

ПРЕИМУЩЕСТВА КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ

Николаев Евгений Валерьевич,
Коммерческий директор «Гален», Чебоксары

Композитная арматура

2



Рисунок 1. Композитные базальтопластиковые и углепластиковые стержни с адгезионным покрытием

Стержни из базальто-, стекло- или углепластика, изготовленные методом пултрузии

- ✓ \varnothing 2,5 – 32,0 мм
- ✓ l = до 12 метров (или скручены в бухты)
- ✓ различное финишное покрытие



абсолютная коррозионная стойкость
высокая долговечность



наилучше соотношение веса и усилия на разрыв
более легкие прочные конструкции



долговечность в среде бетонов
щелочестойкость



НИЗКАЯ ПЛОТНОСТЬ
сокращение транспортных расходов

Композитная арматура. Сравнение с аналогами

Технические характеристики		Композитная арматура Rockbar	Арматура из углеродистой стали А -V	Углепластиковая арматура	Стеклопластиковая арматура	Арматура из нержавеющей стали
1. Прочность на растяжение	МПа	1200	550	2000-3000	1000	550
2. Теплопроводность		менее 1,0	56	Более 1,0	менее 1,0	17
3. Плотность	г/см ³	2,10	7,85	1,60	2,10	7,85
4. Модуль упругости	ГПа	50	200	150-350	45	200
1. Электропроводность		устанавливается в широком диапазоне	проводит электричество	Проводит электричество	не проводит электричество	проводит электричество
2. Магнитная Характеристика		не намагничивается	намагничивается	Не намагничивается	не намагничивается	не намагничивается
3. Огнестойкость	°С	до 300 (600*)	до 600	Нет данных	до 150(300*)	до 600
4. Показатели надежности		коррозионная и химическая устойчивость очень высокая	коррозионная и химическая устойчивость низкая	коррозионная и химическая устойчивость очень высокая	коррозионная и химическая устойчивость высокая	коррозионная и химическая устойчивость высокая

* при однократном воздействии с последующим разрушением

- Использование комбинированного армирования различными типами композитной арматуры:
 - высокий модуль упругости углепластика,
 - возможность использования в качестве преднапряженной арматуры
 - более высокой огнестойкости базальтопластика
- Разработка систем стандартных бетонных изделий армированных композитной арматурой
 - с учетом коррозионной стойкости композитов
 - измененные подходы к трещиностойкости
 - снижение затрат бетонов на защитные слои изделий

Области применения

5

- ✓ Жилищно-гражданское и промышленное строительство
- ✓ Горнодобывающая промышленность
- ✓ Дорожное строительство
- ✓ Мостостроение
- ✓ Армированные бетонные емкости и хранилища очистных сооружений и химических производств
- ✓ Объекты ЖКХ
- ✓ Канализация, мелиорация и водоотведение
- ✓ Укрепление береговой линии
- ✓ Морские и припортовые сооружения
- ✓ Фундаменты ниже нулевой отметки залегания
- ✓ Опоры контактной сети



Рис.2. Строительство моста, Канада



Рис.3. Реставрация на реке Фасиа, Сухой док #4, Перл-Харбор, Гаваи



Рис.4. Барьер моста, Канада



Рис.5. Туннельная железная дорога под рекой Темза, Лондон

Композитная арматура

I этап (2-7 лет)

- ✓ нишевые применения (ненесущая арматура)
- ✓ замена нержавеющей стали
- ✓ замена «дорогой» арматуры, конкуренция по цене
- ✓ создание более эффективных систем армирования композитами против традиционного

II этап (5-50 лет)

- ✓ Потенциальная замена стали в строительстве
- ✓ Критерии отбора применений:
 - А) менее сложные – первыми для коммерциализации
 - Б) цена – определяющий фактор

Композитная сетка

7

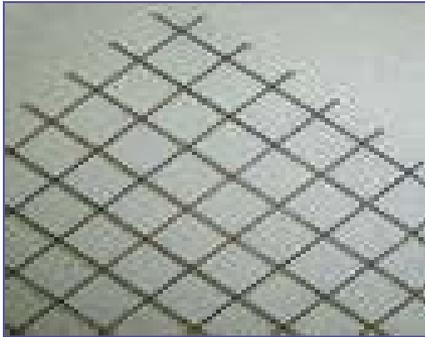


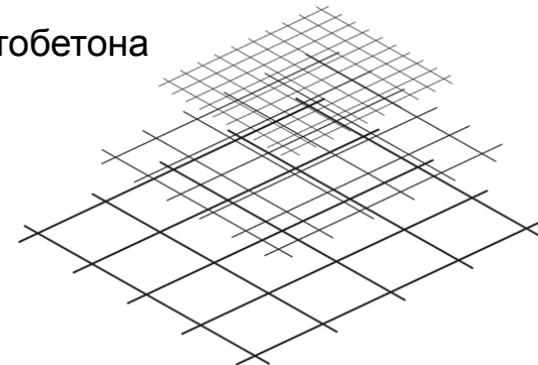
Рисунок 6. Композитная сетка

Изготовлена из базальто-, стекло- и углепластиковых, стержней с различным финишным покрытием

- ✓ двухосно ориентирована
одинаковые механические свойства в продольном и поперечном направлениях
- ✓ низкий модуль упругости
быстро и без последствий гасится вибрация
- ✓ сводообразование
при нарушении бетонной конструкции сохраняет свою форму, предотвращает трещинообразование

Применение в различных слоях дорожной конструкции

- ✓ по земляному полотну
для повышения его несущей способности, особенно при повышенной влажности и сезонных изменениях водно-теплового режима
- ✓ на основаниях дорог из крупнофракционных материалов или цементобетона
в качестве трещинопрерывающей прослойки



Композитная сетка.

Реализованный проект: Thompson Bridge



Рисунок 7. Новый мост в Co. Fermanagh, Северная Ирландия

Новый однопролетный мост на двух полосной дороге класса А в Co. Fermanagh, Северная Ирландия

↓
надстройка из бетонных плит,
армированных арматурой «RockBar»

↓
«RockBar» отобран благодаря долговечности
и отличному сопротивлению коррозии

Великобритания

- ✓ > £500 млн. на ремонт и реконструкцию
- ✓ > часть разрушений - коррозия стальной арматуры, заложеной в бетоне.*
- ✓ антиобледенительные соли усиливают коррозию



Рисунок 8. Стержни «RockBar» в настеле нового моста в Co. Fermanagh, Северная Ирландия

Композитная сетка. Реализованный проект: автомагистраль Шали – Бавлы

автодорога «Европа-Западный Китай»,
14-ый км автомагистрали Шали (М-7) – Бавлы (М-5),
Республика Татарстан

↓
закладка опытного бетонированного участка с применением
наноструктурированных композиционных материалов «Гален»

↓
Уникально для мирового строительного рынка!
Новейшее поколение арматуры для бетона, долговечности в
несколько раз превосходит металлические аналоги



Рисунок 9. Укладка композитной сетки
на опытном участке дороги Шали-Бавлы



Рисунок 10. Сетка из композитных стержней
«Гален», закладка на опытном участке

- ✓ трасса 1-й технической категории – строительство соответствует международными стандартами при участии
- ✓ Министерства транспорта и дорожного хозяйства Республики Татарстан
- ✓ Департамента стимулирования спроса ГК «Роснано»
- ✓ Министерства промышленности и энергетики Чувашской Республики

Коррозия стальной арматуры

10

Одна из главных причин разрушения железобетонных конструкций

- ✓ ежегодные потери \$57 млрд.* (Федеральное дорожное агентство США)
- ✓ в России проблема недооценена, т.к. не проводились исследования, позволяющие оценить масштабы ежегодных потерь



Рисунок 12. Разрушение опор моста



Рисунок 13. Обрушение фасада дома вследствие коррозии стальных гибких связей

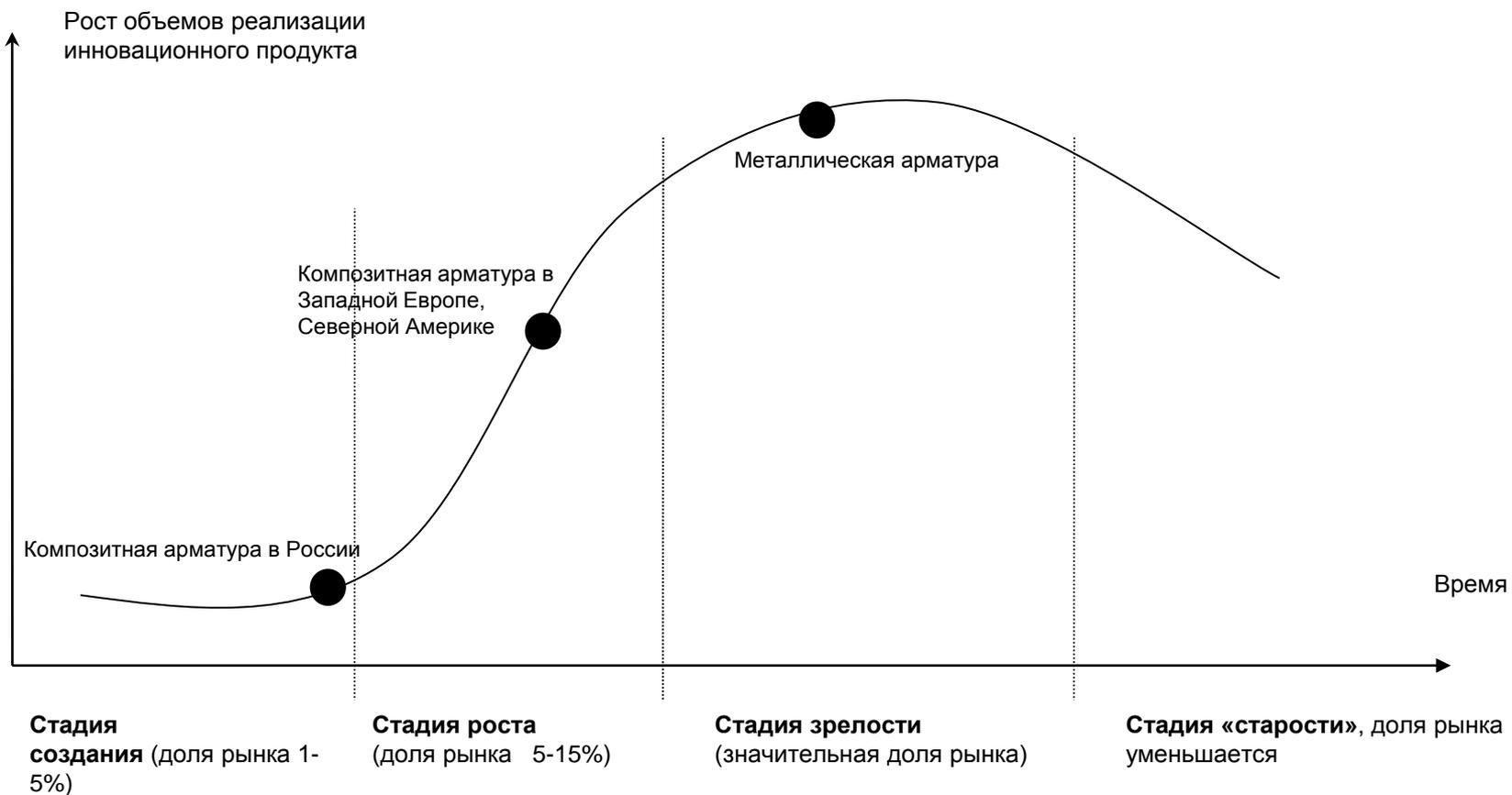
Механизм коррозии

- ✓ разрушение бетонного защитного слоя (влажный воздух, агрессивная среда)
- ✓ дефекты арматуры, разрушение бетона от ржавчины на арматуре

Решение : использование в строительстве неметаллической арматуры

- ✓ абсолютная коррозионная стойкость
- ✓ прогноз долговечности на срок > 75 лет
- ✓ увеличенный межремонтный период, снижение затрат на текущее содержание и ремонт

Жизненный цикл арматуры



Жизненный цикл объектов инфраструктуры (1 из 2)

Классический подход к проектированию и калькуляции затрат, *Life cycle engineering and costing*:

- ✓ теория и практика инженерного проектирования
- ✓ экономическая теория и практика
- ✓ теория и практика принятия решений

Практический подход:

- ✓ реальная стоимость объекта формируется на протяжении всего ЖЦ, не только в процессе строительства
- ✓ затраты на эксплуатацию, ТО, ремонт и утилизацию > первоначальных затрат на возведение (крупные инфраструктурные проекты)



Рис.14. Схема «Опасный айсберг» проектирования

На Рис.14 схематично изображена аналогия с айсбергом - для демонстрации опасности неадекватной оценки стоимости затрат в течение ЖЦ на стадии проектирования инфраструктурных проектов.

Жизненный цикл объектов инфраструктуры (2 из 2)



Рис.15. График распределения стоимости во времени для стальной арматуры



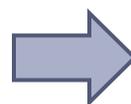
Рис.16. График распределения стоимости во времени для композитной арматуры

Первоначальные затраты – расходы в период закупки материалов для строительства до момента ввода объекта в эксплуатацию.

Эксплуатационные расходы – расходы в течение срока эксплуатации объекта.

Расходы по окончании эксплуатации связаны с ликвидацией, разрушением или заменой сооружения.

Первоначальные затраты объектов с композитной арматурой > первоначальных затрат объектов с традиционной стальной



Снижение эксплуатационных расходов в дальнейшем доказывает преимущество композитной арматуры

Расчет экономической эффективности применения композитной арматуры в конструкции моста*

14

Рассмотрены два варианта конструкции моста в г. Виннипег, Канада.

Требования, предъявляемые к конструкции, соответствуют реальным эксплуатационным характеристикам моста.

Таблица 2. Детализация анализа расчета экономической эффективности

Бетонные конструкции армированные металлической арматурой		Бетонные конструкции армированные композитной арматурой	
Жизненный цикл (лет):	50	Жизненный цикл (лет):	75
Начальные вложения		Начальные вложения	
Проектирование (\$):	25	Проектирование (\$):	35
Расходы на остановку транспортных потоков(\$):	150	Расходы на остановку транспортных потоков(\$):	150
Площадь покрытия армированным бетоном(м2):	6	Площадь покрытия армированным бетоном (м2):	6
Приведенная стоимость арматурной сетки на 1 м2 площади покрытия (\$/м2)	25	Приведенная стоимость арматурной сетки на 1 м2 площади покрытия (\$/м2)	94
Приведенная стоимость бетона на 1 м2 площади покрытия (\$/м2)	300	Приведенная стоимость бетона на 1 м2 площади покрытия (\$/м2)	300
Стоимость устройства 1 м2 бетонного покрытия (\$/м2)	25	Стоимость устройства 1 м2 бетонного покрытия (\$/м2)	20
Текущая стоимость начальных расходов на 1 конструкцию:	\$ 2,275,000	Текущая стоимость начальных расходов на 1 конструкцию:	\$ 2,669,000
Годовая амортизация составит:	\$ 144,336	Годовая амортизация составит:	\$ 162,192
Содержание и ремонт		Содержание и ремонт	
Расходы на остановку транспортных потоков(\$):	75	Расходы на остановку транспортных потоков(\$):	75
Ремонт бетона (\$):	5,000,000	Ремонт бетона (\$):	2,500,000
Жизненный цикл бетона:	25	Жизненный цикл бетона:	50
Замена покрытия (\$):	150	Замена покрытия (\$):	150
Жизненный цикл покрытия:	25	Жизненный цикл покрытия:	25
Пересчет на 1 год:	\$ 96,602	Пересчет на 1 год:	\$ 12,970
Ликвидационная стоимость (\$):	3,000,000	Ликвидационная стоимость (\$):	3,000,000
Пересчет на 1 год:	\$ 10,333	Пересчет на 1 год:	\$ 2,306
Полная стоимость (Пересчет на 1 год):	\$ 251,270	Полная стоимость (Пересчет на 1 год):	\$ 177,468

Эффективность эксплуатации моста, армированного композитной арматурой – 30 %

*Источник: «An Introduction to Life Cycle Engineering & Costing for Innovative Infrastructure», A Canadian Network of Centres of Excellence, www.isiscanada.com, 2006

Итоги

15

В связи с постоянно растущими требованиями в сфере энерго- и ресурсосбережения, возникает потребность в высокопрочных, долговечных и доступных материалах для строительной отрасли. Применение в процессе строительства инновационного продукта – арматуры и сеток, изготовленных из композиционного материала – обуславливает наличие ряда преимуществ перед традиционными зданиями, строениями и сооружениями с арматурой из черного металла или углеродистой стали, а именно:

- ✓ абсолютной коррозионной стойкостью (более высокая долговечность),
- ✓ наилучшим соотношением веса и усилием на разрыв (более легкие прочные конструкции),
- ✓ долговечностью в среде бетонов (щелочестойкость),
- ✓ низкой плотностью (сокращение транспортных расходов),
- ✓ эффективно решают проблемы энергоэффективности, экологичности и безопасности,
- ✓ сокращением расходов на протяжении всего жизненного цикла (за счет снижения затрат на ремонт и обслуживание),
- ✓ сокращением транспортных расходов (за счет низкой плотности и веса композиционного материала).

О компании

ООО «Гален» – отечественный производитель современных композитных материалов методом пултрузии на основе базальтопластика

- ✓ Лидер на рынке России по базальтопластиковым строительным материалам; более 50% рынка композитных связей России и СНГ (Инфолайн, 2009 г.)
- ✓ Производитель средств производства – пултрузионных линий; технология отмечена III местом на Международном конкурсе «Пултрудер Года», Май 2009, Балтимор, США
- ✓ Экспортно-ориентированный бизнес: гибкие связи - Великобритания, Казахстан, Египет
- ✓ Сертификация BBA в 2009 году: поставляемые в ЕС гибкие связи имеют сертификат British Board of Agrément – сертифицирующей организации Великобритании
- ✓ 15 патентов на изобретения и полезные модели, ноу-хау
- ✓ решение о выдаче патента на изобретение «Наноконпозиционный материал» и приоритет на патент «Наномодифицированный арматурный элемент»

Вопросы для обсуждения

- Стандартизация
 - Создаем свои методики или гармонизируем?
- Партнеры в разработке композитных решений для армирования бетона
 - ЖБИ, ЖБК, ДСК
 - Прикладные исследования в области бетонов
- Подход к оценке жизненного цикла объектов, стоимости владения