

**Состояние развития и перспективы использования
неметаллической композитной арматуры**

Лобов А.Ю, Прощенко И.С.

Научный руководитель - Батыновский Э.И.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Строительная отрасль находится в постоянном поиске новых эффективных материалов и технологий. В условиях развития кризисных явлений в сырьевой, энергетической, экологической и иных сферах строительства происходит вытеснение традиционных материалов и технологий энерго-сберегающими, высокоэффективными, нематериалоёмкими, экологически чистыми решениями. Расширение применения неметаллической композитной арматуры в строительстве - одно из основных направлений модернизации строительной индустрии.

Начало изучения свойств и создания технологии изготовления неметаллической композитной арматуры было положено в 1964-1965 годах. Первая линия по производству стеклопластиковой арматуры была разработана НИИЖБ им. А.А.Гвоздева и введена в производство в Белоруссии. Однако арматура не получила широкого применения в строительстве по многим причинам, в частности из-за низкой стойкости арматуры в щелочной среде бетона, низких адгезионных свойств арматуры с бетоном при её преднапряжении, и также из-за отсутствия экономической выгоды при её использовании.

За последние десятилетия неметаллическая арматура, как строительный материал, претерпела значительные изменения не только в плане своих физико – механических и эксплуатационных показателей, но и в технологиях изготовления (а их несколько), области применения в строительстве. Сегодня - это совершенно иной строительный материал, представление о котором в республике до недавнего времени формировалось на примере однотипной стеклопластиковой арматуры, выпускаемой на двух отечественных линиях в ограниченном количестве по старой (более двадцати лет) технологии. К сожалению, с распадом СССР случилось так, что у нас в республике, активно занимавшейся разработкой и внедрением стеклопластиковой арматуры, научно – внедренческие работы были прекращены.

В то время исследования и практические шаги по использованию арматуры опирались на ряд долгосрочных отраслевых программ. С распадом СССР произошло разрушение чётко отрегулированных межотраслевых связей. Финансирование и дальнейшие исследования арматуры прекратились. Программы совершенствования технологий и разработки норматив-

ной базы по широкому применению арматуры в строительстве были приостановлены по ряду причин. Одной из причин являлось то, что не удалось создать щёлочестойкие полимерные связующие, недорогие и пригодные для массового серийного производства арматуры, а разработанные в то время для этих целей специальные составы приводили к значительному росту стоимости арматуры. Необходимо отметить, что низкий модуль упругости предопределял использование арматуры в преднапряжённых конструкциях. Для выполнения данной задачи требовалось создание и изготовление специальной высокотехнологичной оснастки для натяжения арматуры. Опытные образцы, которые использовались при изготовлении данных изделий, были несовершенны и не могли быть применены при массовом серийном производстве. Разработанные опытно-экспериментальные технологические линии имели низкую производительность, а производимая арматура периодического профиля, в ряде случаев, не имела четко выраженной ребристой поверхности, необходимой для сцепления с бетоном, что также сузило спектр её применения.

В результате такая перспективно востребованная продукция в строительстве, как стеклопластиковая арматура, в последующем десятилетия активно не применялась на строительных объектах, технология её производства не модернизировалась, сырьё и номенклатура продукции (диаметры ныне выпускаемой арматуры только шесть миллиметров) не изменялись. За это время в мире проводились исследования, разрабатывались новые технологии, происходила трансформация данного строительного материала в совершенно новый высококачественный продукт. Революционные технологии позволили создать новые линейки разноплановых полимерных композитных материалов.

На примере композитной арматуры «ЛИАНА», продукции нового поколения, рассмотрим основные аспекты её внедрения в народном хозяйстве республики. Арматура состоит из армирующих элементов и матрицы. В качестве армирующих элементов используются непрерывные высокопрочные волокна, объединенные в стержень полимерной матрицей. Наружная поверхность арматуры имеет непрерывную ромбическую рельефность необходимую для сцепления с бетоном и при установке захватов при натяжении арматуры. Композитная арматура изготовлена по новой высокопроизводительной технологии. Данная арматура и технология её производства защищены патентами на изобретения. Применение базальтовых и других высокомодульных волокон позволили получить арматуру с характеристиками, которые существенно расширили область её применения. Сегодня технологии позволяют наряду со стеклопластиковой производить базальтопластиковую высокомодульную арматуру с начальным модулем упругости от 110 000 до 200 000 МПа и прочностью на разрыв 1450-1850

МПа, что позволяет в конструкциях обеспечить все необходимые прочностные и рабочие характеристики. В настоящее время оборудование позволяет изготавливать объёмные каркасы и сетки из арматуры под требования заказчика. Высокая коррозионная стойкость, в том числе к щелочной среде, позволяет увеличить срок эксплуатации конструкций в несколько раз. Коррозионную стойкость арматуры подтверждают испытания, проведенные в НИИЖБ им А.А.Гвоздева в 2010 г. Выводы показывают, что неметаллическая композитная арматура «Лиана» обладает высокой стойкостью к хрупкому разрушению в щелочной среде бетона (не менее 80 лет), а также имеет первую группу химической стойкости при воздействии кислот, щелочей, морской, минерализованной и аммиачной воды, как при комнатной, так и при повышенной температуре. Естественно, расширился и диапазон температур применения арматуры.

Достаточно красноречиво об улучшенных свойствах неметаллической арматуры по сравнению с традиционной металлической свидетельствуют сравнительная таблица (σ_B – временное сопротивление разрыву; σ_T – предел текучести (нормативное сопротивление арматуры); σ_R – расчетное сопротивление растяжению), график равнопрочной замены металлической арматуры на композитную «Лиана» (рис.1) и сравнительная диаграмма растяжения (рис.2).

Неметаллическая арматура рекомендуется к применению:

- При армировании предварительно напряженных и ненапряженных бетонных конструкций (пористые, крупнопористые, тяжёлые и ячеистые бетоны), а также каменных конструкций, работающих при систематическом воздействии температур не выше плюс 100°C и не ниже минус 70°C, эксплуатируемых в различных, в том числе агрессивных средах.
- При изготовлении стен с применением мелкоштучных материалов (кирпича, камней, мелких блоков и т.п.), за исключением пустотелых бетонных камней (в т. ч. в зимнее время, когда в раствор вводятся различные добавки, вызывающие коррозию стальной арматуры).
- При изготовлении электроизолирующих конструкций (осветительные опоры, опоры ЛЭП, изолирующие траверсы и т.п.).
- Для изготовления коррозионностойких сооружений и конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах (электролизные ванны, кабельные тоннели, канализационные кольца, коллекторы, теплоцентрали и т.п.).
- Для усиления клееных деревянных конструкций.
- При устройстве (ремонте) дорожного полотна, мостовых перекрытий, опор дорожных ограждений, тротуарных плит, бордюров.
- При устройстве сооружений берегоукрепления водоемов, подпорных стен, откосов, припортовых и других сооружений в акватории озер и рек, в том числе сооружений мелиорации.

Таблица – Сравнение характеристик стальной арматуры и композитной арматуры «ЛИАНА»

Характеристика	Стальная арматура ГОСТ 5781-82				Композитная арматура ТУ 2296-275-36554501-2008			
	Класс	σ_B	σ_T	σ_p	Класс	σ_B	σ_T	σ_p
Механическое поведение при растяжении, σ , Н/мм ²	A-I	373	235	225	АНС	1250	---	1250
	A-II	490	295	280				
	A-III	590	390	355	АНБ	1450	---	1450
	A-IV	883	590	510				
	A-V	1030	788	680	АНБ ВМ	1850	---	1850
	A-VI	1230	980	815				
Относительное удлинение, ϵ_p , %	A-I	25			АНС	2,2		
	A-II	19						
	A-III	14			АНБ	1,6		
	A-IV	6						
	A-V	7			АНБ ВМ	1,3		
	A-VI	6						
Модуль упругости, E_p , Н/мм ² (ГПа)	200 000 (200)				АНС	60 000 (60)		
					АНБ	90 000 (90)		
					АНБ ВМ	до 200 000 (200)		
Плотность, г/см ³	7,8				1,9			
Коррозионная стойкость	Подвергается коррозии				Не подвергается коррозии			
Коэффициент линейной температурной деформации, $\alpha \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$	1,3-1,5 (Бетон: 0,7-1,0)				0,5-0,9 (Бетон: 0,7-1,0)			
Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/(м*К)	46				0,35-0,5			
Электрические свойства	Электропроводна				Диэлектрик			
Магнитные свойства	Магнитопроводна				Диамагнетик			
Экологические свойства	При эксплуатации не выделяет вредных веществ				При эксплуатации не выделяет вредных веществ			
Диапазон рабочих температур	По СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции» от -70 до +50 °С				от -70 до +100 °С			

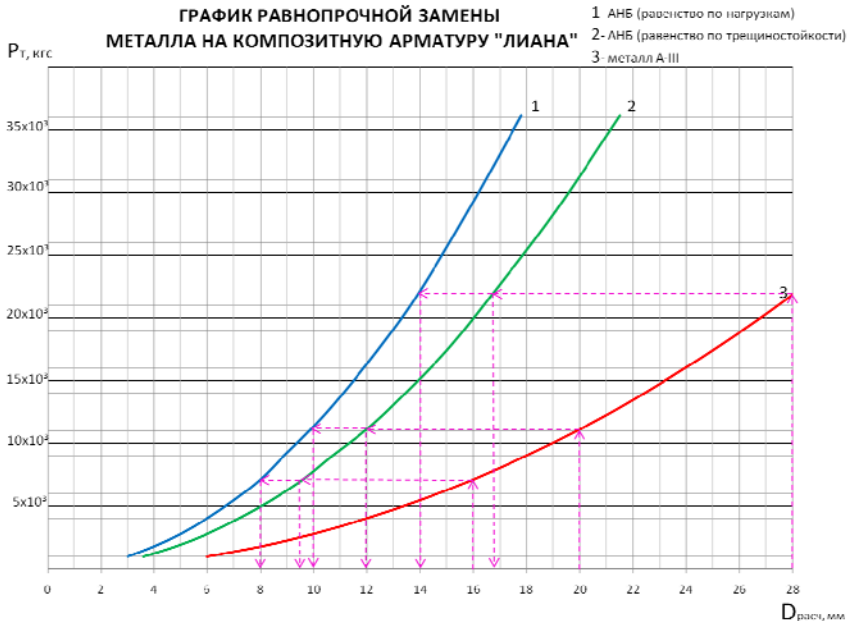


Рисунок 1

Примечания:

1) Применение неметаллической композитной арматуры в бетонных конструкциях по СНиП 52-01-2003 и СНиП 2.03.11-85.

2) Расчет строительных конструкций следует производить по параметрам композитных арматур «ЛИАНА». Замена стальных арматурных каркасов, сеток на композитные арматуры производится по опытным графическим зависимостям. (График равнопрочной замены металла на композитную арматуру «ЛИАНА»).

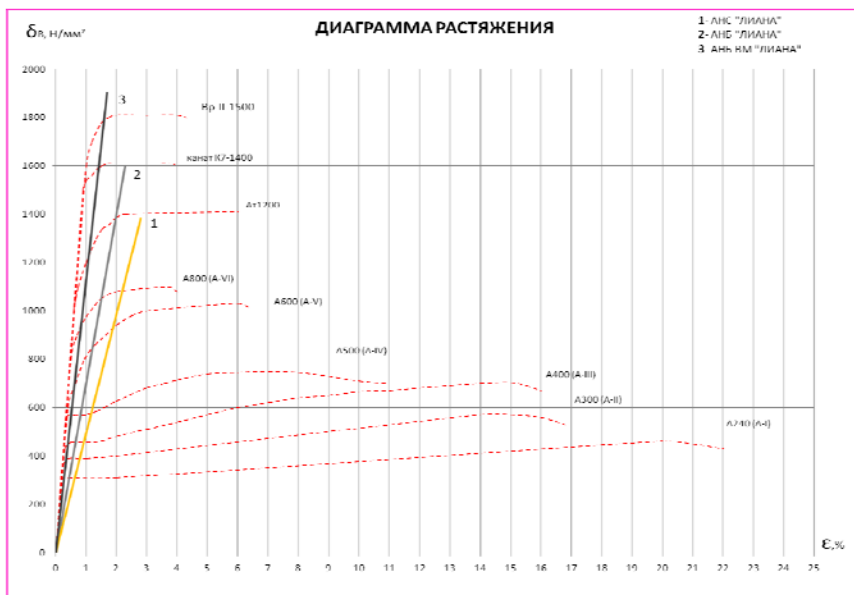


Рисунок 2

- При строительстве зданий с повышенными требованиями к немагнитности и отсутствию экранирующего эффекта (ограждающие конструкции для помещений с высокочувствительным электронным оборудованием, радиолокационные здания аэропортов, больницы и т.д.).
- При изготовлении тонкостенных конструкций различного назначения (перегородки, ограждения, звукоизолирующие панели).
- При изготовлении конструкций малых архитектурных форм.
- При проведении реставрационных работ.
- При проведении работ по содержанию и ремонту жилого фонда.
- Для изготовления: гибких связей, используемых в слоистой кладке кирпичных зданий; пространственных сеток, каркасов и стержней для армирования конструкций.

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ АРМАТУРЫ

- Расчетное сопротивление разрыву арматуры превышает расчетное сопротивление стальной арматуры класса S400 в 3,0 - 5,2 раза.
- Модуль упругости в зависимости от вида примененных волокон и технологии производства обеспечивается в диапазоне 55 000 – 200 000 МПа.

- Арматура обладает высокой коррозионной стойкостью к воздействию агрессивных сред.
- Удельный вес в 4 раза меньше, чем у стальной арматуры (снижение нагрузки на фундамент).
- Коэффициенты теплового расширения арматуры и бетона практически совпадают, что снижает трещинообразование в конструкциях.
- Является диэлектриком (не электропроводна).
- Практически не проводит тепло. Теплопроводность в 100 раз меньше, чем у стали.
- Не теряет свойств при низких температурах.
- Радиопрозрачна (арматура не создает экранирующий эффект).
- Магнитоинертна (исключено изменение прочностных свойств конструкций под воздействием электромагнитных и электрических полей).
- Длина арматурного стержня не ограничена (оборудование позволяет обеспечить любую мерную длину под требование проекта).

Подытожив всё вышеизложенное, хотелось бы обратить внимание на то, что наша с вами задача как инженеров, по мере возможности внедрять в строительную индустрию передовые технологии, которые позволяют существенно улучшить эксплуатационные характеристики конструкций и сооружений, снизить себестоимость и получить долгосрочный экономический эффект.