

УДК 691.8:620.22

В. В. ТАРАН, А. В. ЯНКОВ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В статье приведены общие сведения о применении композитных материалов, более детально рассмотрены углепластиковая арматура и ткань. Даны общие указания по внешнему армированию строительных конструкций. Приведены основные физические и механические свойства композитной арматуры. Выполнен анализ области применения и технологических особенностей монтажа композитной арматуры. Рассмотрены положительные и отрицательные качества данного материала. Приведено сравнение композитной арматуры со стальной, а также примеры применения такой арматуры в различных странах мира. Установлено, что применение композитной арматуры является экономически эффективным в отдельных видах конструкций.

углепластик, монтаж, диэлектрик, арматура, усиление, композитные материалы, ткань

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Невозможно представить строительство любого объекта без применения арматурного проката, стальных закладных деталей и т. п. При проектировании и возведении жилых, общественных и промышленных зданий рассматриваются вопросы повышения эффективности конструктивно-технологических решений путем снижения энергоемкости, материалоемкости, трудоемкости и стоимости строительной продукции. Композитная арматура является альтернативным предложением применения стальному прокату. Применяется в промышленном и гражданском, малоэтажном и коттеджном строительстве, в бетонных конструкциях, для слоистой кладки стен с гибкими связями, для ремонта поверхностей железобетонных и кирпичных конструкций, а также при работах в зимнее время, когда в кладочный раствор вводятся ускорители твердения и противоморозные добавки, вызывающие коррозию стальной арматуры.

Целью настоящей работы является ознакомление с инновационными конструктивными и организационно-технологическими особенностями применения неметаллической арматуры при возведении зданий и сооружений.

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Неметаллическая арматура – это стержни, выполненные из стеклянных, базальтовых, углеродных или арамидных волокон с выполненными на поверхности поперечными или спиральными ребрами, пропитанными термореактивным или термопластичным полимерным связующим и отвержденными. Арматуру, изготовленную из стеклянных волокон, принято называть стеклопластиковой (АСП) (рис. 1), из базальтовых волокон – базальтопластиковой (АБП), из углеродных волокон – углепластиковой.

Композитная арматура (рис. 2) является значимой альтернативой арматуре из металла, как обладающая сочетанием высокой прочности и коррозионной стойкости. Материал не обладает способностью намагничиваться, что делает возможным применение материала в местах работы специального оборудования, например в больницах, промышленных предприятиях и др. Композитная арматура также применяется в виде гибких связей для трёхслойных кирпичных и других штучных материалов, монолитных железобетонных стен с кирпичной облицовкой.



Рисунок 1 – Фото стеклопластиковой арматуры.



Рисунок 2 – Применение композитной арматуры в строительстве.

Несмотря на перечисленные достоинства, *композитная арматура* имеет и недостатки: низкий модуль упругости – примерно в 3–4 раза ниже, чем у стальной (для базальтопластиковой и стеклопластиковой арматуры), что влечет большие деформации (прогибы) нагруженных армированных изделий типа балок, плит, фундаментов (изготовленных без предварительного напряжения арматуры); является диэлектриком, поэтому прогрев кладки в зимних условиях невозможен; является несвариваемым материалом, сетки и каркасы из такой арматуры выполняются только вязкой. Огнестойкость материала крайне мала, порядка 70 °С. Что делает необходимым обустройство специальных огнезащитных конструкций или же покрытий.

Использование неметаллической арматуры в сочетании со специальными бетонами (полимерным, полимерсиликатным) повышает эффективность её применения [6].

В нашей стране существует несколько заводов, производящих изделия из данного материала (Днепропетровск, Харьков и др.). Основной продукцией является углепластиковая арматура. Хотелось бы также отметить, что из данного материала производят и водоприемные колодцы, ливневые канализации, дренажные системы.

Первые исследования по созданию сверхпрочной неметаллической полимерной арматуры были начаты еще в СССР в 60-х годах XX века. Тогда для улучшения сцепления с бетоном на стержни по спирали навивалась с усилием стеклянная нить для создания рельефной (ребристой) поверхности [6].

В 1976 г. построены два надвижных склада в районах гг. Рогачев и Червень (республика Беларусь). Несущие наклонные элементы верхнего пояса арок армированы четырьмя предварительно напряжёнными стеклопластиковыми стержнями диаметром 6 мм. Стержни расположены в двух пазах сечением 10×18 мм, выбранных в нижней пластине элементов. Приопорные участки элементов (в коньковом и опорных узлах) усилены деревянными накладками из досок толщиной 20 мм.

Экономия древесины в несущих армированных элементах составила 22 %, на 9 % была снижена стоимость, масса конструкций уменьшена на 20 %. Стоимость сооружения по сравнению с существующими типовыми решениями складов такой же емкости снизилась в 1,7 раза [6].

По длине возможно соединение арматуры при помощи муфт. Благодаря химической стойкости такую арматуру возможно применять при бетонировании с использованием химических добавок, а также для армирования несущих конструкций на производствах с агрессивной средой. Длина стержня достигает до 12 м.

Следует отметить некоторые выводы, взятые из исследований члена Академии Строительства Украины Ю. А. Климова, который проводил испытания двух аналогичных балок, одна из которых была армирована стальной арматурой, другая же композитной [1]. Результаты его исследований показали, что при соответствующем технико-экономическом обосновании, композитная базальтовая арматура

может применяться для армирования бетонных конструкций. Несущая способность балок с одиночной композитной базальтопластиковой арматурой соответствует несущей способности балок со стальной арматурой. Несущая способность балок с двойным армированием композитной базальтовой арматурой ниже несущей способности балок со стальной арматурой, ввиду меньшего значения сопротивления композитной арматуры на сжатие. Закономерности сопротивления бетонных элементов, армированных композитной базальтовой арматурой, а именно характер трещинообразования, деформирования и разрушения, соответствуют аналогичным закономерностям для элементов, армированных стальной арматурой.

Однако, несмотря на это, автор исследований не рекомендует использовать строительные нормы по армированию стальной арматурой [3], для расчета армирования композитной арматурой, так как материал имеет разные физико-механические свойства.

В западных странах также велись разработки по изучению и применению неметаллической арматуры при возведении зданий.

В США ответственной за разработку строительной арматуры из композитных материалов была корпорация Marshall-Vega Inc. В 80–90 годы неметаллическая композитная арматура использовалась в основном в следующих отраслях [2]:

- при строительстве мостов (мост в г. Поттер Каунти и г. Беттендорф);
- при строительстве портовых сооружений;
- при возведении медицинских центров, в которых предполагается использование оборудования для магнитной резонансной томографии (Национальный институт здравоохранения г. Бетесда, здание клиники Майо в г. Рочестер и т. д.).

Практическое применение стеклопластиковой арматуры в Южной Америке сводится к строительству здания винного завода в Британской Колумбии (1998 год) [2].

В Канаде арматура из композитных материалов использовалась для строительства нескольких демонстрационных проектов автодорожных мостов. Во второй половине 90-х годов здесь были сданы в эксплуатацию 4 автодорожных моста, при возведении которых была использована композитная арматура (мост в г. Манитобе, мост через реку Сен-Франсуа и т. д.) [2]. На сегодняшний день Канада занимает лидирующие позиции по применению арматуры из FRP при строительстве мостового настила.



Рисунок 3 – Применение стеклопластиковой арматуры в дорожном покрытии.

В 2003 г. в Англии, г. Лондон, был проложен железнодорожный тоннель под р. Темзой с применением буровой туннелепроходческой машины (БТМ). Стеклопластиковая арматура легко собирается при проходе БТМ и не тупит ножи, в отличие от стальной арматуры.

Интерес и необходимость в новых более прочных и стойких материалах привели ученых к такому материалу как *углепластик*. Этот материал обладает отличной химической стойкостью (для агрессивных сред), водонепроницаем, имеет отличные прочностные характеристики.

Благодаря этому, сфер применения данного материала очень много, авиастроение, машиностроение, строительная индустрия.

Углепластиковая ткань обладает хорошей гибкостью при сравнительно высокой прочности, что позволяет использовать такой материал для внешнего армирования конструкций. Такой метод хорош при сложной конфигурации сооружения, необходимости местного усиления конструкции. Особенностью данного усиления является простота монтажа. Все что необходимо для усиления конструкции – измерить форму необходимого места усиления, сделать разметку на углепластиковой ткани, вырезать ножницами, подготовить поверхность места усиления, нанести клеящий раствор на ткань и место усиления и непосредственно наклеить ткань на место усиления (рис. 4).



Рисунок 4 – Применение углепластиковой ткани в строительстве.

В Швейцарии в 2009–2010 гг. стеклопластиковая арматура применялась в дорожном покрытии взлетной полосы аэропорта в г. Цюрихе (рис. 3). Применение данного композитного материала обеспечивает защиту от электромагнитных наводок.

Усиление возможно максимум на 4 мм, с контролем оклейки производителем. Разглаживание материала производится валиком либо же специальными автоматическими инструментами. Помимо хорошей стойкости к агрессивным средам, высокой прочности и простоты монтажа, существуют и минусы: низкий модуль упругости в сравнении со сталью, что не позволяет ему воспринимать динамические нагрузки; низкая огнестойкость, порядка 70 °С, при такой температуре материал начинает терять свои прочностные характеристики.

Сравнительные характеристики по основным показателям стальной арматуры А400С и композитной приведены в таблице.

Таблица – Сравнительные показатели арматуры А400С и АКС

Материал	Сталь	Стеклоармированный полимербетон на основе эпоксидной смолы
Предел прочности при растяжении, МПа	390	1000
Модуль упругости, МПа	200 000	55 000
Относительное удлинение, %	25	2,2
Долговечность	В соответствии со строительными нормами	Прогнозируемая долговечность не менее 80 лет
Замена арматуры по физико-механическим свойствам	6 А400С 8 А400С 10 А400С 12 А400С 14 А400С	4 АКС 6 АКС 7 АКС 8 АКС 10 АКС
Вес, кг (при равнопрочностной замене)	6 А400С – 0,222 8 А400С – 0,395 10 А400С – 0,617 12 А400С – 0,888	4 АКС – 0,02 6 АКС – 0,05 7 АКС – 0,07 8 АКС – 0,08

ВЫВОДЫ

Перспективы для применения композитного материала очень широки, к сожалению, недостаток производства, незнание являются ключевыми факторами в освоении материала, который уже давно использует весь мир:

1. Композитная арматура имеет ряд преимуществ перед стальной – лёгкость, химическая стойкость, диэлектрик, магнитоинертна, не подвержена коррозии.

2. Недостатком является малая огнестойкость, значительно меньшая прочность при сжатии, невозможность сварки.

3. Эффективность применения такой арматуры требует соответствующего экономического обоснования.

4. Слабо развитое производство такой арматуры не позволяет применять её для промышленного, повсеместного применения.

5. Малое количество испытаний в соответствии Украинским нормам не позволяет с полной уверенностью применять данную арматуру, несмотря на очевидные положительные стороны материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Климов, Ю. А. Современная композитная базальтовая арматура для армирования бетонных конструкций [Текст] / Ю. А. Климов // Технологии бетонов. – 2010. – № 11/12. – С. 56–57.
2. ACI 440.1R-06. Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars [Текст]: Reported by ACI Committee 440. – Supersedes ACI 440.1R-03; became effective February 10, 2006. – [S. l.]: American Concrete Institute, 2006. – 44 p.
3. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення [Текст]. – На заміну СНіП 2.03.01-84* ; чинні від 2011-06-01. – К. : Мінінформбуд, 2011. – 71 с.
4. Климов, Ю. А. Экспериментальные исследования сцепления композитной неметаллической арматуры с бетоном [Электронный ресурс] / А. Ю. Климов, О. С. Солдатченко, Д. А. Орешкин // Композитная арматура. – 2010. – Режим доступа : http://www.frp-rebar.com/frp-rebar_test_adhesion_concrete.html.
5. Сцепление полимер композитной арматуры с цементным бетоном [Текст] / В. Г. Хозин, А. А. Пискунов, А. Р. Гиздатуллин, А. Н. Куклин // Известия КГАСУ. – 2013. – № 1(23). – С. 214–220.
6. Фролов, Н. П. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции [Текст] / Н. П. Фролов. – М. : Стройиздат, 1980. – 104 с.

Получено 21.10.2013

В. В. ТАРАН, О. В. ЯНКОВ
ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОЗИТНОЇ АРМАТУРИ ПРИ
ЗВЕДЕННІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДИНКІВ ТА СПОРУД
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

У статті наведено загальні положення щодо застосування композитних матеріалів, більш детально розглянуто вуглепластикову арматуру та тканину. Наведено загальні вказівки щодо зовнішнього армування будівельних конструкцій. Наведені основні фізичні і механічні властивості композитної арматури. Виконано аналіз сфери застосування та технологічних особливостей монтажу композитної арматури. Розглянуто переваги та недоліки цього матеріалу. Наведено порівняння композитної арматури зі сталевією, а також приклади застосування такої арматури у різних країнах світу. Встановлено, що застосування композитної арматури є економічно ефективним в окремих видах конструкцій.

вуглепластик, монтаж, діелектрик, арматура, підсилення, композитні матеріали, тканина

VALENTINA TARAN, ALEX YANKOV
FEATURES OF APPLICATION OF COMPOSITE REINFORCEMENT IN
CONSTRUCTION OF BUILDING STRUCTURES
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

This article provides an overview of the use of composite materials, more in-depth look carbon trailing fittings and fabric. The general guidance on external reinforcement of building structures have been given. The main physical and mechanical properties of the composite reinforcement have been given. The analysis of the scope and technological peculiarities of composite mounting fittings has been carried out. The positive and negative qualities of the material have been considered. The comparison of composite reinforcement with steel, as well as examples of such fixtures in the different countries of the world has been given. It is established that the application of the composite reinforcement is cost effective in certain types of constructions.

carbon fiber, installation, dielectric, fittings, reinforcement, composite materials, fabric

Таран Валентина Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: підвищення ефективності конструктивно-технологічних рішень при зведенні монолітних каркасних цивільних будівель, шляхом зменшення енергомісткості, трудомісткості, матеріаломісткості і вартості будівельної продукції.

Янков Олексій Валерійович – студент Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: композитні матеріали, легкі сталеві тонкостінні конструкції.

Таран Валентина Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: повышение эффективности конструктивно-технологических решений при возведении монолитных каркасных гражданских зданий, путем снижения энергоемкости, материалоемкости, трудоемкости и стоимости строительной продукции.

Янков Алексей Валерьевич – студент Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: композитные материалы, лёгкие тонкостенные металлические конструкции.

Taran Valentina – PhD (Eng.), assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the effectiveness of the constructive-technological solutions at erection of monolithic wireframe civil buildings, reducing energy consumption, material, labor and cost of construction products.

Yankov Alex – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: fiber-reinforced plastic rebar, FRP, lightweight thin-walled steel structures.