

Бетон с композитной арматурой в коттеджном строительстве

Л.А. Алексеева^{1*} А.В. Игнатович²

^{1,2} Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

Информация о статье УДК 691.87

Аннотация

Одной из проблем коттеджного строительства является выбор вида арматуры, который удовлетворял бы требованиям надёжности и прочности конструкции, а также позволил бы повысить срок службы коттеджа. Для долговечности коттеджа требуется арматура с длительным сроком службы и обладающая коррозионной стойкостью. Этим условиям отвечает появившаяся в семидесятых годах прошлого столетия композитная неметаллическая арматура, поэтому поиск и анализ характеристик существующих видов композитной арматуры, которые могут быть применены в коттеджном строительстве, является важной практической задачей. Целью данной статьи является выявление целесообразности применения композитной арматуры в коттеджном строительстве на основе сравнения трех видов композитной арматуры (стеклопластиковой, углепластиковой и базальтопластиковой) между собой и с их металлическим аналогом. Методом теоретического анализа было установлено, что для получения максимально надёжной конструкции следует армировать бетон комбинированно: и композитной, и металлической арматурой. Было установлено, что применение композитной арматуры в гражданском и коттеджном строительстве повышает коррозионную стойкость сооружения. В работе было изучено влияние таких условий окружающей среды, как ультрафиолетовое излучение солнца и температура воздуха на состояние композитной арматуры. Были приведены перспективы и рекомендации по дальнейшему развитию применения композитной арматуры в коттеджном строительстве.

Ключевые слова: композитная арматура; проблемы коррозии; волокнистонаполненные полимерные композиты; коррозионная стойкость; строительные материалы; проектирование строительных конструкций; гражданское строительство; здания и сооружения

Содержание

1.	Введение	17
2.	Обзор литературы	17
3.	Цель исследования	18
4.	Виды, определения и назначение композитной неметаллической арматуры	18
5.	Сравнение композитной и неметаллической арматуры	19
6.	Воздействие условий окружающей среды на композитную арматуру	20
7.	Целесообразность применения композитной арматуры в коттеджном строительстве	20
8.	Зарубежный опыт применения композитной арматуры	21
9.	«Камни преткновения» перед применением композитной арматуры в России	21
10.	Перспективы развития применения композитной арматуры в коттеджном строительстве	21
11.	Рекомендации по применению композитной неметаллической арматуры в коттеджном строительстве	22
12.	Заключение	22

Контактный автор:

- 1*. +7(921)4456065, foxyan@yandex.ru (Алексеева Людмила Александровна, студент)
2. +7(950)0161496, alenaignatovich239@gmail.com (Игнатович Алена Владимировна, студент)

1. Введение

С каждым годом на строительном рынке появляется все большее количество строительных материалов. Но часто между переходом от предшествующих поколений материалов к новым, проходит большое количество времени, которое необходимо для детального рассмотрения и сравнения характеристик материалов, а также доказательства целесообразности перехода от одного материала к другому. Проблема перехода от металлической арматуры к композитной в коттеджном строительстве является весьма актуальной для современной России. Изучение и анализ характеристик существующих видов композитной арматуры является важным шагом для рационального подхода к использованию неметаллической арматуры в коттеджном строительстве в будущем.

Композитная арматура в сравнении со своим металлическим аналогом обладает рядом преимуществ, которые могут быть рационально использованы при строительстве коттеджей. Но при этом существует ряд характеристик, в которых композитная арматура все же уступает металлической. Например, композитная арматура далеко не так пластична, как металлическая. Этот факт накладывает свои ограничения на применение композитной арматуры при армировании фундаментов, в связи с тем, что фундамент будет претерпевать перегрузку, что может повлечь за собой появление трещин. Также стеклопластиковая арматура (один из видов композитной арматуры) не выдерживает значительных перепадов температуры. Подобные недостатки часто отталкивают строителей от использования композитной арматуры. Но, тем не менее, у композитной арматуры, как было отмечено ранее, существует значительное количество преимуществ, а именно: коррозионная стойкость, долговечность, экологичность, транспортабельность (бухтами), легкость. Эти преимущества целесообразно использовать при строительстве коттеджей, но для этого необходимо понять, как применять композитную арматуру таким образом, чтобы извлечь максимум ее положительных свойств.

Эта проблема требует поиска новых решений, оптимальных для коттеджного строительства. Одним из возможных вариантов решения проблемы рационального применения композитной арматуры является комбинирование композитной и металлической арматуры при армировании наружных стен коттеджей. Данный способ решения проблемы позволяет извлечь преимущества от использования каждого из видов арматуры. Другой способ заключается в том, чтобы использовать композитную неметаллическую арматуру в качестве гибких связей для наружных многослойных стен коттеджей. Если мы рассмотрим зарубежный опыт использования композитной арматуры, то убедимся в том, что существует множество возможных практических решений по применению композитной арматуры как в коттеджном строительстве, так и в других направлениях строительства. Таким образом, изучение и поиск путей решения проблемы перехода от металлической к композитной арматуре не ограничивается только вышеперечисленным, данная проблема еще не изучена досконально и требует дальнейшего рассмотрения и изучения.

2. Обзор литературы

Большой вклад в изучение композитной арматуры и бетона внесли следующие российские и зарубежные исследователи: Староверов В. Д., Бароев Р. В., Цурупа А. А., Кришталевиц А. К., Степанов А. Ю., Римшин В. И., Меркулов С. И., Польской П. П., Мерват Х., Михуб А., Уманский А. М., Беккер А. Т., Устинов В. П., Устинов Б. В., Птухина И. С., Туркебаев А. Б., Тлеуханов Д. С., Бижанов Н. Ж., Далабаева А. Е., Далабаев А. С., Семёнов В. В., Буторов И. А., Дронов А. В., Дрокин С. В., Фролов Н. В., Моргун Л. В., Виснап А. В., Sawran M. A., Avdeeva A., Shlykova I., Antonova M., Varabanschikov Y., Belyaeva S.

Результаты исследований напряженно-деформированного состояния бетонной балки, армированной композитной арматурой, приведены в работах [1,2,28,29].

Польской П. П., Мерват Х., Михуб А. в своей статье исследовали прочность нормальных сечений железобетонных балок, армированных стеклопластиковой арматурой. По итогам исследования было выяснено, что деформации в таких балках выше, чем в армированных металлической арматурой, а прочность таких балок ниже [1].

Семёнов В. В. и Буторов И. А. в своей работе изучали напряженно-деформированное состояние балки, усиленной стеклопластиковой арматурой. По результатам были проанализированы сферы применения стеклопластиковой арматуры в современном строительстве. Среди достоинств стеклопластиковой арматуры были выявлены химическая стойкость и малый вес, среди недостатков - высокая деформативность в сравнении со стальной арматурой [2].

В работах рассмотрены перспективы и целесообразность дальнейшего использования композитной арматуры для армирования бетона в строительной отрасли [3-7,13,15,21,27,30].

В своей статье Уманский А. М. и Беккер А. Т. оценили, какие аспекты вызывают наибольшие затруднения в применении композитных армирующих материалов. По результатам был предложен комплекс мероприятий, которые в будущем могут увеличить область практического использования композит-бетонных конструкций в строительстве [3].

В своей работе Птухина И. С., Туркебаев А. Б., Тлеуханов Д. С., Бижанов Н. Ж., Далабаева А. Е., Далабаев А. С. проанализировали актуальность замены металлической арматуры на композитную. По итогам исследования были разработаны мероприятия по замене металлической арматуры её композитным аналогом. Была выявлена целесообразность перехода от металлической арматуры к композитной в связи с лучшей транспортабельностью, меньшим весом и, как следствие, меньшей стоимостью [4].

В работе Римшина В. И. и Меркулова С. И. рассмотрена проблема повышения долговечности железобетонных конструкций с помощью композитной арматуры. По результатам статьи выдвинуты направления разработки теории расчета конструкций с композитной арматурой [5].

В работах Моргун Л. В. и Виснап А. В. рассматривается целесообразность армирования фибропенобетона композитной арматурой. По итогам исследования было установлено, что при подобном армировании повышается прочность сцепления бетона с арматурой [6,7].

Глубокое и всестороннее рассмотрение свойств композитной неметаллической арматуры при работе с бетоном представлено в работах [8-10,14,16-20,22,23].

В статье Староверова В. Д., Бароева Р. В., Цурупа А. А., Кришталевица А. К. дана комплексная оценка существующим видам полимеркомпозитной арматуры. По результатам были предложены рекомендации по применению полимеркомпозитной арматуры [8].

Устинов В. П. и Устинов Б. В. в своей статье изучают физико-механические характеристики стеклопластиковой арматуры. По результатам были предложены рекомендации для проектирования конструкций с использованием стеклопластиковой арматуры [9].

Дронов А. В., Дрокин С. В., Фролов Н. В. в своей работе изучают сцепление стеклопластиковой арматуры с бетоном. По итогам работы было проведено сравнение различных видов арматуры по их сцеплению с бетоном. По результатам было предложено изменить технологию производства стеклопластиковой арматуры [10].

Существует ряд работ, в которых рассматриваются свойства одного из самых распространенных видов композитной неметаллической арматуры - стеклопластиковой арматуры (АСП) [11,12,24-26,31,32].

Сауран М. А. в своей статье исследовал реакцию стеклопластиковой арматуры на нахождение в щелочной среде и на изменение температуры окружающей среды. По результатам было выяснено, что стеклопластиковая арматура не теряет своих свойств при низких температурах [11].

В своей статье Avdeeva A., Shlykova I., Antonova M., Varabanschikov Y., Belyaeva S. проводили сравнение бетона, усиленного стеклопластиковой арматурой, и бетона без усиления. По результатам было выявлено, что прочность первого образца в два раза выше. Также было выяснено, что прочность бетона на изгиб возрастает на 40% [32].

Однако, несмотря на большой объем исследований, посвященных данной теме, до настоящего времени не было полноценно изучено армирование бетона композитной арматурой в коттеджном строительстве.

3. Цель исследования

Целью исследования является рассмотрение характеристик различных видов композитной арматуры, выявление преимуществ и недостатков этих видов композитной арматуры друг перед другом, а также в сравнении с металлической арматурой, и выявление целесообразности применения композитной арматуры в коттеджном строительстве.

4. Виды, определения и назначение композитной неметаллической арматуры

Композитная арматура — это неметаллические стержни, которые выполнены из стеклянных, базальтовых или углеродных волокон. Волокна пропитаны термопластичным или термореактивным полимерным связующим и отверждены. На сегодняшний день вопрос о целесообразности применения композитной неметаллической арматуры в коттеджном строительстве остаётся открытым.

В соответствии с существующими видами композитной неметаллической арматуры их можно классифицировать следующим образом:

- Стеклопластиковая арматура (АСП);
- Базальтопластиковая арматура (АБП);
- Углепластиковая арматура (АУП) [13].

Из трёх вышеперечисленных видов композитной неметаллической арматуры самой широко используемой является стеклопластиковая арматура.

К основным преимуществам стеклопластиковой арматуры относятся:

1. Малый вес, обуславливающий высокую транспортабельность данного строительного материала.

2. Высокая коррозионная и химическая стойкость, что делает возможным применение данного вида арматуры в агрессивных средах.
3. Возможность использования данного вида арматуры для зданий и сооружений, возводимых в районах с сейсмичностью 7-10 баллов, в виду отсутствия повреждений стеклопластиковой арматуры в этих условиях [14].

У стеклопластиковой арматуры, как и у любого другого материала, помимо достоинств, существуют свои недостатки. Основные недостатки АСП следующие:

1. Низкий модуль упругости. Этот параметр усложняет применение стеклопластиковой арматуры для армирования перекрытий, так как в этом случае необходимы дополнительные расчеты [15].
2. Данный вид арматуры не выдерживает сильных температурных перепадов, поэтому использование стеклопластиковой арматуры возможно лишь в районах, где температура окружающей среды остается относительно стабильной [16].

Основным преимуществом другого вида композитной неметаллической арматуры, а именно углепластиковой, является высокая прочность. Среди АСП и АБП она обладает наибольшей прочностью. Но из этого преимущества прямо вытекает и главный недостаток АУП, а именно: её высокая, по сравнению с другими видами, стоимость.

Одним из главных преимуществ базальтопластиковой арматуры является её высокая коррозионная стойкость к агрессивным средам, в частности, к цементно-песчаному раствору. Это свойство базальтопластиковой арматуры обуславливает возможность её применения в таких строительных работах, как закладка фундамента и кладка кирпичных стен.

Также стоит отметить преимущества, присущие всем вышеперечисленным видам композитной неметаллической арматуры:

- Экологичность материала;
- Долговечность (срок службы составляет около 80 лет);
- Коррозионная устойчивость;
- Энергоэффективность.

При этом необходимо обратить внимание на недостатки композитной арматуры:

- Отсутствие пластичности;
- Низкая теплостойкость (арматура теряет свои несущие свойства при достижении температуры 160°C).
- Недостаточное сцепление с бетоном.

5. Сравнение композитной и неметаллической арматуры

Стоит подробнее рассмотреть вопрос о преимуществах и недостатках композитной арматуры в сравнении с металлической арматурой, так как именно анализ данного сравнения позволит выяснить, возможно и целесообразно ли заменять металлическую арматуру на композитную в коттеджном строительстве, а также, для каких элементов коттеджа лучше использовать композитную арматуру, а для каких следует применять металлическую арматуру.

В таблице №1 приведена сравнительная характеристика металлической и композитной (на примере базальтопластиковой) арматуры.

Таблица №1. Сравнительная характеристика металлической и композитной арматуры.

Параметр	Металлическая арматура	Композитная арматура (АБП)
Материал	Сталь	Базальтовые волокна, связанные полимером
Модуль упругости, ГПа	200	45
Теплопроводность	Высокая	Низкая
Электропроводность	Проводит электричество	Не проводит электричество
Коррозионная стойкость	Подвержена коррозии	Устойчива к коррозии
Срок службы	Согласно строительным нормам	Минимум 80 лет
Экологичность	Экологична	Экологична
Пластичность	Пластична	Непластична
Негативное влияние на человека	Нет	Пыль из волоконных игл может нанести повреждения глазам и дыхательным путям человека. Относится к 4 классу опасности.
Теплостойкость, °С	400	150

Таким образом, исходя из данных, приведённых в таблице №1, можно заключить, что композитная арматура обладает рядом преимуществ и недостатков по сравнению с металлической арматурой.

Преимущества композитной арматуры перед металлической:

- Более долгий срок службы;
- Устойчивость к коррозии;
- Низкая тепло- и электропроводность;
- Высокая транспортабельность, обусловленная меньшим удельным весом и возможность транспортировки смотанной в бухты.

Недостатки композитной арматуры перед металлической:

- Отсутствие пластичности;
- Вредность для человека, работающего с композитной арматурой (4 класс опасности);
- Низкая теплостойкость.
- Недостаточное сцепление с бетоном.

Композитная арматура обладает низкой теплостойкостью, так как полимерная матрица не выдерживает температуры выше 150 °С. При превышении критической температуры полимерная матрица начинает разрушаться.

Также, необходимо отметить, что немаловажным преимуществом композитной арматуры является её экологичность, она не наносит вреда состоянию атмосферы, не является токсичной. При этом, несмотря на «дружелюбность» такого вида арматуры по отношению к окружающей среде, существуют интересные решения по применению композитной арматуры повторно, например, применение уже использованной ранее и переработанной композитной арматуры в качестве крупного заполнителя бетонной смеси [17].

В сравнении с металлической арматурой при горизонтальном армировании потери прочности на сцепление с бетоном у композитной арматуры меньше [18]. Низкая теплостойкость композитной арматуры накладывает ряд ограничений на её применение, но, тем не менее, предложены и разрабатываются новые варианты огнезащиты данного вида арматуры [19].

6. Воздействие условий окружающей среды на композитную арматуру

Отдельное внимание необходимо уделить рассмотрению вопроса о влиянии условий окружающей среды на состояние композитной арматуры. Следует выделить основные экологические факторы, оказывающие негативное воздействие на состояние композитной арматуры и приводящие к разрушению материала:

- Воздействие ультрафиолетового излучения;
- Резкие перепады температур.

Эти факторы необходимо учитывать при строительстве коттеджа с использованием композитной арматуры, так как, в противном случае, в будущем возможно появление дефектов в конструкции. Более того, реальный срок службы здания станет меньше ожидаемого.

7. Целесообразность применения композитной арматуры в коттеджном строительстве

В настоящее время в коттеджном строительстве в России в основном используют традиционное армирование фундамента и стен металлической арматурой. Но у композитной арматуры есть ряд преимуществ, которые позволяют совершить переход от традиционного способа армирования к новому.

Рассмотрим основные возможные варианты применения композитной неметаллической арматуры в коттеджном строительстве:

3. Композитная неметаллическая арматура может применяться в наружных многослойных стенах здания в качестве гибких связей. Стеклопластиковая арматура не уступает металлической по характеристикам прочности и жесткости, необходимым гибким связям [20].
4. Если местоположение коттеджа находится в районе с влажным климатом, целесообразно применять композитную неметаллическую арматуру вместо металлической для армирования фундамента, в виду высокой коррозионной стойкости первой. Эта мера обеспечит большую долговечность коттеджа.
5. Также композитная арматура применяется усиления конструкции коттеджа после ремонта. Благодаря её высокой коррозионной стойкости, быстрому затвердеванию полимерного связующего и долговечности ремонтируемые несущие элементы строения могут быть восстановлены и усилены [13].
6. Часто более рациональным подходом является не применение какого-либо одного вида арматуры в строительстве коттеджей, а комбинирование композитной и металлической

арматуры. Например, при кладке газобетонных стен применяется АСП диаметром от 6 мм, а углы здания армируются металлической арматурой. В связи с этим, получается, что в сооружении задействованы преимущества и одного, и другого вида арматуры.

8. Зарубежный опыт применения композитной арматуры

Композитная неметаллическая арматура активно используется за рубежом в таких странах, как США, Германия, Великобритания. Стоит рассмотреть подробнее варианты использования этого материала в других странах для оценки перспектив развития применения композитной арматуры в России в будущем.

За границей широко применяется метод усиления железобетонных конструкций с помощью добавления пластин из углепластиковой арматуры. Примерами исполнения этого метода являются:

- балконные плиты жилого дома в немецком городе Хемнитц;
- консольные балконные плиты в итальянском городе Лоано-Генова;
- ступени железобетонной лестницы в школе Ярборо в британском городе Линкольн [21].

Также необходимо отметить то, что композитная арматура нашла свое применение за границей, а именно в США, не только в конструкции балконов, но и в медицинских сооружениях. В данном случае металлическую арматуру невозможно было использовать в виду того, что поля, которые создает металл, оказывают влияние на аппараты МРТ. Таким образом, композитная неметаллическая арматура была использована в здании клиники Майо в городе Рочестер и в здании Национального института здравоохранения в городе Бетесда.

Более того, за границей на сегодняшний день активно экспериментально исследуется прочность на сцепление композитной арматуры с бетоном [22-24]. Также большое внимание уделяется исследованию сопротивления сдвигу при армировании бетона композитной арматурой [25,26].

Из вышеперечисленного можно сделать вывод, что за рубежом применение композитной арматуры является более частым, чем в России. Следует более детально изучить, почему в России композитная арматура еще не обрела такой популярности, а также каковы перспективы развития применения этого материала в России в коттеджном строительстве.

9. «Камни преткновения» перед применением композитной арматуры в России

- На протяжении многих лет в России не существовало никаких нормативных документов, которые бы позволяли проектировать здания на основе стеклопластиковой и других видов композитной арматуры, что стало одной из причин отставания от таких стран, как Китай и США, в применении данного вида арматуры в строительстве [27]. Таких документов не было вплоть до 2014 года.
- Отсутствие программных комплексов, функцией которых является проектирование конструкций на основе композитной арматуры. Более того, нет точных математических моделей для создания подобных конструкций.
- Недоверие со стороны большинства представителей строительной отрасли к композитной арматуре.

10. Перспективы развития применения композитной арматуры в коттеджном строительстве

Композитная арматура обладает как преимуществами, так и недостатками относительно металлической арматуры. В ближайшем будущем полимерная композитная арматура не сможет заменить металлическую арматуру в коттеджном строительстве, так как такие её свойства, как низкая теплостойкость и недостаточная пластичность накладывают ряд ограничений на её применение.

Но при этом в некоторых элементах коттеджного здания использование композитной арматуры является наиболее рациональным и целесообразным.

Во-первых, так как коттеджи строятся за городом, возникает вопрос о транспортировке. Композитная арматура, как было отмечено ранее, значительно легче металлической, соответственно, транспортировать её гораздо удобнее, особенно если она смотана в бухты.

Во-вторых, если рассматривать районы с влажным климатом, то большую роль при закладывании фундамента коттеджа будет играть коррозионная стойкость арматуры. Композитная арматура обладает высокой коррозионной стойкостью, в отличие от металлической. Соответственно, при постройке коттеджа в районе с влажным климатом лучше использовать композитную арматуру для повышения долговечности сооружения.

Таким образом, можно прийти к выводу, что композитная арматура более желательна для применения в строительстве коттеджа, чем металлическая, в условиях влажного климата. Но при этом

данный строительный материал не всегда может быть применен в районах с большими перепадами температур. Исходя из анализа вышеперечисленного, можно сделать вывод, что у композитной арматуры определённно есть будущее в коттеджном строительстве.

11. Рекомендации по применению композитной неметаллической арматуры в коттеджном строительстве

Согласно в информации, можно выдвинуть ряд рекомендаций по применению композитной неметаллической арматуры в коттеджном строительстве:

1. Для оптимизации и для наиболее выгодного применения композитной арматуры в коттеджном строительстве следует армировать бетон комбинированно: и композитной, и металлической арматурой, для того чтобы максимально использовать преимущества каждого из видов арматуры. При кладке газобетонных стен можно использовать композитную арматуру (например, стеклопластиковую), а в углах проводить армирование стоит с помощью металлической арматуры. Это позволит получить максимально надежную конструкцию. В будущем комбинирование композитной и металлической арматуры способно значительно развить отрасль коттеджного строительства и помочь найти решение для многих вопросов коттеджного строительства, связанных с армированием бетона.
2. В районах с влажным климатом следует применять композитную неметаллическую арматуру для повышения долговечности сооружения.
3. Следует уделить внимание зарубежному опыту применения композитной арматуры в гражданском строительстве для развития этого направления в России.
4. Следует применять композитную арматуру в многослойных наружных стенах коттеджей в качестве гибких связей.
5. Не следует применять стеклопластиковую арматуру при строительстве коттеджей в районах с большими перепадами температуры окружающей среды.
6. Необходимо учитывать «слабые» стороны композитной арматуры (разрушение полимерной матрицы под длительным воздействием ультрафиолета, невозможность применения в районах с большими перепадами температуры) при использовании данного материала в конструкции коттеджа.
7. Следует обратить внимание на зарубежный опыт применения композитной арматуры в строительстве.

12. Заключение

С целью выявления целесообразности применения композитной арматуры в коттеджном строительстве был проведен анализ русскоязычных и англоязычных научных публикаций.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы о рациональности использования композитной неметаллической арматуры в сфере коттеджного строительства:

1. Выяснено, что комбинированное армирование бетонных конструкций, то есть применение и композитной, и металлической арматуры, при строительстве коттеджей позволяет выгодно использовать преимущества и первого, и второго видов арматуры, а именно: композитная арматура обеспечивает коррозионную стойкость конструкции в то время, как металлическая арматура придает конструкции прочность.
2. Определено, что стеклопластиковую арматуру не следует применять в условиях резких перепадов температур в связи с тем, что данный вид арматуры не выдерживает таких условий.
3. Выяснено, что при использовании композитной арматуры в строительстве необходимо учитывать «слабые» стороны данного материала (разрушение полимерной матрицы под длительным воздействием ультрафиолета, невозможность применения в районах с большими перепадами температуры) во избежание снижения срока службы здания.
4. Установлено, что транспортабельность композитной арматуры в виду её малого удельного веса, а также коррозионная стойкость композитной арматуры делают данный материал пригодным для применения в сфере коттеджного строительства.
5. Выяснено, что целесообразно применять композитную арматуру в качестве гибких связей в многослойных наружных стенах коттеджей в связи с её характеристиками прочности и жесткости.

Таким образом, композитная арматура благодаря своим характеристикам является материалом, который целесообразно применять в коттеджном строительстве. Но, несмотря на преимущества композитной арматуры, до сих пор не существует точных математических моделей для создания конструкций на основе композитной арматуры, поэтому последующее изучение и развитие данной области является необходимым и востребованным.

Благодарности

Авторы выражают признательность и благодарность Инженерно-строительному институту Санкт-Петербургского политехнического университета и руководителю отдела корпоративных продаж ООО «СК» Алексею Сергеевичу Козютенко за оказанную помощь при проведении данного исследования и при написании настоящей статьи.

Литература

- [1]. Польской П. П., Мерват Х., Михуб А. О влиянии стеклопластиковой арматуры на прочность нормальных сечений изгибаемых элементов из тяжелого бетона // Инженерный вестник Дона. 2012. №4-2(23). С. 159.
- [2]. Семёнов В. В., Буторов И. А. Напряженно-деформированное состояние бетонной балки, армированной стеклопластиковой арматурой // Молодежный вестник ИрГТУ. 2015. №4. С. 8.
- [3]. Уманский А. М., Беккер А. Т. Перспективы применения композитной арматуры // Вестник инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2012. №2(11). С. 7-13.
- [4]. Птухина И. С., Туркебаев А. Б., Тлеуханов Д. С., Бижанов Н. Ж., Далабаева А. Е., Далабаев А. С. Эффективность использования инновационных композитных материалов в строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. №9(24). С. 84-96.
- [5]. Римшин В. И., Меркулов С. И. Элементы теории развития бетонных конструкций с неметаллической композитной арматурой // Промышленное и гражданское строительство. 2015. №5. С. 38-42.
- [6]. Моргун Л. В., Виснап А. В. О возможности применения стеклопластиковой арматуры в фибропенобетоне // Известия Ростовского государственного строительного университета. 2014. №18(18). С. 38-42.
- [7]. Моргун Л. В., Виснап А. В. О конструкционных возможностях фибропенобетона при армировании его стеклопластиковой арматурой // Научное обозрение. 2014. №11-2. С. 396-399.
- [8]. Староверов В. Д., Бароев Р. В., Цурупа А. А., Кришталевиц А. К. Композитная арматура: проблемы применения // Вестник гражданских инженеров. 2015. №3(50). С. 171-178.
- [9]. Устинов В. П., Устинов Б. В. Исследование физико-механических характеристик композитных полимерных материалов (КПМ) // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2009. С. 118-125.
- [10]. Дронов А. В., Дрокин С. В., Фролов Н. В. Экспериментальное исследование сцепления стеклопластиковой арматуры с

References

- [1]. Polskoy P. P., Mervat Kh., Mikhub A. O vliyaniy stekloplastikovoy armatury na prochnost normalnykh secheniy izgibaemykh elementov iz tyazhelogo betona [About the influence of the glass fiber reinforced plastic rebar on the strength of the normal sections of bending elements made of heavy concrete]. Inzhenernyy vestnik Dona. 2012. No. 4-2(23). Pp. 159. (rus)
- [2]. Semenov V. V., Butorov I. A. Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie betonnoy balki, armirovannoy stekloplastikovoy armaturoy [The stress-strain state of concrete beams reinforced with glass fiber reinforced rebar]. Molodezhnyy vestnik IrGTU. 2015. No. 4. Pp. 8. (rus)
- [3]. Umanskiy A. M., Bekker A. T. Perspektivy primeneniya kompozitnoy armatury [Prospects of application of fiber reinforced rebar]. Vestnik inzhenernoy shkoly Dalnevostochnogo federalnogo universiteta. 2012. No. 2(11). Pp. 7-13. (rus)
- [4]. Ptukhina I. S., Turkebaev A. B., Tleukhanov D. S., Bizhanov N. Zh., Dalabaeva A. E., Dalabaev A. S. Effektivnost ispolzovaniya innovatsionnykh kompozitnykh materialov v stroitelstve [The effectiveness of the use of innovative composite materials in construction]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2014. No. 9(24). Pp. 84-96. (rus)
- [5]. Rimshin V. I., Merkulov S. I. Elementy teorii razvitiya betonnykh konstruksiy s nemetallicheskoj kompozitnoy armaturoy [Elements of the theory of development of concrete structures with nonmetallic composite reinforcement]. Industrial and civil engineering. 2015. No. 5. Pp. 38-42. (rus)
- [6]. Morgun L. V., Visnap A. V. O vozmozhnosti primeneniya stekloplastikovoy armatury v fibropenobetone [About the possibility of applying the glass fiber reinforced rebar in the fibre-foam concrete]. Izvestiya Rostovskogo gosudarstvennogo stroitel'nogo universiteta. 2014. №18(18). Pp. 38-42. (rus)
- [7]. Morgun L. V., Visnap A. V. O konstruksionnykh vozmozhnostyakh fibropenobetona pri armirovanii ego stekloplastikovoy armaturoy [About the structural possibilities of fibre-foam concrete reinforced with glass fiber reinforced rebar]. Nauchnoe obozrenie. 2014. No. 11-2. Pp. 396-399. (rus)
- [8]. Staroverov V. D., Baroev R. V., Tsurupa A. A., Krishtalevich A. K. Kompozitnaya armatura: problemy primeneniya [Fiber reinforced plastic: problems of application]. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2015. No. 3(50). Pp. 171-178. (rus)
- [9]. Ustinov V. P., Ustinov B. V. Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh kharakteristik kompozitnykh polimernykh materialov (KPM) [The study of physical and mechanical characteristics of composite polymer materials (CPM)]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo. 2009. Pp. 118-125. (rus)
- [10]. Dronov A. V., Drokin S. V., Frolov N. V. Eksperimentalnoe issledovanie stsepleniya

- бетоном // Промышленное и гражданское строительство. 2016. №11. С. 80-83.
- [11]. Sawpan M. A. Effects of Alkaline Conditioning and Temperature on the Properties of Glass Fiber Polymer Composite Rebar. *Polymer Composites*. 2016. Vol. 37. No. 11. Pp. 3181-3190.
- [12]. Liu J., Wang F., Zhou H., Wang E., Cao P. Study on shear strength of glass fiber-reinforced polymer (GFRP) rebar concrete piles with circular cross-sections. *China Civil Engineering Journal*. 2016. Vol. 49. No. 9. Pp. 103-109.
- [13]. Окольникова Г. Э., Герасимов С. В. Перспективы использования композитной арматуры в строительстве // Экология и строительство. 2015. №3. С. 14-21.
- [14]. Степанов А. Ю. Арматура композитная полимерная и сейсмостойкость сооружений // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. №3(182). С. 12-13.
- [15]. Солдатов А. А., Акобян Г. В., Бедник В. С., Кушчетеров Р. Р. Проблемы использования стеклопластиковой арматуры в строительстве // Современные научные исследования и инновации. 2016. №10(66). С. 45-46.
- [16]. Кустикова Ю. О. Состояние вопроса по применению неметаллической арматуры в бетоне // Естественные и технические науки. 2015. №11. С. 554-556.
- [17]. Yazdanbakhsh A., Bank L.C., Chen C. Use of recycled FRP reinforcing bar in concrete as coarse aggregate and its impact on the mechanical properties of concrete. *Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 121. Pp. 278-284.
- [18]. Park J. S., Lim A. R., Kim J., Lee J. Y. Bond performance of fiber reinforced polymer rebars in different casting positions. *Polymer Composites*. 2016. Vol. 37. No. 7. Pp. 2098-2108.
- [19]. Gao W. Y., Dai J. G., Teng J. G. Fire resistance design of un-protected FRP-strengthened RC beams. *Materials and structures*. 2016. Vol. 49. No. 12. Pp. 5357-5371.
- [20]. Грановский А. В., Хактаев С. С. Применение стеклопластиковой арматуры в качестве гибких связей в трехслойных стеновых панелях // Промышленное и гражданское строительство. 2013. №10. С. 84-87.
- [21]. Гиль А. И., Бадалова Е. Н., Лазовский Е. Д. Стеклопластиковая и углепластиковая арматура в строительстве: преимущества, недостатки, перспективы применения // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F: Строительство. Прикладные науки. 2015. №16. С. 48-53.
- [22]. Wang H. L., Sun X. Y., Peng G. Y., Luo Y. J., Ying Q. M. Experimental study on bond
- stekloplastikovoy armatury s betonom [Experimental investigation on the adhesion of the fiber reinforced plastic rebar with concrete]. *Industrial and civil engineering*. 2016. No. 11. Pp. 80-83. (rus)
- [11]. Sawpan M. A. Effects of Alkaline Conditioning and Temperature on the Properties of Glass Fiber Polymer Composite Rebar. *Polymer Composites*. 2016. Vol. 37. No. 11. Pp. 3181-3190.
- [12]. Liu J., Wang F., Zhou H., Wang E., Cao P. Study on shear strength of glass fiber-reinforced polymer (GFRP) rebar concrete piles with circular cross-sections. *China Civil Engineering Journal*. 2016. Vol. 49. No. 9. Pp. 103-109.
- [13]. Okolnikova G. E., Gerasimov S. V. Perspektivy ispolzovaniya kompozitnoy armatury v stroitelstve [Prospects of use of fiber reinforced plastic rebar in engineering]. *Ekologiya i stroitelstvo*. 2015. No. 3. Pp. 14-21. (rus)
- [14]. Stepanov A. Yu. Armatura kompozitnaya polimernaya i seysmostoykost sooruzheniy [Fiber reinforced plastic and the seismic resistance of structures]. *Stroitelnye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka*. 2014. No. 3(182). Pp. 12-13. (rus)
- [15]. Soldatov A. A., Akobyan G. V., Bednik V. S., Kushcheterov R. R. Problemy ispolzovaniya stekloplastikovoy armatury v stroitelstve [Problems of the usage of fiberglass rebar in the construction]. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii*. 2016. No. 10(66). Pp. 45-46. (rus)
- [16]. Kustikova Yu. O. Sostoyanie voprosa po primeneniyu nemetallicheskoj armatury v betone [The state of the question on the application of fiber reinforced plastic rebar in concrete]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2015. No. 11. Pp. 554-556. (rus)
- [17]. Yazdanbakhsh A., Bank L.C., Chen C. Use of recycled FRP reinforcing bar in concrete as coarse aggregate and its impact on the mechanical properties of concrete. *Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 121. Pp. 278-284.
- [18]. Park J. S., Lim A. R., Kim J., Lee J. Y. Bond performance of fiber reinforced polymer rebars in different casting positions. *Polymer Composites*. 2016. Vol. 37. No. 7. Pp. 2098-2108.
- [19]. Gao W. Y., Dai J. G., Teng J. G. Fire resistance design of un-protected FRP-strengthened RC beams. *Materials and structures*. 2016. Vol. 49. No. 12. Pp. 5357-5371.
- [20]. Granovskiy A. V., Khaktaev S. S. Primenenie stekloplastikovoy armatury v kachestve gibkikh svyazey v trekhslonnykh stenovykh panyakh [The use of glass fiber reinforced plastic rebar as flexible connections in three-layer wall panels]. *Industrial and civil engineering*. 2013. No. 10. Pp. 84-87. (rus)
- [21]. Gil A. I., Badalova E. N., Lazovskiy E. D. Stekloplastikovaya i ugleplastikovaya armatura v stroitelstve: preimushchestva, nedostatki, perspektivy primeneniya [Glass and carbon fibre-reinforced plastic rebar in construction: advantages, disadvantages, prospects]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F: Stroitelstvo. Prikladnye nauki*. 2015. No. 16. Pp. 48-53. (rus)
- [22]. Wang H. L., Sun X. Y., Peng G. Y., Luo Y. J., Ying Q. M. Experimental study on bond behaviour between BFRP bar and engineered cementitious composite. *Construction and building materials*. 2015. Vol. 95. Pp. 448-456.
- [23]. Pour S.M., Alam M.S., Milani A.S. Improved bond equations for fiber-reinforced polymer bars in concrete. *Materials*. 2016. Vol. 9. No. 9. Pp. 737-745.

- behaviour between BFRP bar and engineered cementitious composite. Construction and building materials. 2015. Vol. 95. Pp. 448-456.
- [23]. Pour S.M., Alam M.S., Milani A.S. Improved bond equations for fiber-reinforced polymer bars in concrete. Materials. 2016. Vol. 9. No. 9. Pp. 737-745.
- [24]. Arias J. P. M., Escobar M. M., Vazquez A. Ribbed glass fiber reinforced plastic rebar embedded in concrete - an experimental study. Journal of composite materials. 2013. Vol. 47. No. 17. Pp. 2125-2132.
- [25]. Soltanzadeh F., Edalat-Behbahani A., Barros J. A. O., Mazaheripour H. Effect of fiber dosage and prestress level on shear behavior of hybrid GFRP-steel reinforced concrete I-shape beams without stirrups. Composites part B-engineering. 2016. Vol. 102. Pp. 57-77.
- [26]. Vora T.P., Shah B.J. Experimental investigation on shear capacity of RC beams with GFRP rebar & stirrups. Steel and Composite Structures. 2016. Vol. 21. No. 6. Pp. 1265-1285.
- [27]. Власенко Ф. С., Раскутин А. Е. Применение полимерных композиционных материалов в строительных конструкциях // Труды ВИАМ. 2013. №8. С. 3.
- [28]. Польской П. П., Мерват Х., Михуб А. К вопросу о деформативности балок из тяжелого бетона, армированных стеклопластиковой и комбинированной арматурой // Инженерный вестник Дона. 2012. №4-2(23). С. 163.
- [29]. Набоков В. Ф. Исследование напряженно-деформированного состояния стеклопластоплимербетона при кратковременном нагружении // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2010. №3. С. 73-80.
- [30]. Лапшинов А. Е. Исследование работы СПА и БПА на сжатие // Вестник МГСУ. 2014. №1. С. 52-57.
- [31]. Барабанщиков Ю.Г., Беляева С.В. Стеклопластиковая арматура для гидротехнического строительства // Труды Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. 2007. №502. С. 202-210.
- [32]. Avdeeva A., Shlykova I., Antonova M., Barabanshchikov Y., Belyaeva S. Reinforcement of concrete structures by fiberglass rods. Matec web of conferences. 2016. Vol. 53. No. 01006. Pp. 2-5.
- [24]. Arias J. P. M., Escobar M. M., Vazquez A. Ribbed glass fiber reinforced plastic rebar embedded in concrete - an experimental study. Journal of composite materials. 2013. Vol. 47. No. 17. Pp. 2125-2132.
- [25]. Soltanzadeh F., Edalat-Behbahani A., Barros J. A. O., Mazaheripour H. Effect of fiber dosage and prestress level on shear behavior of hybrid GFRP-steel reinforced concrete I-shape beams without stirrups. Composites part B-engineering. 2016. Vol. 102. Pp. 57-77.
- [26]. Vora T.P., Shah B.J. Experimental investigation on shear capacity of RC beams with GFRP rebar & stirrups. Steel and Composite Structures. 2016. Vol. 21. No. 6. Pp. 1265-1285.
- [27]. Vlasenko F. S., Raskutin A. E. Primenenie polimernykh kompozitsionnykh materialov v stroitelnykh konstruktsiyakh [The use of polymer composite materials in building constructions]. Trudy VIAM. 2013. No. 8. Pp. 3. (rus)
- [28]. Polskoy P. P., Mervat Kh., Mikhub A. K voprosu o deformativnosti balok iz tyazhelogo betona, armirovannykh stekloplastikovoy i kombinirovannoy armaturoy [To the question of deformability of beams made of heavy concrete, reinforced with glass fiber reinforced and combined rebar]. Inzhenernyy vestnik Dona. 2012. No. 4-2(23). Pp. 163. (rus)
- [29]. Nabokov V. F. Issledovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya stekloplastopolimerbetona pri kratkovremennom zagruzhении [Investigation of the stress-strain state of fiberglass polymer concrete at short-term load case]. Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitelstvo i arkhitektura. 2010. No. 3. Pp. 73-80. (rus)
- [30]. Lapshinov A. E. Issledovanie raboty SPA i BPA na szhatie [The study of the work of GFRP AND BFRP rebar on the compression]. Vestnik MGSU. 2014. No. 1. Pp. 52-57. (rus)
- [31]. Barabanshchikov Yu.G., Belyaeva S.V. Stekloplastikovaya armatura dlya gidrotekhnicheskogo stroitel'stva [Glass fiber reinforced rebar for the hydraulic engineering]. Trudy Sankt-Peterburgskogo politekhnicheskogo universiteta Petra Velikogo. 2007.No. 502. Pp. 202-210. (rus)
- [32]. Avdeeva A., Shlykova I., Antonova M., Barabanshchikov Y., Belyaeva S. Reinforcement of concrete structures by fiberglass rods. Matec web of conferences. 2016. Vol. 53. No. 01006. Pp. 2-5.

Алексеева Л.А., Игнатович А.В., Бетон с композитной арматурой в коттеджном строительстве // Alfabuild. 2017. №1 (1). С. 16-26

Alekseeva L.A., Ignatovich A.V. Concrete with fibre-reinforced plastic rebar in cottage construction. Alfabuild, 2017, 1 (1), Pp. 16-26 (rus)

Concrete with fibre-reinforced plastic rebar in cottage construction

L.A. Alekseeva ^{1*} A.V. Ignatovich ²

^{1,2} Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

Article info

review article

Abstract

The choice of the rebar type is one of the most important problems in civil engineering and especially in cottage construction. Rebar must meet the requirements for the durability, ruggedness and corrosive resistance. This building material influences on the future condition of the whole cottage. Fiber reinforced polymer composites (FRP rebar) was invented and started to be actively used abroad in the second half of the previous century. FRP rebar is less popular in Russia nowadays because people don't "trust" this building material. Thus, the search and analysis of the characteristics of existing FRP rebar types that can be used in cottage construction is a practical problem. The purpose of the research was to examine three types of fiber-reinforced plastic rebar (glass-fiber reinforced plastic rebar, basalt-plastic rebar and carbon-fiber reinforced plastic rebar), estimate rationale for using of these types of rebar in cottage construction and to give the recommendations on further development of using fiber-reinforced plastic rebar in construction of cottages. In the theoretical part of the study the main issue was to determine whether fiber-reinforced plastic rebar can completely replace metallic one. The study proved that the usage of the fiber reinforced polymer composites eliminates the corrosion problems in civil engineering and cottage construction. The results of the study showed that it is essential to combine metallic and composite rebar to build a stable cottage. The study showed that glass-fiber reinforced rebar cannot be used in the conditions of temperature gradient. The experience of western countries was examined for better modelling of future prospects of FRP rebar using in Russia. Based on the findings, the recommendations on further development of using of FRP rebar in cottage construction are presented in this study.

Keywords:

FRP rebar; corrosion problems; fiber reinforced polymer composites; corrosion resistance; building materials; structural design; civil engineering; buildings and structures

Corresponding author:

1*. +7(921)4456065, foxyan@yandex.ru (Alekseeva Ludmila, Student)

2. +7(950)0161496, alenaignatovich239@gmail.com (Ignatovich Alena, Student)