

# КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В МОСТОСТРОЕНИИ

В настоящее время возрастает интерес к применению в транспортном и гражданском строительстве композитных материалов и изделий из них. Цели и задачи этой статьи – оценить возможность применения таких материалов в отечественных условиях, в частности, для конструкций разводных мостов.

## Перспективы применения композитных материалов в мостостроении

Композитные материалы, несомненно, обладают определенными преимуществами, к которым относятся:

- высокая прочность,
- малый удельный вес,
- технологичность,
- минимальные эксплуатационные расходы.

Но при этом немаловажно отметить и ряд их недостатков:

- высокая пожароопасность (любой полимерный материал относится к группе горючих материалов),
- малый модуль упругости,
- неизученность процессов старения,
- пока еще высокая стоимость, в сравнении с другими материалами, и пр.

Таким образом, есть необходимость проведения широкого круга исследований с целью уменьшения всех имеющихся недостатков [1].

Стоит отметить, что президент нашей страны обозначил проблему внедрения и применения композитов как одну из приоритетных, наряду с высокотехнологичной химией, авиационной промышленностью, фармацевтикой, нанотехнологиями [2]. Поэтому перед мостовым, тоннельным и общестроительным сообществом стоит задача разработки и внедрения в практику строительства технологий, позволяющих создавать недорогие и долговечные конструкции из композитных материалов с раз-

работкой соответствующих норм и правил.

Полимеры, армированные волокнами, все больше входят в нашу повседневную жизнь [3]. Широкое внедрение их в практику строительства позволит снизить расходы на сооружение объектов и, учитывая малые эксплуатационные затраты, повысит их конкурентоспособность по отношению к нашим традиционным строительным материалам, таким как бетон и металл.

В настоящее время современные композитные материалы, а также мостовые конструкции из них находят все более широкое применение при строительстве искусственных сооружений на транспортных коммуникациях. Неслучайно на сегодняшний день существует глубокая убежденность среди специалистов, что будущее в современном строительстве – за композитами [4, 6–8, 10]. Однако в отечественном мостостроении еще не чувствуется серьезных продвижений в направлении внедрения композитов (в отличие от других стран), хотя разработаны некоторые нормативные документы (например,

[9]), способствующие продвижению на рынок композитных конструкций.

## Опыт применения композитных материалов в мостостроении

Доля производства мостов из композитных материалов, по данным Союза производителей композитов, в нашей стране составляет всего 0,3–0,5% от мирового производства (табл. 1), в то время как композиты активно используются в мировой практике при изготовлении несущих конструкций мостовых сооружений [5]. На данный момент в мире построено почти 350 пешеходных и автодорожных мостов с несущими конструкциями из композитных материалов (см. табл. 1).

Данные таблицы свидетельствуют, в частности, что на сегодняшний день в мире полностью отсутствует применение композитных материалов для несущих конструкций железнодорожных мостов.

Опыт применения полимерных композитных материалов в мостостроении в нашей стране ограничится, прежде всего, к устройству пешеходных переходов. Примером может служить мост в Царицыне через железнодорожные пути (рис. 1). Пролетные строения представляют собой решетчатые фермы высотой около 1,6 м с проходом по верхнему поясу. Еще

Регионы	Мосты		
	Автодорожные	Пешеходные	Железнодорожные
Россия	2	20	0
Европа	17	45	0
Азия	16	20	0
Северная Америка	85	145	0

Табл. 1. Количество мостов из композитных материалов в различных регионах мира



Рис. 1. Полимерный мост. Царицыно, Южный административный округ, Москва, Россия



Рис. 2. Первый полимерный мост в Европе. Гессен, Германия

одним примером служит пластиковый пешеходный мост, разработанный ГК «Рускомполит» и открытый в августе прошлого года в Башкортостане, в селе Старобалтачево. Этот мост, возведенный в короткие сроки, является первым цельномонолитным пешеходным мостом из композитных материалов в нашей стране. Длина моста составляет 19,9 м, ширина прохода – 2,5 м. Мост, вес которого составляет 10,5 т, в три раза легче, чем его железобетонные аналоги.

Более показателен в плане использования композитных материалов в мостостроении опыт зарубежных стран. Современное развитие мостостроения свидетельствует, что Европа взяла курс на строительство мостов из пластика. Перепра-

вы изготавливаются без гвоздей и винтов, не нуждаются в ремонте и могут быть возведены за один день. Так, в Гессене (Германия) в июле 2011 года появился мост из пластмассы.

Он стал первым мостом из этого материала, возведенным в Европе. Пролетное строение моста выполнено из укрепленного **стекловолокном полимера (FRP)**, длина сооружения – 27 м, ширина – 5 м, вес – 80 т (рис. 2).

В Мадриде появился мост из **углепластика** (рис. 3). Длина сооружения составляет 44 м, ширина – 3,5 м. На мост потребовалось 12 т углеродного волокна. Мост представляет собой легкую бесшовную конструкцию без промежуточных опор. Монтаж

конструкции данного моста занял всего 2 часа.

Самый длинный мост из пластика находится в шотландском городке Аберфелди и ведет в местный гольф-клуб. Общая длина моста составила 113 м.

Пластиковый мост, целиком отлитый из **пластиковых отходов**, появился и в Шотландии (рис. 4).

На его постройку ушло около 50 т пластикового мусора (банки, бутылки, одноразовая посуда и т. п.). Пешеходный мост из переработанного пластика шириной 2,7 м способен выдержать даже грузовые транспортные средства.

Возможности конструкций мостов из композитных материалов про-



Рис. 3. Мост, изготовленный из углепластика, в Мадриде



Рис. 4. Мост из пластика в Шотландии



Рис. 5. Пластиковый мост, способный выдержать М1 «Абрамс»

мосты могут не только сократить затраты на строительство в 3–4 раза, но и дают возможность обеспечить сохранность окружающей среды.

Огромный опыт применения стекловолоконного композита для пешеходных частей и ограждений, в том числе для вантовых и висячих пешеходных мостов (рис. 6), накоплен у компании Compro (Латвия).

Большой интерес вызывает возможность использования облегченных плит проезжей части для разводных мостов, так как это поможет значительно снизить вес противовесов и сократить количество механизмов для наводки/разводки пролетных строений.

Опыт применения композитных плит на данный момент есть в США для моста Моррисон раскрывающейся системы у города Портленд через реку Уилламетт, штат Орегон (рис. 7). В 2012 году стальной решетчатый настил «чикагского» типа на разводном пролетном строении был заменен на конструкцию из композитных панелей, объединенных верхней и нижней плитами (рис. 8, 9), армированных полимерным волокном, площадью около 17 тыс. кв. футов. Плиты и панели объединены между собой при помощи конструкционных болтов и неопрена. К моменту капитального ремонта разводного пролета существующее разводное пролетное строение, подверженное коррозии, требовало постоянного дорогостоящего обслуживания из-за холодной, влажной погоды, наличия вы-

**Стекловолоконный мост с композитными опорами и стальными вантами**  
 Пешеходная часть и ограждение из стекловолоконного композита

Длина	50 - 75 - 100 м
Ширина	1,3 - 2,0 м
Ширина пешеходной части	1,45 м
Ширина по осям	1,52 м
Высота перил	1,1 м

Ветровая нагрузка: по EN 1991-1-3 и EN 1991-1-4
Пешеходная нагрузка по EN 1991-2 (5 кН/м²)
Односторонняя нагрузка на ограждение - 0,1 0,1 кН/м ( по EN 1991-2 п.4.8.)

Длина	Вес	Прогиб	Несущая способность	L/ 600
50 м	1,84 т	0,05	1,53кН/м	
75 м	2,3 т	0,06	1,53кН/м	
100 м	2,76 т	0,07	1,53кН/м	

Цена за проект моста из композитных профилей без НДС:  
 50 м  
 75 м  
 100 м

Рис. 6. Стекловолоконный мост с композитными опорами и стальными вантами

демонстрировали американские военные, которые испытали мост (рис. 5), материалом для которого явился переработанный пластик, пропуском 70-тонного танка М1

«Абрамс». Мост выполнен из высокопрочного термопластика, на 100% состоящего из переработанных пластиковых бутылок и подобных предметов. Такие новые



Рис. 7. Разводной мост Моррисон до реконструкции в наведенном положении, Портленд, штат Орегон, США



Рис. 8. Конструкция композитных панелей и плит моста Моррисон



Рис. 9. Электронная модель разводного пролета моста Моррисон после капитального ремонта



Рис. 10. Разводной мост Моррисон после реконструкции в наведенном положении. Портленд, штат Орегон, США (Выдержка из Live news, USA)

бросов противогололедной жидкости.

Специалисты, которые занимались разработками по замене старой металлической плиты на новую композитную, отметили, что это поспособствовало тому, чтобы не устанавливать дополнительные противовесы [6], не заменять механизмы разводки, что доказал подробный расчет нового веса крыльев разводного пролета и определение момента неуравновешенности (рис. 10, 11).

#### Анализ применения композитных материалов в мостостроении

Приведенные выше примеры свидетельствуют, что полимеры и композитные материалы на основе пластмассы – новая разновидность строительных материалов и изделий, которые все в большей степени претендуют стать заменой привычным дереву, стали, алюминию, бетону при строительстве мостов (см. табл. 2). Данная таблица отражает некоторые отрицательные качества композитов – в частности, такие как анизотропность и низкий модуль упругости.

Однако положительные свойства композитных материалов и начальный опыт применения в мостовых конструкциях на данный момент действительно впечатляют, и уже можно смело говорить о следующих преимуществах композитных мостов:



Рис. 11. Разводной мост Моррисон после реконструкции в разведенном положении. Портленд, штат Орегон, США

Показатели	Композит	Бетон	Сталь	Алюминий	Древесина
Прочность при растяжении (вдоль), МПа	240	36 (сжатие)	370	220	80
Прочность при растяжении (поперек), МПа	50	36	370	220	0,4
Модуль упругости, ГПа	28	40	206	71	9
Коэффициент температурного расширения	4-11	-	11,9	22,9	2-9
Теплопроводность, Вт/м° С,	0,8	-	45	293	0,2

Табл. 2

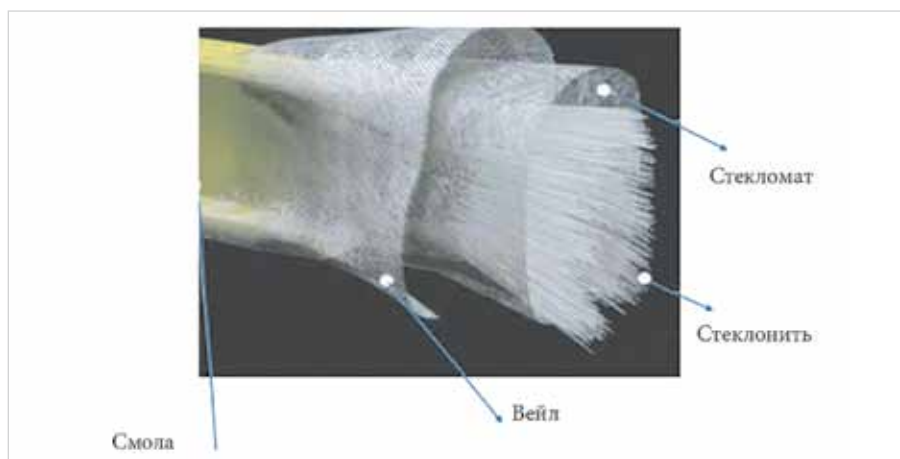


Рис. 12. Конструкция ваны из композитных материалов

- мосты устойчивы к коррозии, агрессивным средам;
- не требуют нанесения защитного лакокрасочного покрытия (минимизация расходов на эксплуатацию по сравнению, например, с металлическими мостами);
- не гниют, устойчивы к плесени, применимы в условиях повышенной влажности;
- не требуют ухода, очищаются с помощью воды;
- обладают достаточно высокой прочностью по сравнению со стальными или бетонными мостами;
- более эстетичны по архитектурным решениям, возможны исполнения различных дизайнерских идей.

На таких мостах реализуется возможность полного или частично-го исключения деформационных швов, так как температурное расширение композиционного материала минимально при сезонных и суточных температурных перепадах.

Композиты отличаются небольшим удельным весом материала, чем достигается:

- легкость конструкций пролетных строений;
- меньшее давление на опоры;
- снижение капитальной стоимости сооружения;
- упрощение доставки на труднодоступные объекты строительства;
- простота монтажа, сокращение времени на сооружение (установка большинства конструкций занимает несколько часов);
- уменьшение мощности подъемных механизмов и массы противовесов на разводных мостах;
- возможность ручной сборки элементов;

Итак, учитывая имеющийся опыт применения в мостостроении композитных материалов и положительные свойства, которыми обладают конструкции из них, можно выделить возможные перспективные конструкции из композитов:

- пролетные строения из полимерных композитных профилей, в том числе для разводных и вантовых мостов;
- стержневая арматура железобетонных пролетных строений;
- ваны для вантовых мостов (рис. 12);

- настилы проезжей части и тротуаров;
- аванбеки для продольной навигации пролетных строений;
- ограждающие конструкции и перила;
- водоотводные лотки и быстротоки.

Что касается отмеченных выше недостатков композитных мостов, то конструктивно-технологическими мероприятиями их можно минимизировать, для чего требуется проведение специальных исследований.

### Выводы

1. Применяемые довольно широко за рубежом мостовые конструкции в отечественных условиях освоены недостаточно.
2. Необходимо проведение широкомасштабных научно-исследовательских работ, позволяющих обеспечить использование композитных материалов для мостов и путепроводов, включая не только пешеходные, но также разводные и вантовые системы. Целесообразность применения в этих мостах композитных материалов обусловлена такими свойствами композитов, как малый удельный вес (что особенно важно для разводных пролетных строений) и способность эффективно работать на растяжение (это необходимо для восприятия значительных усилий, возникающих в вантах мостов вантовой системы).

**В.Н. Смирнов,**  
д-р техн. наук,  
профессор,  
СПбГУПС,

**А.В. Полянина,**  
инженер-проектировщик,  
АО «Институт Гипростроймост –  
Санкт-Петербург»

#### Список использованных источников

1. Лагутин Л.А. Стекловолоконный композит – новый строительный материал // Транспортное строительство. – № 9. – 2012. – С. 8–9.
2. Лагутин Л.А. Кто тормозит импортозамещение в промышленном производстве, в том числе композитных материалов? // Композитный мир. – №2. – 2016. – С. 88.
3. Рапопорт А.Ц. Композитные опорно-мачтовые конструкции // Дороги. Инновации в строительстве. – № 29, июль. – 2013. – С. 114–116.
4. Валерий Парфенов. Инновационный энтузиазм не угасает // Дорожная держава. – № 51. – 2013. – С. 32–27.
5. Лилиана Глазова. Нормативы не дают жизни композитам // Промышленно-строительное обозрение. – № 180, ноябрь. – 2018. – Электронная версия.
6. Hamrik. A green double-leaf. Portland bridge better for environment with FRP deck // Roads&Bridges USA. – Март, 2012. С. 46–51.
7. Васильев А.И., Хазанов М.Л., Капустин М.М., Лысенков А.В. Инновационные технологии мониторинга, исследования и испытаний мостовых конструкций // Дорожная держава. – № 56. – 2014. – С. 46–50.
8. Бейвель А.С., Ветохин С.Ю., Гералтовский А.В., Полиновский В.Н. Полимерные материалы в транспортном строительстве и мостостроении. Compositinebook. – № 1. – 2018.
9. ГОСТ 33119-2014. Конструкции полимерные композитные для пешеходных мостов и путепроводов. Технические условия. 2014.
10. Лаврентьева В.Ю. Реконструкция мостов с использованием композитных материалов с целью повышения грузоподъемности // Молодой ученый. – № 20 (154), май. – 2017.




Уважаемые коллеги!

От имени коллектива АО «Институт Гипростроймост - Санкт-Петербург» поздравляю вас с профессиональным праздником - Днем строителя!

Желаю вам, чтобы все проекты успешно реализовывались, оправданных усилий и стремлений, взаимопонимания в коллективе, а также энергичности, бодрости и крепкого здоровья!

генеральный директор И.Ю. Рутман

- 
- генеральное проектирование
  - проектирование конструкций
  - сложные расчеты
  - технология сооружения
  - авторский надзор



197198, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Яблочкова, д. 7  
+7 812 498 08 14; +7 812 233 96 66; office@spb.gpsm.ru

[WWW.GPSM.RU](http://WWW.GPSM.RU)