

Овчинников Илья Игоревич

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
Доцент
Ovchinnikov Ilya Igorevich
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
Docent
E-Mail: bridgeart@mail.ru

Снегирев Геннадий Васильевич

Курганский институт железнодорожного транспорта
Инженер
Snegirev Gennady Vasilievich
The Ural State University of Railway Transport
Engineer
E-Mail: uralakademia@mail.ru

Овчинников Игорь Георгиевич

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Профессор
Ovchinnikov Igor Georgievich
Perm National Research Polytechnic University
Professor
E-Mail: bridgesar@mail.ru

Черных Валентин Константинович

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
Аспирант
Chernuh Valentin Konstantinovich
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov
Postgraduate student
E-Mail: mtt91@yandex.ru

Моисеев Олег Юрьевич

ООО «Мостпроект»
Генеральный директор
Moiseev Oleg Yurievich
E-Mail: mostproekt@kurganstalmost.ru

Харин Валерий Васильевич

Курганский институт железнодорожного транспорта
Заместитель директора по научной работе и инновационному развитию
Kharin Valery Vasilievich
The Ural State University of Railway Transport
Deputy Director for Science and Innovation Development
E-Mail: uralakademia@mail.ru

Кокин Артем Андреевич

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Студент

Kokin Artem Andreevich

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

Student

E-Mail: banderas_92@mail.ru

Джумагалиев Эльдар Салаутович

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Студент

Djumagaliev Eldar Salautovich

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

Student

E-Mail: l-dear1993@mail.ru

05.23.11 Проектирование и строительство дорог, аэродромов,
мостов, метрополитенов и транспортных тоннелей.

Возможности эффективного применения старогодных труб при сооружении малых и средних мостов

Opportunities for effective use of used pipes for the construction of small and medium-sized bridges

Аннотация: В статье рассматривается проектное решение по созданию пролетных строений нового типа с использованием профилей, полученных разрезанием трубчатой конструкции и свариванием из полученных элементов двутавроподобного сечения. Рассматриваются вопросы эффективности применения такого решения.

Abstract: The article deals with the design decision to create a new type of bridge spans using profiles obtained by cutting and welding the tubular structure of the resulting elements I-beam section considers the effectiveness of the use of such solutions.

Ключевые слова: Малые мосты; трубчатое пролетное строение; использование труб

Keywords: Small bridges; tubular superstructure; the use of pipes.

В статье [1] было показано, что старые трубы, ранее использовавшиеся в нефтяной и газовой промышленности, находят широкое применение при строительстве малых мостов как разрезной, так и неразрезной системы.

Примеры применения старогодных труб в малом мостостроении Республики Татарстан приведены на рис. 1- 4.



Рис. 1. Трубчатый мост на автодороге Казань-Киров км 125+771



Рис. 2. Однопролетный трубчатый мост на автодороге Казань-Киров км 123+684



*Рис. 3. Многопролетный неразрезной трубчатый мост
на автодороге Казань - Киров км 104+752*



Рис. 4. Трехпролетный трубчатый мост на автодороге Казань-Киров км 72+116

Там же отмечались и основные недостатки примененных трубчатых конструктивных систем.

Во-первых, разнородное применение стальных труб в качестве несущих элементов пролетных строений мостов с одной стороны позволяло экономить дефицитные двутавровые балки и снизить потребность в мостах для тех лет, но, с другой стороны, применение труб приводило к значительному перерасходу металла из-за неэффективного его использования при работе конструкций пролетных строений на изгиб.

Во-вторых, в процессе эксплуатации развитая поверхность контакта трубчатых пролетных строений с эксплуатационной средой и отсутствие эффективных мер противокоррозионной защиты приводили к значительным коррозионным потерям в пролетных строениях из труб.

В третьих, как показали предварительные расчеты, в случае сталебетонных пролетных строений с трубчатыми балками, сечения балок пролетных строений из труб были подобраны без учета совместной работы с железобетонными плитами проезжей части, то есть по виду являясь сталежелезобетонными, они работали как металлические пролетные строения с накладной железобетонной плитой проезжей части, не включенной в совместную работу с остальной частью пролетного строения.

Ясно, что превращение этих конструкций в сталежелезобетонные существенно повысит их прочность, жесткость и долговечность, что может существенно улучшить техническое состояние мостов. Ряд технических решений, реализующих это предложение, приведен в статье [2]. Рассмотрим некоторые из них.

Например, в патенте ФРГ №1931431, кл. 19 D 9/02, еще в 1972 году предложено пролетное строение, состоящее из трубчатых главных балок с установленными между ними и укрепленными в верхней их части элементами труб с размещенной на них и объединенной с главными балками посредством упоров в виде штырей железобетонной плитой, причем трубчатые главные балки контактируют между собой в поперечном сечении моста и соединены по низу приваренной к ним непрерывной по длине пролетного строения листовой затяжкой; железобетонная плита выполнена монолитной, а металлические арочные оболочки укреплены на трубчатых главных балках посредством сварки.

Однако эта конструкция имеет высокую материалоемкость в случае создания широкого моста для получения требуемого габарита проезда, так как потребляет много труб и требует обеспечения их связности и по низу и по верху. Также недостатком этой конструкции является трудоемкость монтажа, требующего укладки и позиционирования большого числа трубчатых главных балок, устройства непрерывной листовой затяжки и в силу этого большого объема сварочных работ.

В отечественном патенте [3] предложено пролетное строение моста (рис. 5), включающее металлические главные трубчатые балки, а также установленные между ними и соединенные с ними металлические арочные оболочки и объединенную с главными балками посредством упоров железобетонную часть. Цитируем далее по описанию патента: «трубчатые главные балки объединены как минимум в два монтажных блока в каждом из которых две трубчатые главные балки расположены на расстоянии друг от друга, равном диаметру трубчатой балки, и соединены между собой арочной оболочкой, выполненной из полутрубы, имеющей диаметр, равный диаметру трубчатой балки, а соединение монтажных блоков друг с другом выполнено из установленных по бокам главных балок двух дугообразных соединительных элементов, наложенных внахлест и образующих арочные оболочки в виде полутруб, причем дугообразные соединительные элементы имеют длину дуги больше четверти длины окружности трубчатой балки, внутри каждой главной балки

установлены тяжи, а в каждой арочной оболочке - поперечные связи, которые, вместе с тяжами, расположены в горизонтальной плоскости и рассредоточены по длине блока, а в поперечном сечении соединены между собой с образованием в блоке единых поперечных связей, при этом внутри каждой главной балки в опорных участках размещают элементы жесткости с центральным отверстием, кроме того, каждый монтажный блок выполнен с упорами в виде штырей, которые приварены в шахматном порядке перпендикулярно к верхней поверхности монтажного блока, а железобетонная часть выполнена монолитной».

Авторы патента утверждают, что технический результат изобретения состоит в создании пролетного строения моста, обладающего простотой конструкции и возможностью быстрого возведения в труднодоступных местах.

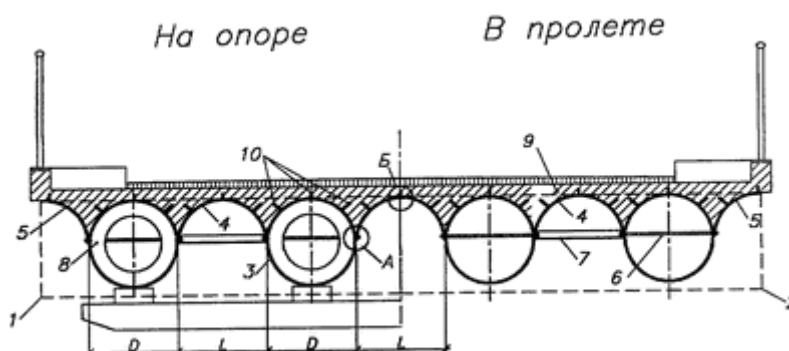


Рис. 5. Сталебетонное пролетное строение моста с несущей металлической частью из труб и полутруб

Способ возведения пролетного строения моста вышеописанной конструкции также запатентован [4].

При всех положительных сторонах приведенных выше и других технических решений по использованию труб и их элементов для конструирования металлических и сталебетонных пролетных строений мостов, всем им присущ один важный недостаток. Во всех случаях использования трубчатых конструкций в указанном виде металл труб используется неэффективно, так как большая его часть размещается вблизи нейтральной линии либо металлического, либо сталебетонного сечения, а значит, возникающие нормальные напряжения воспринимаются меньшей частью трубчатого сечения, наиболее удаленной от нейтральной оси сечения.

Указанных недостатков, по нашему мнению, будет лишено пролетное строение моста, запроектированное с использованием патента [5], в котором предложена эффективная конструкция монолитной цельносварной металлической балки, содержащей верхний и нижний пояса, состоящая из четырех элементов, представляющих собой сегменты трубы, полученные при продольном разрезании трубы и развороте на 180 градусов (рис. 6)

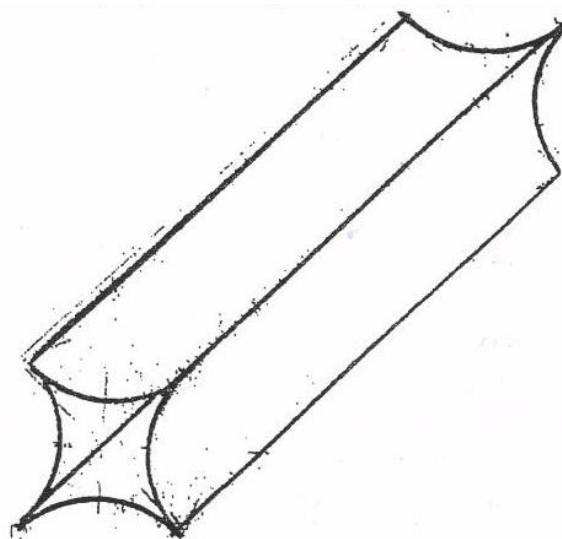


Рис. 6. Новая конструкция балки пролетного строения, сваренная из элементов стальной трубы

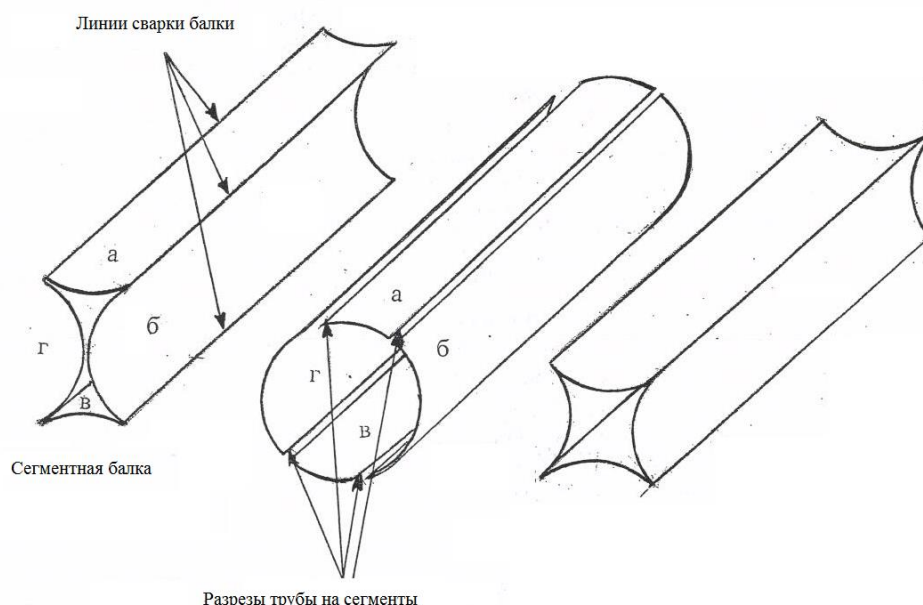


Рис. 7. Варианты конфигурации балки, образованной из элементов трубчатого профиля

На рис. 7 показано, что конфигурация балки, образованной из элементов трубчатого профиля может быть различной, в зависимости от требуемой высоты сечения и других характеристик. Также на рис. 7 схематически показано, как получают оболочечные элементы балки путем разреза трубы по всей длине.

Для изготовления металлической балки могут использоваться трубы различного диаметра, толщины стенки, из различных марок сталей. Несущая способность балки может быть значительно увеличена путем наваривания сверху и (или) снизу дополнительных сегментов трубы. Использование такой конструкции балки может привести к значительному снижению транспортных расходов, так как, осуществив нарезку труб на соответствующие сегменты в заводских условиях, доставку труб на место строительства можно осуществлять также сегментами, не увеличивая объем нагрузки транспортных средств. Затем на месте строительства производится сварка балок.

Для оценки эффективности балки из трубчатых сегментов доцентом Курганского

института железнодорожного транспорта Вяткиным И.А. был выполнен сравнительный расчет геометрических характеристик составной балки из трубчатых элементов и сопоставимой с ней обычной двутавровой балки. Из трубы диаметром 720 мм и толщиной стенки 10 мм получается балка размерами 630x340 мм (рис. 8). Конкурирующая двутавровая балка №60.

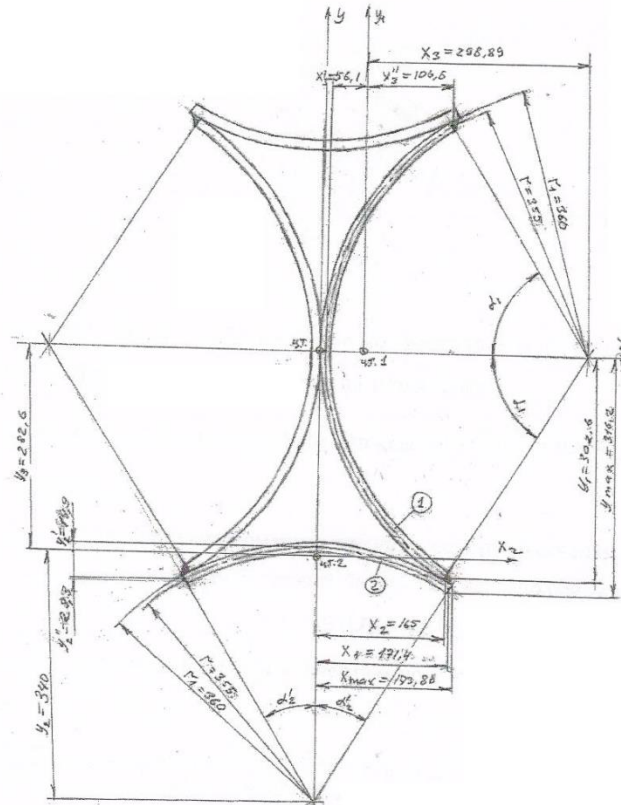


Рис. 8. Балка размерами 630x340 мм из трубы диаметром 720 мм и толщиной стенки 10 мм

Расчеты показывают, что у составной балки момент инерции относительно горизонтальной оси $J_x = 1059440000 \text{ мм}^4$. У двутавра $J_x = 768060000 \text{ мм}^4$. То есть в вертикальной плоскости составная балка жестче двутавра в 1,38 раза. Момент инерции составной балки относительно вертикальной оси $J_y = 102301000 \text{ мм}^4$. У двутавра $J_y = 17250000 \text{ мм}^4$. То есть в горизонтальной плоскости составная балка жестче двутавра в 5,93 раза.

Поверочный прочностной расчет однопролетной шарнирно опертой балки пролетом 6 метров, нагруженной силой в середине пролета показал, что балка из трубчатых элементов при изгибе в вертикальной плоскости выдерживает 53,6 т, а двутавровая балка 40,9 т, то есть в 1,31 раза меньше. При изгибе этой же балки в горизонтальной плоскости балка из трубчатых элементов выдерживает 9,4 т, а двутавровая балка только 2,9 т, то есть в 3,24 раза меньше.

При использовании анализируемой составной балки из трубчатых элементов для конструирования сталебетонного пролетного строения для бетонной части пролетного строения формируется однородная волнистая поверхность. Использование таких балок из трубчатых элементов улучшает условия сборки пролетного строения моста, уменьшает его металлоемкость и повышает надежность и прочность, т.к. предварительно изготовленные блоки проще проверить на прочность. Кроме того, на поверхности металлической части в шахматном порядке по всей длине монолитного блока перпендикулярно к ней можно установить гибкие упоры в виде штырей на равномерной волнообразно образованной

поверхности, которая в сочетании с упомянутыми штырями позволит получить монолитную железобетонную часть пролетного строения моста, объединяющую в нем его монтажные блоки в единую конструкцию моста.

Вывод

Предлагаемое в статье проектное решение по созданию пролетных строений нового типа с использованием профилей, полученных разрезанием трубчатой конструкции и свариванием из полученных элементов двутавроподобного сечения может оказаться эффективным при устройстве сталежелезобетонных пролетных строений для перекрытия малых и средних пролетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинников И.И., Миронов М.Ю., Овчинников И.Г., Снегирев Г.В., Черных В.К., Моисеев О.Ю. **Обеспечение сохранности малых и средних мостов с металлическими пролетными строениями**// Интернет-журнал "Науковедение" № 5, 2013. с. 1-14.
2. Парышев Д.Н., Овчинников И.Г., Снегирев Г.В., Моисеев О.Ю., Харин В.В. Применение эффективного сварного профиля из элементов старогодных труб в пролетных строениях мостов// Инновации и исследования в транспортном комплексе: Материалы первой международной научно-практической конференции. Курган. 23-24 мая 2013. с. 316-319.
3. Патент 2280122 Российская Федерация, МПК 7 E0102, E01D12. Пролетное строение моста/ Пичугов И.А., Быстров В.А., Благовидов И.И.; заявитель и патентообладатель ЗАО «Нева-Дорсервис». № 2005119732/03; заявл. 16.06.2005.
4. Патент 2280121 Российская Федерация, МПК 7 E01D2/00, E01D12/00. Способ возведения пролетного строения моста/ Пичугов И.А., Быстров В.А., Благовидов И.И.; заявитель и патентообладатель ЗАО «Нева-Дорсервис». № 2005119710/03; заявл. 16.06.2005. Опубликовано 20.07.2006.
5. Патент на полезную модель 92057 Российская Федерация. МПК 7 E 04 C 3/04. Металлическая балка/ Снегирев Г.В.; заявитель и патентообладатель Снегирев Г.В. № 2009128792/22; заявл. 24.07.2009. Опубликовано 10.03.2010. Бюл.№7.

Рецензент: Столяров Виктор Васильевич, заведующий кафедрой «Транспортное строительство» Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А., д-р. техн. наук, профессор.