

УДК 624.01

**ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ПРИ УСИЛЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ ПОДЗЕМНЫХ  
СООРУЖЕНИЙ И МОСТОВЫХ  
ПЕРЕХОДОВ**

*Маяцкая И. А., Федченко А. Е.,  
Беляева Д. А., Шевцов А. Д.*

Донской государственной технической  
университет, Ростов-на-Дону, Российская  
Федерация

[irina.mayatskaya@mail.ru](mailto:irina.mayatskaya@mail.ru)

[aefedchenko@mail.ru](mailto:aefedchenko@mail.ru)

[bda-26@mail.ru](mailto:bda-26@mail.ru)

[shevtsov7781@gmail.com](mailto:shevtsov7781@gmail.com)

Для обеспечения безопасной эксплуатации мостов и тоннелей, а также в целях увеличения их пропускной способности и долговечности разрабатываются и применяются новые технологии и новые материалы. В современном строительстве используется модифицированный бетон, который получают, используя комплексные добавки. К таким материалам относятся полимербетон, стеклобетон и другие виды, которые обладают высокой прочностью, морозостойкостью, коррозионной стойкостью, трещиностойкостью.

Применение композиционных материалов позволяет увеличить срок эксплуатации и прочность конструкций, применяемых при сооружении данных объектов. Кроме современных материалов, применяются и технологии, позволяющие еще и увеличить прочность конструкции, например, торкретирование. Одним из таких новых направлений является использование геотекстиля и георешеток, углетканей и углепластиковых ламелей. Именно этим вопросам в настоящее время уделено недостаточно внимания.

**Ключевые слова:** конструкция, сооружение, ремонт, полимерный композиционный материал, ламель, усиление, торкретирование, мост, туннель.

UDC 624.01

**APPLICATION OF NEW MATERIALS IN  
STRENGTHENING ENGINEER  
CONSTRUCTIONS OF UNDERGROUND  
CONSTRUCTIONS AND BRIDGE  
CROSSINGS**

*Mayatskaya I.A., Fedchenko A.E.,  
Belyaeva D. A., Shevtsov A. D.*

Don State Technical University Rostov-on-Don,  
Russian Federation

[irina.mayatskaya@mail.ru](mailto:irina.mayatskaya@mail.ru);

[aefedchenko@mail.ru](mailto:aefedchenko@mail.ru);

[bda-26@mail.ru](mailto:bda-26@mail.ru);

[shevtsov7781@gmail.com](mailto:shevtsov7781@gmail.com)

New technologies and new materials are developed and applied to ensure safe operation of bridges and tunnels, as well as to increase their capacity and durability. Modified concrete is used in modern construction, which is obtained by using complex additives. Such materials include polymer concrete, glass concrete and other types that have high strength, frost resistance, corrosion resistance, crack resistance. The use of composite materials makes it possible to increase the service life and strength of structures used in the construction of these facilities. In addition to the use of modern materials, the technology is intended to increase the strength of the structure, for example, shotcreting. One of the new directions is the use of geotextiles and geogrids, carbon fabric and carbon fiber lamellae. The work is devoted to these issues.

**Keywords:** construction, building, repair, polymer composite material, lamella, reinforcement, shotcrete, bridge, tunnel.

**Введение.** В последнее время большое внимание уделяется строительству мостовых переходов и подземных сооружений, таких, как, например, метрополитен, туннели [1–3]. Вопросы, связанные с прочностью данных конструкций, являются актуальными, поскольку в России имелись случаи разрушения мостовых конструкций, как построенных, так и действовавших достаточно долгое время и давно требовавших ремонта, но так и не дождавшихся, придя в такое состояние, при котором невозможна их эксплуатация. Цель данной работы — проанализировать появившиеся в строительной отрасли новые технологии и новые материалы, которые могли бы применяться как при строительстве новых объектов, так и при ремонте старых, чтобы продлить срок их службы.

**Новые технологии и новые материалы для конструкций мостовых переходов и подземных сооружений.** Стоит отметить, что в России за последние годы были построены или близки к завершению уникальные по своим характеристикам мостовые переходы и подземные сооружения. К ним относятся Крымский мост, арочный мост в Новосибирске, ряд станций Московского метрополитена. Оригинальные мосты украсили Москву, Санкт-Петербург, Казань, Владивосток, Ростов-на-Дону.

Сделать эксплуатацию этих сооружений безопаснее легче на стадии проектирования и строительства, чем потом устранять недостатки. При строительстве этих уникальных сооружений уже применяются новые технологии и новые материалы [4]. К новым технологиям можно отнести нанесение полимербетона и торкретбетона под давлением с использованием самых различных добавок, которые придают материалу высокую прочность, морозостойкость, коррозионную стойкость, трещиностойкость (рис. 1).



Рис. 1. Нанесение бетонной смеси методом торкретирования в туннеле

Использование метода торкретирования делает конструкцию более прочной и уменьшает ее вес. Это позволяет сделать конструкцию более экономичной, уменьшить нагрузку на нее.

В процессе проектирования уникальных мостов проводились испытания, позволяющие точно рассчитать их конструктивные особенности, составить программу по защите этих сооружений с учетом климатические особенности той или иной местности. Например, проводилось математическое моделирование поведения опор мостов при действии ледовых и ветровых нагрузок. В результате выдавались рекомендации проектировщикам для усиления конструкций. Испытаниям подвергались и новые материалы, в результате определялось рациональное соотношение компонентов композиционных материалов и добавок к ним.

В современном строительстве применяется модифицированный бетон с включением микрокремнезема, который уплотняет структуру бетона, улучшает морозостойкость, коррозионную стойкость, ударостойкость, понижает водопроницаемость материала и увеличивает прочность конструкций. Для повышения долговечности мостовых конструкций делают гидроизоляцию, которая предохраняет от проникновения водных частиц. Это не позволяет

возникать процессам коррозии арматуры. В мостостроении в настоящее время используют двухслойные железобетонные конструкции, для верхнего слоя используют полимербетон.

По виду полимерной смолы полимербетоны могут быть на основе терморезактивных (эпоксидных, фенолоформальдегидных, полиэфирных и др.) и термопластичных смол (полистирольных, полиэтиленовых, поливинилхлоридных и др.). Положительные свойства полимербетона — это высокая прочность при сжатии и растяжении, стойкость к щелочам и кислотам, стойкость к ударному и абразивному воздействию, водонепроницаемость и газонепроницаемость, химическая стойкость. Но следует отметить и следующие недостатки: хрупкость, повышенное старение, изменяемость свойств во времени. Поэтому уделяется так много внимания добавкам в полимербетоны, которые могут уменьшить негативное влияние этих свойств. Полимербетон должен быть прочным, удобным для использования, экономичным, у него должна отсутствовать пластическая ползучесть при повышенной температуре, он должен обладать деформационной способностью при низких температурах.

**Полимерные материалы для усиления конструкций мостовых переходов и подземных сооружений.** Традиционные типы усиления железобетонных конструкций, например, стальные и железобетонные обоймы и рубашки, в настоящее время отступают на второй план, а все большее применение находят методы усиления современными полимерными композиционными материалами [5–8]. Применение такой технологии приводит к уменьшению времени выполняемых работ, она характеризуется простотой выполнения.

В нашей стране начали использовать системы внешнего армирования углеродными тканями и углепластиковыми ламелями при строительстве и реконструкции строительных сооружений. Они предназначены для увеличения прочности конструкции при строительстве, для ремонта и усиления конструкций мостовых переходов и подземных сооружений, для устранения разрушения бетона и коррозии арматуры в результате длительного воздействия природных факторов и агрессивных сред в процессе эксплуатации.

Для усиления прочности конструкций можно использовать углеткани и углепластиковые ламели (рис. 2, 3).



Рис. 2. Усиление конструкций тканями из углеволокна



Рис. 3. Усиление конструкций углепластиковыми ламелями

Усиление композиционными материалами строительных конструкций — это менее трудоемкий и менее энергозатратный процесс по сравнению с другими способами усиления.

Одним из новых направлений является использование геотекстиля и георешеток при строительстве (рис 4). Данный материал обладает высокой армирующей способностью, которая позволяет улучшить сцепление с основанием, а также он устойчив к перепадам температуры, к действию влаги и агрессивной среды.



Рис. 4. Усиление грунта при строительстве мостового перехода с помощью георешеток

Решетки или текстиль располагают в различных направлениях и делают многослойными, в результате получают конструкцию полотна более прочной и долговечной.

Форма георешетки может иметь структуру, показанную на рис. 5. Необходимы дальнейшие исследования по определению рациональной формы данной конструкции. Возможно применение многослойных решеток при укреплении оснований. В качестве структуры сетки можно использовать форму гексагональную или в виде эллипса, веретена и др.



Рис. 5. Структура георешетки

Применение данной технологии приводит к снижению трудоемкости при выполнении работ и позволяет сократить сроки строительства.

**Заключение.** Для обеспечения безопасности при эксплуатации мостовых переходов и подземных сооружений, а также для увеличения прочности и долговечности конструкций применяются новые технологии и новые материалы. Особое внимание в настоящее время уделяется полимерным композиционным материалам и проектированию композитных конструкций. Это позволяет улучшить эксплуатационные свойства сооружений, использовать при проектировании оригинальные конструктивные решения, особенно в части мостовых переходов.

#### Библиографический список

1. Андреев, О. В. Проектирование мостовых переходов / О. В. Андреев. — Москва : Транспорт, 1980. — 215 с.
2. Фролов, Ю. С. Метрополитены : уч. для вузов / Ю. С. Фролов, Д. М. Голицинский, А. П. Ледяев. — Москва : Желдориздат, 2001. — 528 с.

3. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения : СП 63.13330.2012 ; утвержден приказом Министерства регионального развития

Российской Федерации от 29 декабря 2011 г. № 635/8 и введен в действие с 01 января 2013 г. [Электронный ресурс] / Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095246> (дата обращения: 06.08.18).

4. Композиционные материалы : справочник / В. В. Васильев [и др.]. — Москва : Машиностроение, 1990. — 512 с.

5. Маяцкая, И. А. Усиление конструкций архитектурных памятников с помощью полимерных композиционных материалов / И. А. Маяцкая, А. Е. Федченко // Международный научно-исследовательский журнал. — 2017. — № 5–1 (59). — С. 58–61.

6. Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами : СП 164.1325800.2014, ОКС 91.080.040, введен в действие 01.09.14. — Москва : Минстрой России, 2015. — 50 с.

7. Маяцкая, И. А. Сборные железобетонные конструкции и их усиление полимерными композиционными материалами / И. А. Маяцкая, В. Д. Еремин, А. Е. Федченко // Инновационные технологии при решении технических задач : сб. статей междунар. науч.-техн. конф. — Волгоград ; Уфа : Аэтерна, 2017. — С. 37–40.

8. Маяцкая, И. А. Вопросы оптимальности при усилении строительных конструкций полимерными композиционными материалами / И. А. Маяцкая, А. Е. Федченко, Д. Б. Демченко // Строительство и архитектура – 2017. Факультет промышленного и гражданского строительства : мат. науч.-практ. конф. — Ростов-на-Дону, 2017. — С. 195–203.