное.

Автодорожный мост через р. Малый Тевриз (рисунок 9) на участке 75+300 км автомобильной дороги IV технической категории «Большие Уки – Тевриз» в том же районе Омской области был введен в эксплуатацию в 2013 г. Срок эксплуатации моста 11 лет. Отличается от предыдущего моста наибольшим числом характерных для данной конструкции повреждений.

<sup>41</sup> Уткин В.А., Пузиков В.И., Казанцев Б.И., Каретников М.Ю. О применении древесины для строительства мостов. ... 2014.



Рисунок 9 – Общий вид моста через р. Малый Тевриз на 75+300 км  
Источник: составлено авторами.

Figure 9 – General view of the bridge over the MalyTevriz River  
Source: completedbyauthors.

Мост рассчитан на временные вертикальные нагрузки А11, НК-80 в соответствии с СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы». Пролёты перекрыты дощато-гвоздевыми блоками коробчатого сечения индивидуальной проектировки с усилением нижних поясов в середине пролёта дополнительным рядом бруса, что позволило разместить в поперечном сечении три блока вместо четырех на мосту через р. Тевриз (см. рисунок 8). В обоих мостах пояса пролетного строения выполнены из брусьев сечением 175 x 150 мм. Пиломатериал – древесина сосны. Соединительными элементами являются гвозди, нагели и стяжные болты, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 4028–63, ГОСТ 5781–82. Плита проез-

жей части представляет собой деревянную деревоплиту из брусьев 150 x 150 мм, объединённую с дощато-гвоздевыми блоками стяжными болтами и нагелями.

При этом проезжая часть построенных мостов с поперечной брусчатой деревоплитой, подуклонкой из пескоцемента и железобетонными плитами дорожного покрытия не обеспечивает качественную защиту деревоплиты от увлажнения, особенно в местах повреждения гидроизоляции, размещения колесоотбойного бруса и тротуаров, хотя в целом защищает дощато-гвоздевые блоки от прямого увлажнения осадками.

Характерные повреждения моста представлены на рисунках 10, 11, 12, 13.



Рисунок 10 – Следы протечек воды и мест гниения поперечного настила у шкафной стенки  
Источник: составлено авторами.

Figure 10 – Evidence of water leaks and areas of rotted cross decking at the bank abutment.  
Source: completed by authors.



Рисунок 11 – Следы протечек воды и мест гниения поперечного настила над промежуточной опорой  
Источник: составлено авторами.

Figure 11 – Evidence of water leaks and rotted areas in the cross deck above the intermediate abutment.  
Source: completed by authors.



Рисунок 12 – Следы протечек воды и мест гниения стенки из перекрестных досок  
Источник: составлено авторами.

Figure 12 – Evidence of water leaks and rotting areas in the cross-board wall.  
Source: completed by authors.



Рисунок 13 – Разрушение колесоотбойного бруса, пораженного гнилью  
Источник: составлено авторами.

Figure 13 – Destruction of wheel block affected by rot.  
Source: completed by authors.

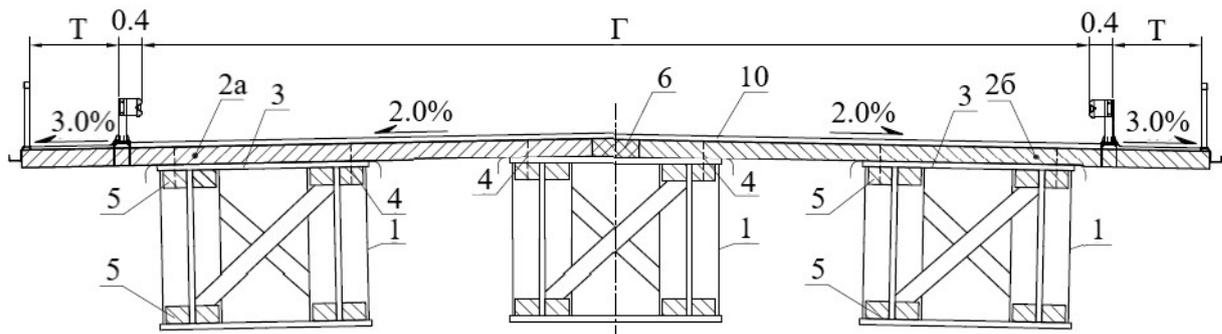


Рисунок 14 – Поперечное сечение дощато-гвоздевого пролетного строения со сборной железобетонной плитой проезжей части  
Источник: составлено авторами.

Figure 14 – Cross section of board-and-nail span with precast reinforced concrete roadway slab  
Source: completed by authors.

По результатам обследования данных мостов, выполненного проектно-исследовательской фирмой «ПИК» в 2024 г., можно заключить, что сооружения находятся в удовлетворительном и ремонтнопригодном состоянии. По мосту допускается пропуск автотранспорта при движении в неконтролируемом потоке по схеме А11, НК 80. Межремонтный срок определен в 8 месяцев.

Однако обращают на себя следующие рекомендации проектировщиков:

а) по проезжей части: 1 – требуется перекладка плит проезжей части с учетом обеспечения нормативного продольного и поперечного уклонов; 2 – требуется замена гидроизоляционного покрытия; 3 – требуется замена колесоотбойного бруса;

б) по пролетным строениям требуется: 1 – замена поврежденных брусьев; 2 – замена поперечного настила; 3 – очистка от коррозии и покраска болтов.

При этом сохранность несущих дощато-гвоздевых блоков практически обеспечивается за счет конструктивных мероприятий без повреждений и может быть гарантирована на проектный срок эксплуатации и содержания.

Вполне очевидно, что отмеченные повреждения и дефекты связаны с недостаточными защитными свойствами проезжей части мостов. В этих условиях необходимо проведение постоянных защитных мероприятий с увеличением затрат по содержанию и капитальному ремонту построенных мостов.

В случае капитального ремонта может быть предложена конструкция проез-

жей части из сборных железобетонных плит специального изготовления, уложенных поперек на всю ширину моста на несущие дощато-брусчато-нагельно-гвоздевые блоки с объединением их между собой над средним блоком продольным швом из монолитного железобетона (рисунок 14). При этом вместо конструкции пролетного строения с четырьмя дощато-гвоздевыми блоками может быть применена конструкция, содержащая 3 блока с усиленными поясами. Данная конструкция позволит существенно снизить материалоемкость древесины, уменьшить трудозатраты и стоимость, увеличить защитные свойства, а следовательно, долговечность пролетного строения. Все это в целом отвечает современным требованиям, связанным с обеспечением жизнестойкости, надежности, срока службы и капитальности деревянных мостов.

Опыт проектирования и строительства дребетонных мостов с клееными балками сталежелезобетонных мостов указывает на эффективность включения железобетонной плиты проезжей части в совместную работу с главными балками. Основным препятствием для конструктивного объединения монолитной железобетонной плиты с блоками ДГБ для работы на сдвиг было отсутствие способов таких соединений, кроме известных нагельных. Однако реализовать данные соединения в виду насыщенности верхних брусчатых поясов ДГБ поперечными нагельными скреплениями практически невозможно.

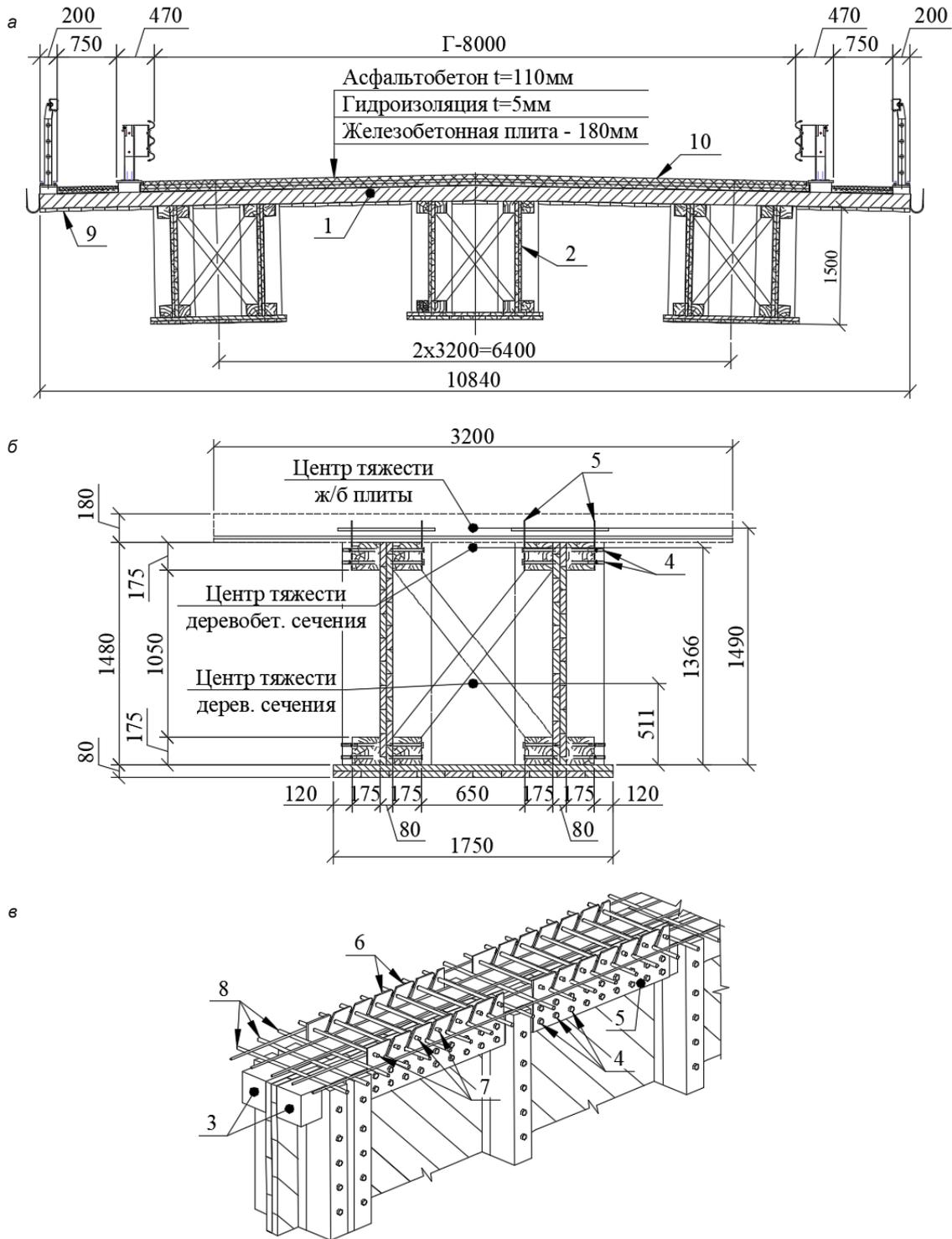


Рисунок 15 – Поперечное сечение дощато-гвоздевого пролетного строения с монолитной железобетонной плитой проезжей части:  
 а – общий вид; б – конструкция отдельного блока;  
 в – конструкция объединения дощато-гвоздевых блоков с железобетонной плитой  
 Источник: составлено авторами.

Figure 15 – Cross-section of board-and-nail span with monolithic reinforced concrete roadway slab.  
 а – general view; б – single block design;  
 в – design of jointed board-and-nail blocks and reinforced concrete slab.  
 Source: completed by authors.

Сотрудниками кафедры мостов была запатентована конструкция<sup>42</sup> (рисунок 15), содержащая комбинированные коробчатые несущие блоки из древесины и монолитной железобетонной плиты проезжей части, объединенные для совместной работы гребенчатыми стальными накладками со стержневыми упорами.

Устройство объединения монолитной железобетонной плиты и дощато-гвоздевой конструкции (рисунок 15, в) содержит гребенчатые парные стальные накладки 5, закрепляемые к брускам 3 поясов сквозными стальными болтами (нагельными) 4 для объединения поясов ДГБ со стенками. Входящие в монолитное тело железобетонной плиты 1 гребенчатые выступы 6 снабжены стержневыми упорами 7, обеспечивающими совместную работу железобетонной плиты и блоков. Отверстия и вырезы гребенчатых выступов предназначены для пропуска арматурных стержней железобетонной плиты.

В отличие от конструкции на рисунке 14 дощато-брусчато-нагельно-гвоздевые блоки изготовлены без двухслойного усиления верхнего пояса перекрестными досками в виде открытого сверху корытного профиля.

Предложенная конструкция соединительных устройств ДГБ с железобетонной плитой проезжей части позволяет с наибольшим успехом применять деревобетонные пролетные строения на основе совместной работы железобетонной плиты и дощато-брусчато-нагельно-гвоздевых блоков. Можно с уверенностью утверждать о целесообразности их применения на автомобильных дорогах в нашей стране.

Деревобетонные композитные конструкции, хотя и обладают относительно небольшой историей применения, являются перспективным направлением в транспортном и гражданском строительстве. Они имеют ряд преимуществ в сравнении с железобетонными и деревянными конструкциями и способны занять достойное место в мостостроении.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Установлено, что многовековой опыт применения древесины в мостостроении указал на необходимость защиты мостовых сооружений от увлажнения осадками в виде дождя

и мокрого снега, что принуждало в далеком прошлом устраивать над деревянными мостами крыши. Длительный период в качестве защитных мероприятий деревянных мостов использовали антисептирование древесины. Особенно эффективно этот метод защиты проявил себя в железнодорожных мостах при пропитке шпал и мостового бруса креозотом. Но с внедрением в практику железнодорожного строительства железобетонных предварительно напряженных шпал потребность в пропитке мостового бруса отпала, а пропиточные заводы ликвидированы. Вместе с этим исчезла возможность попутного применения глубокой пропитки для элементов деревянных автомобильных мостов, а способы поверхностной обработки деревянных конструкций на второстепенных автомобильных дорогах выполняются с большими отступлениями и нарушениями норм содержания мостов. Все это требует новых решений по применению древесины в дорожном строительстве.

Применение деревобетонных пролетных строений мостов с железобетонной проезжей частью, являющейся одновременно несущей конструкцией и защитной крышей для деревянных конструкций, позволяет обеспечить требуемую долговечность и сохранность мостовых сооружений в установленные нормативные 50 лет.

Практическое применение в настоящее время могут получить деревобетонные пролетные строения мостов с:

- 1) составными прогонами из бревен и брусьев;
- 2) клееными балками заводского изготовления и
- 3) дощато-брусчато-нагельно-гвоздевыми блоками полигонного изготовления.

При этом поверхностная обработка деревянных конструкций водостойкими антисептиками будет надежным средством для защиты от грибковых заболеваний всегда сухих и проветриваемых элементов мостовых конструкций.

## ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В сборнике «Дороги и мосты» дорожного агентства РОСАВТОДОР Выпуск 32/2<sup>1</sup> было отмечено: «В тесном сотрудничестве проектно-исследовательской фирмы «ПИК» и ка-

<sup>42</sup> Патент № RU 2731968 С1 Российская Федерация, МПК E01D 2/04. Деревобетонное пролетное строение из дощато-брусчато-нагельно-гвоздевых блоков с железобетонной плитой, включенной в совместную работу с блоками: № 2019117816: заявл. 07.06.2019: опубл. 09.09.2020 / В.А. Уткин, И.И. Готовцев. EDN CMPADP.

федры «Мосты» с КУ «УДХ Омской области в период с 2003 по 2013 г. были построены мосты с пролетными строениями длиной 15 м из дощато-гвоздевых блоков. Все деревянные конструкции мостов были изготовлены в ДРСУ «Знаменское». Открывалась новая страница в развитии и применении новых деревянных мостов при современных нагрузках. В данной статье приводятся результаты содержания построенных мостов. Отмечается их удовлетворительное состояние, соответствие современным требованиям по нагрузкам, интенсивности движения. Вместе с тем обращает на себя внимание недостаточная защищенность элементов деревянной проезжей части от увлажнения и последующего разрушения от гниения. Все это приводит к осложнению и удорожанию содержания моста, связанных с выборочной заменой непригодных элементов. Предлагаемые в статье новые решения по внедрению в производство деревобетонных пролетных строений исключают проявление отмеченных недостатков и повышают долговечность и надежность мостов с применением древесины.

К сожалению, в настоящее время «ОМСКАВТОДОР» в сотрудничестве с кафедрой мостов СИБАДИ по развитию, совершенствованию и применению деревобетонных мостов отказывает, ссылаясь на надежность известных и дорогих железобетонных мостов. Вместе с тем для обеспечения планируемого срока службы 50 лет уже построенных с деревянной проезжей частью мостов в любом случае необходима реконструкция с заменой деревянной проезжей части с железобетонными плитами покрытия на железобетонную с асфальтобетонным покрытием.

Таким образом, преимущества предлагаемых новых конструкций деревобетонных пролетных строений для внедрения в дорожном строительстве очевидны.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Уткин В.А., Матвеев С.А. Проектирование деревянных мостов на автомобильных дорогах лесного комплекса // Известия вузов. Лесной журнал. 2023. № 1. DOI: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-1-126-152>
2. Уткин В.А., Кобзев П.Н. Автоторожные деревянные мосты нового поколения: монография. Омск, 2004. 55 с. EDN: QNSFKH
3. Rodriguest J.N., Dias A.M.P.G., Providenciat P. Timber-concrete composite bridges: State-of-the-Art-Review. «Review of TCC bridges». *Bioresources*. 2013; 8(4): 6630–6649. DOI: <https://doi.org/10.15376/biores.8.4.6630-6649>
4. Wio M., Jutila A., Makipuro R., Salokangas L., Wistbara J. Research project development of wood bridges, literature survey of shear connections of wood-concrete composite bridges. Helsinki University of Technology. Laboratory of bridge Engineering. 1994, no. 7. p. 14.
5. Linden M.L.R. Timber-concrete composite beams. *HERON*. 1999. Vol. 44. no3.
6. Стуков В.П. Совершенствование конструктивно-технологической системы пролетного строения с деревожелезобетонными балками // Известия вузов. Лесной журнал. 2004. № 3. С.56–60.
7. Wacker J., Dias A. 100-Year Performance of Timber–Concrete Composite Bridges in the United States // *Journal of Bridge Engineering*. October 2020. 25(3). DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)BE.1943-5592.0001513](https://doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0001513).
8. Yeoh D., Fragiacomio M., De Franceshi M., Heng Boon K. State of the Art on Timber-Concrete Composite Structures: Literature Review // *Journal of structuring engineering*. October 2011. p.1085–1095. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0000353](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000353)
9. Frohnmuller J., Fischer J., Seim W. Full-scale testing of adhesively bonded timber-concrete composite beams // *Materials and Structures*. 2021; 54: 187. DOI: <https://doi.org/10.1617/s11527-021-01766-y>
10. Fuchslin M., Grönquist P., Stucki S., Mamie T., Kelch S., Burgert I., Andrea Frangi A. Push-out tests of wet-process adhesive-bonded beech timber-concrete and timber-polymer-concrete composite connections. *WCTE*. 2023: 3241–3247. DOI: <https://doi.org/10.52202/069179-0422>.
11. Lacis R., Circular hollow section connectors in timber-concrete CC composite structural elements // *The Baltic journal of road and bridge engineering*. 2016; Volume 11(1): 70–76. DOI: <https://doi.org/10.3846/bjrbe.2016.08>
12. Hosseini M., Gaff M., Lair J., Hui D., Haitao L., Hosseini A., Ghosh P., Jian B. Design and analysis of timber-concrete-based civil structures and its applications: A brief review // *Advanced Materials Science*. 2023; 62. DOI: <https://doi.org/10.1515/rams-2022-0321>
13. Soalih H., Demir S. Current practice and recent developments of shear connectors for timber concrete composite applications: A state of the art review // *Journal of Structural Engineering & Applied Mechanics*. 2023; 6(5): p. 422–440. DOI: <https://doi.org/10.31462/jseam.2023.05422440>
14. Стуков В.П. Анализ состояния мостов с балками из клееной древесины // Известия вузов. Лесной журнал. 2006. № 6. С.52–57. EDN: HDXGQA.
15. Стуков В.П. Деревожелезобетонные балочные мосты на автомобильных дорогах: монография; ф-л «Севмашвуз» С-Петербург. Морск. гос. техн. ун-та в г. Северодвинске. 2-е изд. испр. и доп. Архангельск, 2009. 453 с.
16. Стуков В.П. Оптимизация расстановки связей между ветвями деревожелезобетонного пролетного строения автоторожного моста // Известия вузов. Лесной журнал. 2010. № 2. С.78–82.

17. Стуков В.П. Деревожелезобетонные ба-  
почные мосты: состояние, теория, исследование,  
проектирование: монография. Архангельск: Сев.  
(Арктич.) федер. ун-т, 2014. 316 с.

18. Уткин В.А., Готовцев И.И. Применение греб-  
бенчатых упоров для объединения железобетонной  
плиты и дощато-гвоздевой конструкции пролетно-  
го строения моста // Вестник СибАДИ. 2020; 17(3):  
414–427. DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-3-414-427>

## REFERENCES

1. Utkin V.A., Matveev S.A. Features of Design-  
ing Wooden Bridges of the Forest Complex. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2023; 1: 126–152. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-1-126-152>

2. Utkin V.A., Kobzev P.N. *Road timber bridges of a new generation: monograph*. Omsk. 2004: 55. EDN: QNSFKH

3. Rodrigues J.N., Dias A.M.P.G., Providencia P. Timber-concrete composite bridges: State-of-the-Art-Review. «Review of TCC bridges». *Bioresources*. 2013; 8(4): 6630–6649. DOI: <https://doi.org/10.15376/biores.8.4.6630-6649>

4. Wiio M., Jutila A., Makipuro R., Salokangas L., Wistbara J. Research project development of wood bridges, literature survey of shear connections of wood-concret composite bridges. Helsinki University of Technology. *Laboratory of bridge Engineering*. 1994; 7: 14.

5. Linden M.L.R. Timber-concrete composite beams. *HERON*. 1999; Vol.44 no 3.

6. Stukov V.P. Improvement of Constructive-technological System of Bridge Framework with Wood-Reinforced Concrete Beams. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2004; 3: 56–60. (In Russ.)

7. Wacker J., Dias A. 100-Year Performance of Timber–Concrete Composite Bridges in the United States. *Journal of Bridge Engineering*. October 2020; 25(3). DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)BE.1943-5592.0001513](https://doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0001513).

8. Yeoh D., Fragiaco M., De Franceschi M., Heng Boon K. State of the Art on Timber-Concrete Composite Structures: Literature Review. *Journal of structuring engineering*. October 2011: 1085–1095. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0000353](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000353)

9. Frohnmuller J., Fischer J., Seim W. Full-scale testing of adhesively bonded timber-concrete composite beams. *Materials and Structures*. 2021; 54:187. DOI: <https://doi.org/10.1617/s11527-021-01766-y>

10. Fuchslin M., Grönquist P., Stucki S., Mamie T., Kelch S., Burgert I., Andrea Frangi A. Push-out tests of wet-process adhesive-bonded beech timber-concrete and timber-polymer-concrete composite connections. *WCTE*. 2023: 3241–3247. DOI: <https://doi.org/10.52202/069179-0422>.

11. Laciš R., Circular hollow section connectors in timber-concrete CC composite structural elements. *The Baltic journal of road and bridge engineering*. 2016; Volume 11(1): 70–76. DOI: <https://doi.org/10.3846/bjrb-2016.08>

12. Hosseini M., Gaff M., Lair J., Hui D., Haitao L., Hosseini A., Ghosh P., Jian B. Design and analysis of timber-concrete-based civil structures and its applications: A brief review. *Advanced Materials Science*. 2023; 62. DOI: <https://doi.org/10.1515/rams-2022-0321>

13. Soalih H., Demir S. Current practice and recent developments of shear connectors for timber concrete composite applications: A state of the art review. *Journal of Structural Engineering & Applied Mechanics*. 2023; 6(5): 422–440. DOI: <https://doi.org/10.31462/jseam.2023.05422440>

14. Stukov V.P. Analysis of the state of bridges with beams made of glued wood. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2006; 6: 52–57. (in Russ.) EDN: HDXGQA

15. Stukov V.P. *Reinforced concrete girder bridges on highways: monograph*. branch «Sevmashvtuz» St. Petersburg. Maritime State Technical University in Severodvinsk. 2nd edition. corrected and expanded. Arkhangelsk, 2009: 453. (in Russ.)

16. Stukov V.P. Optimization of Connections Placement among Branches in Wood Reinforced Concrete Beam of Road Bridge Superstructure. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2010; 2: 78–82. (in Russ.)

17. Stukov V.P. *Reinforced concrete wooden girder bridges: condition, theory, research, design; monograph*. Arkhangelsk: North (Arctic) Federal University. 2014: 316. (in Russ.)

18. Utkin V.A., Gotovtsev I.I. Crested shear connectors application to combine reinforced concrete slab and plank-nailed structure of bridge span. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2020; 17(3): 414–427. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2020-17-3-414-427>

## ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Уткин В.А. Формулирование темы, цели и задач исследования, анализ разработанности темы другими исследователями, обработка данных и формулирование выводов, подготовка текста статьи (40%).

Кобзев П.Н. Сбор материалов и исследование деревянных мостов нового поколения, обработка данных, подготовка текста статьи (25%).

Басич Е.Е. Сбор библиографических источников, редактирование текста статьи (10%).

Скиба В.В. Сбор материалов и обработка результатов обследований и испытаний мостов, сбор библиографических источников, редактирование текста статьи (25%).

## CONTRIBUTIONS CO-AUTHORS

Utkin V.A. Concept design, goals and objectives of the research, state-of-the-art analysis, processing data and making conclusions, writing the manuscript (40%).

Kobzev P.N. Collecting materials, research into new-generation wooden bridges, data processing, writing the manuscript (25%).

*Basich E.E. Collecting literature sources, editing the text of the manuscript (10%).*

*Skiba V.V. Collecting materials and processing the survey results, collecting literature sources, editing the manuscript (25%).*

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Уткин Владимир Александрович – д-р техн. наук, доц., проф. кафедры «Мосты и тоннели» Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (644080, г. Омск, просп. Мира, д. 5).*

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2044-3242>,

**SPIN-код:** 4216-7640,

**e-mail:** [prof.utkin@mail.ru](mailto:prof.utkin@mail.ru)

*Кобзев Павел Николаевич – канд. техн. наук, доц., заведующий кафедрой «Мосты и тоннели» Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (644080, г. Омск, просп. Мира, д. 5).*

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0947-6227>,

**SPIN-код:** 6878-0269,

**e-mail:** [kpn\\_omsk@mail.ru](mailto:kpn_omsk@mail.ru)

*Басич Евгений Евгеньевич – аспирант Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (644080, г. Омск, просп. Мира, просп. д. 5), инженер-проектировщик ООО Проектно-инжиниринговая компания «Мостовик».*

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0007-3573-4759>,

**e-mail:** [evgeniybasich@yandex.ru](mailto:evgeniybasich@yandex.ru)

*Скиба Виктория Витальевна – аспирант, преподаватель кафедры «Мосты и тоннели» Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (644080, г. Омск, просп. Мира, просп. д. 5).*

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0006-0126-0076>,

**SPIN-код:** 1780-4487,

**e-mail:** [viktoriya.skiba.97@mail.ru](mailto:viktoriya.skiba.97@mail.ru)

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Utkin Vladimir A. – Dr. of Sci. (Engineering), Associate Professor; Bridges and Tunnels department, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (5, Prospect Mira, Omsk, 644080).*

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2044-3242>,

**SPIN-code:** 4216-7640,

**e-mail:** [prof.utkin@mail.ru](mailto:prof.utkin@mail.ru)

*Kobzev Pavel N. – Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor; Bridges and Tunnels department, Siberian State Automobile and Road University (SibADI) (644050, Omsk, ave. Mira, 5).*

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0947-6227>,

**SPIN-code:** 6878-0269,

**e-mail:** [kpn\\_omsk@mail.ru](mailto:kpn_omsk@mail.ru)

*Basich Evgeny E. – postgraduate student Siberian State Automobile and Road University (SibADI) (5, Prospect Mira, Omsk, 644080), design engineer ООО MOSTOVIK ENGINEERING COMPANY.*

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0007-3573-4759>,

**e-mail:** [evgeniybasich@yandex.ru](mailto:evgeniybasich@yandex.ru)

*Skiba Victoria V. – postgraduate student, lecturer, Bridges and Tunnels department, Siberian State Automobile and Road University (SibADI) (5, Prospect Mira, Omsk, 644080).*

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0006-0126-0076>,

**SPIN-код:** 1780-4487,

**e-mail:** [viktoriya.skiba.97@mail.ru](mailto:viktoriya.skiba.97@mail.ru)