

## Арочный мост из композиционных материалов

Научный руководитель – Тарасов Иван Владимирович

*Пирогов Кирилл Борисович*

*E-mail: tiwell20@rambler.ru*

ГБОУ «Школа №556», Москва, Днепропетровская ул., 33А

**Аннотация.** В настоящее время в нашей стране существует большое количество речных мостов, многие из которых находятся в аварийном состоянии, требуют ремонта, реконструкции. Решение данной проблемы обусловлено сложной экономической ситуацией в ряде регионов России и с издержками на производство комплектующих элементов, а также стоимостью самого сооружения - моста.

**Ключевые слова:** мост, композиционный материал, арочная конструкция.

**Annotation.** Currently, there are a large number of river bridges in our country, many of which are in disrepair, require repair and reconstruction. The solution to this problem is due to the difficult economic situation in a number of regions of Russia and with the costs of manufacturing components, as well as the cost of the bridge itself.

**Keywords:** bridge, composite material, arched structure.

### Введение

В настоящее время в нашей стране существует большое количество речных мостов, многие из которых находятся в аварийном состоянии, требуют ремонта, реконструкции. Решение данной проблемы обусловлено сложной экономической ситуацией в ряде регионов России и с издержками на производство комплектующих элементов, а также стоимостью самого сооружения - моста. Увеличенные сроки изготовления и его эксплуатации, ремонта и обслуживания также влияют на стоимость и сроки выполнения строительства. Известно, что для решения данной проблемы впервые в России была разработана технология строительства быстровозводимых автомобильных арочных мостов с использованием полимерных композиционных материалов (ПКМ) нового поколения на основе стеклянных и углеродных армирующих волокнистых наполнителей [1-6].

На Международной специализированной выставке «Композит-Экспо» был представлен макет быстровозводимого арочного моста с применением интеллектуальных ПКМ.

**Целью исследования** моего проекта является использование новых ПКМ для строительства арочного моста и подключение готового моста к системе контроля его технического состояния.

**Научная новизна** и теоретическая значимость исследования заключаются в следующем:

- использование новых технологий отечественного производства позволяет построить быстровозводимый арочный мост;
- материал моста выполнен из новых полимерно-композиционных материалов, что позволяет использовать датчики слежения за стоянием моста без дополнительных трудовых затрат.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие **задачи**:

- 1) показать, что материалы для построения арочного моста из новых ПКМ способны выдержать статические и динамические нагрузки;

Строительство мостов выполняется без применения крупногабаритной тяжёлой строительной техники [7, 8].

Экспериментальной базой исследования выступили ФГУП «ВИАМ» и АО «НИИГрафит».

## Материалы и методы исследования

Отметим, что технология изготовления мостового сооружения происходит по следующему принципу:

- 1) изготавливаются полые арочные элементы из углепластика;
- 2) листы стеклопластикового профнастила доставляются на место строительства моста;
- 3) производственная площадка может располагаться в непосредственной близости от места строительства.

Строительство арочного моста из новых материалов отечественного производства происходит следующим образом:

- расчищается место под будущий мост, возводится фундамент;
- монтируются арочные элементы, вес которых может достигать от 30 до 150 кг в зависимости от пролёта сооружения;
- арочные элементы заполняются строительным бетоном;
- на поверхности арочных элементов монтируется профнастил;
- наносится слой строительного бетона, засыпается грунтом;
- укладывается дорожное покрытие.

Весь цикл строительства занимает около 3 месяцев.

Для построения арочного моста используется материал из углепластика марки ВКУ-51, изготавливаемого методом вакуумной инфузии. Основную полезную нагрузку в конструкции арочного моста воспринимает непосредственно сам арочный элемент. «Данный метод обладает неоспоримым преимуществом при изготовлении крупногабаритных деталей сложной геометрической формы при производствах мелких серий» [9-11].

Отметим, что важной задачей при строительстве арочного моста являлся подбор оптимального угла ориентации углеродного волокна в преформе относительно продольной оси арочного элемента, а направление волокон должно быть под углом 40 градусов. Это обосновано тем, что при угле в 40 градусов ориентации радиальной и продольной нагрузки на готовое изделие воспринимаются максимально уравновешенно, т.е. данная укладка способна к «укривистости» [8, 11]. Готовые элементы арочного моста сверху накрывают профилированным настилом из стеклопластикового композиционного материала марки ВПС-58, который, так же как и арочные элементы, изготавливается методом вакуумной инфузии.

## Описание процессов исследования и его проведения. Полученные результаты исследования

За основу нашего исследования мы взяли проектную документацию «На автомобильный арочный мост с арочными элементами постоянного круглого сечения из ПКМ с бетонным сердечником и профилированным настилом, с двумя полосами движения и пешеходными тротуарами» в соответствии с ТР 00200851-001-2014 «Технологический регламент на возведение быстровозводимых мостовых сооружений».

Работы при строительстве новых арочных мостов происходят по следующему алгоритму:

- 1) демонтаж старого моста начался в сентябре и выполнялся при помощи самоходного гидравлического экскаватора;
- 2) проведение подготовительных работ по планировке территории для установки фундамента. Конструкция фундамента может представлять собой два ряда забивных свай длиной 12 м сечением 0,35×0,35 м. В соответствии с проектной документацией забивку свай нужно производить под углом 10 - 15 градусов на глубину 10 м;
- 3) для объединения свай с ростверком необходимо производить срезку их оголовков. Работы по срезке оголовков и последующие работы по устройству ростверков необходимо

осуществлять, используя стальные профили шпунта Ларсена (Л-IV).

Этапы сооружения арочного моста.

На первом этапе производится изготовление арматурного каркаса обоих ярусов с обвязкой железобетонных свай.

На втором этапе после набора прочности бетона второго яруса ростверка необходимо выполнить следующие работы по бетонированию арочных элементов:

- проделать технологические отверстия диаметром 15 см в центре каждого арочного пролета;
- проверить полноту заполнения арочных элементов бетоном;
- провести контроль по отверстиям 0,5 см, сделанным в арке по всей длине через 100 см;
- диагностика арочных элементов на наличие внутренних полостей на границе «ПКМ-бетон» с помощью импедансного (препятствие) метода неразрушающего контроля (**Рис. 1. Работы перед бетонированием арочных элементов, рис. 2. Новый арочный мост**).

#### **Обсуждение и заключения**

Первый в России мост был построен по данной технологии за 3,5 месяца в районном поселении Языково Ульяновской области. Мост выдерживает нагрузку до 100 т, не требует капитальных вложений и постоянно контролируется системой мониторинга. Стоимость такого сооружения практически не отличается от сооружений, построенных по традиционным технологиям.

Работа выполнена в рамках реализации комплексного научного направления 13.2. «Конструкционные ПКМ» («Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года») [1].

#### **Источники и литература**

- 1) Каблов Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // Авиационные материалы и технологии. 2015. №1 (34). С. 3–33. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33.
- 2) Каблов Е.Н. Материалы нового поколения // Защита и безопасность. 2014. №4. С. 28–29.
- 3) Каблов Е.Н. Современные материалы – основа инновационной модернизации России // Металлы Евразии. 2012. №3. С. 10–15.
- 4) Каблов Е.Н. Тенденции и ориентиры инновационного развития России: сб. науч.-информ. материалов. 3-е изд. М.: ВИАМ, 2015. 720 с.
- 5) Каблов Е.Н. России нужны материалы нового поколения // Редкие земли. 2014. №3. С. 8–13.
- 6) Каблов Е.Н. Конструкционные и функциональные материалы – основа экономического и научно-технического развития России // Вопросы материаловедения. 2006. №1. С. 64–67.
- 7) Власенко Ф.С., Раскутин А.Е. Применение полимерных композиционных материалов в строительных конструкциях // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2013. №8. Ст. 03. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 24.03.2017).
- 8) Власенко Ф.С., Раскутин А.Е., Донецкий К.И. Применение плетеных преформ для полимерных композиционных материалов в гражданских отраслях промышленности

(обзор) // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2015. №1. Ст. 05. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 24.03.2017). DOI: 10.18577/2307-6046-2015-0-1-5-5.

- 9) Вешкин Е.А., Постнов В.И., Абрамов П.А. Пути повышения качества деталей из ПКМ при вакуумном формовании // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. №4 (3). С. 831–838.
- 10) Афанасьев Д.В., Ощепков М.Ю. Безавтоклавные технологии // Композитный мир. 2010. С. 28–37.
- 11) Донецкий К.И., Караваев Р.Ю., Раскутин А.Е., Панина Н.Н. Свойства угле- и стеклопластиков на основе плетеных преформ // Авиационные материалы и технологии. 2016. №4 (45). С. 54–59. DOI: 10.18577/2071-9140-2016-0-4-54-59.

### Иллюстрации



Рис. 1. Работы перед бетонированием арочных элементов



Рис. 2. Новый арочный мост