

Опыт и перспективы применения стеклопластиковой полимерной арматуры в малоэтажном строительстве

В.Ф. Степанова, В.Р. Фаликман

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева ОАО «НИЦ «Строительство»

Из практики известно, что разрушающему действию агрессивных сред подвергается примерно 75% строительных конструкций. По опубликованным данным, ежегодный ущерб от агрессивных воздействий составляет до 5% национального дохода. В результате в промышленно развитых странах более 40 % капиталовложений в строительной отрасли используется для эксплуатационного ухода и ремонта сооружений из железобетона и менее 60 % - для возведения новых.

Арматурная сталь в бетоне обычно защищена от коррозии благодаря пассивной пленке, образующейся на границе раздела сталь/бетон внутри щелочной цементной матрицы [1]. Однако эта пассивная защита может быть утрачена либо снижением значения pH ($\text{pH} < 9$) вследствие карбонизации, либо из-за присутствия хлористых солей, что инициирует интенсивную коррозию арматурной стали и, в конечном счете, повреждает окружающий бетон. Железобетонные конструкции мостов, промышленных и гражданских здания, санитарные и водопроводные сооружения могут получить серьезные повреждения из-за коррозии арматурной стали.

Повреждения, вызванные растрескиванием и отслаиванием бетона, обходятся в миллиарды долларов ежегодно. Помимо экономических потерь, под угрозой оказывается безопасность населения, вплоть до гибели людей в результате обрушения мостов и сооружений [2].

В конце 90-х годов в США только для ремонта мостов из железобетона требовалось более 20 млрд. долларов в год, и, согласно расчетам, эти затраты возрастают ежегодно на 0,5 млрд. долларов. В Великобритании на ремонт подобных сооружений ежегодно тратится более 1 млрд. долларов. Потери, связанные с коррозией арматурной стали в бетоне, достигают значительной величины. Например, некоторые цеха промышленных предприятий подверглись разрушению от коррозии, пробыв в эксплуатации около 2 - 3 лет.

В России средства, затрачиваемые на ремонт и восстановление отдельных промышленных сооружений, за 4 - 5 лет доходят до суммы, равной общей их стоимости [3].

Понятно, что проблемы обеспечения долговечности конструкций зданий и сооружений выдвигаются при этом на первый план.

Во избежание преждевременного разрушения железобетонных конструкций при их проектировании необходимо учитывать расчетный срок эксплуатации конструкций, т.е. закладывать проектные требования к материалам бетона, арматуре, защите, исходя их условий обеспечения их службы на расчетный срок здания и сооружения в условиях одновременного воздействия среды и нагрузки.

В последней редакции СП 28.13330.2017 (актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85) заложены меры первичной и вторичной защиты из условий обеспечения сохранности строительных конструкций на срок 50 лет. Новый нормативный документ существенно отличается от действующих сегодня норм. Он содержит оценку агрессивности сред по отношению к высокофункциональным бетонам, международную классификацию агрессивных сред, учитывает современные методы защиты строительных конструкций от коррозии, в него внесен ряд изменений, дополнений и корректировок, касающихся первичной и вторичной защиты строительных конструкций. Применение методов первичной защиты оправдано и самодостаточно, в основном, для работы эксплуатации конструкций в слабоагрессивных и некоторых среднеагрессивных средах. Доля таких конструкций до недавнего времени составляла не более 30% от общего объема конструкций, работающих в агрессивных средах [4].

Важным, на наш взгляд, является появление в документе принципиально новых принципов армирования конструкций для предотвращения развития коррозионных процессов за счет

применения неметаллической композитной арматуры, в том числе АСП.

Композитная арматура (англ. fibre-reinforced plastic rebar, FRP rebar) представляет собой неметаллические стержни из стеклянных, базальтовых, углеродных или арамидных волокон (реже – волокон полифениленбисобисоксазола), пропитанных термореактивным или термопластичным полимерным связующим и затем отверждённых.

По данным ряда аналитических агентств (Persistence Market Research, Markets & Markets, Insight Partners и др.), рынок неметаллической композитной арматуры составляет сегодня 185 – 215 млн долларов с устойчивой тенденцией роста (совокупный среднегодовой темп роста CAGR= 13%) и к 2030 году достигнет 400 – 420 млн долларов.

Исследование поведения стеклопластиковых стержней при армировании бетонных конструкций, несомненно, получило развитие с 1954 года, когда Брандт Голдсуорси впервые описал высокий потенциал этого материала для специальных строительных применений [5].

Опыт применения неметаллической стеклопластиковой арматуры (GFRP) в России насчитывает более 60 лет. За последние 20 лет проведены испытания различных связующих (на основе полиэфирных, эпоксидных смол) на стойкость в щелочной среде бетона, оптимизирован состав связующего на основе модифицированной эпоксидной смолы, отработана новая бесфильтрная технология изготовления арматуры (метод «плейнтрузии») [6].

В целом, стеклопластики характеризуются высокой осевой прочностью, высоким соотношением осевой и поперечной прочности, ограниченной предельной деформацией, малым весом, отличной химической стойкостью и невосприимчивостью к широкому спектру агрессивных сред, электромагнитной нейтральностью, отличными усталостными характеристиками [7]. Коэффициент термического расширения стеклопластиковой арматуры в продольном направлении составляет от 5 до $10 \times 10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$, в поперечном - $\approx -25 \times 10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$.

В табл. 1 приведены сравнительные физико-технические характеристики стальной и неметаллической композитной арматуры. Технологические линии по изготовлению арматуры сегодня имеют достаточно высокую производительность (бесфильтрная технология) и позволяют получить арматуру высокой прочности на растяжение с широким диапазоном модуля упругости (от 50 до 140 ГПа).

Таблица 1 - Сравнительные технические характеристики стальной и композитной арматуры

№ п/п	Характеристика	Стальная арматура ГОСТ 5781-82	Композитная арматура, в том числе АСП ГОСТ 31938-2012
1	Коррозионная стойкость	Подвергается коррозии	Не подвергается коррозии
2	Коэффициент линейной температурной деформации, $\times 10^{-5}/^\circ\text{C}$	1.3...1.5	0.5...0.9 (Бетон: 0.7...1.0)
3	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	46	0.35...0.5
4	Электрические свойства	Электропроводна	Диэлектрик
5	Магнитные свойства	Магнитопроводна	Диамагнетик
6	Экологические свойства	При эксплуатации не выделяет вредных веществ	При эксплуатации не выделяет вредных веществ
7	Диапазон рабочих температур	По СНИП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции»	от -70 до $+100^\circ\text{C}$

		от -70 до $+50^{\circ}\text{C}$	
--	--	-----------------------------------	--

Основным преимуществом стеклопластиковой полимерной арматуры (и другой композитной арматуры) является коррозионная стойкость при воздействии агрессивных сред (хлоридов, сульфатов). Все вышеуказанное позволяет создать экологически безопасные, комфортные условия в зданиях и сооружениях, т.е. исключить мостики холода, экранирование в бетонных конструкциях, снизить вес конструкций, так как неметаллическая арматура легче металлической в 4...4.5 раза. Неметаллическая композитная арматура применяется в дорожном строительстве, в мостовых конструкциях, конструкциях оснований и подземных сооружений; наружных ограждающих и несущих конструкциях в условиях повышенной относительной влажности среды $\geq 75\%$.

Опыт применения АСП достаточно широк. Наиболее интересны объекты положительного использования стеклопластиковой арматуры для армирования дорожного полотна, оснований, фундаментов, ограждающих и несущих конструкций жилых и общественных зданий [8]. Она активно применяется в железнодорожных полотнах и путях, эксплуатирующиеся в условиях высоких электромагнитных полей, подвергающихся воздействию токов утечки, опор контактной сети железных дорог [9].

Использование неметаллической арматуры в сочетании со специальными бетонами (полимерным, полимерсиликатным) повышает эффективность ее применения. Начиная с 70-х годов XX века, неметаллическая арматура была применена в конструкциях из легких бетонов (ячеистых бетонов, арболита и др.), а также в сваях, электролизных ваннах, балках и ригелях эстакад, опорных конструкциях конденсаторных батарей, плитах крепления откосов, безызоляторных траверсах и других конструкциях.

Например, мост со сталежелезобетонным пролетным строением, балки которого преднапряжены стеклопластиковой арматурой, был построен в России в 1981 году в Приморском крае через реку Тигровую на 35-м километре автомобильной дороги Шкотово-Партизанск. Последнее обследование состояния арматуры и конструкций было проведено после 25 лет его эксплуатации, разрушений не было обнаружено. Мост эксплуатируется до сих пор, в ближайшее время предполагается провести очередное обследование.

Хорошо известно успешное применение АСП в конструкциях на упругом основании (аэропортовый комплекс г. Казань, плита перрона), при армировании протяженных фундаментных плит (шоссе Энтузиастов и ул. Вере́йская, г. Москва, 2014 г.).

Наиболее активно стеклопластиковая арматура АСП сегодня применяется в малоэтажном строительстве, прежде всего, в фундаментах; в качестве маячков для гарантии ровной кладки стен; для армирования полов; для усиления стенной кладки. Применение АСП позволяет построить крепкий, надежный дом, свести к минимуму риск возникновения усадочных деформаций и теплопотерь. Важными преимуществами здесь являются также устойчивость ко всем видам коррозии; низкая тепло- и электропроводность; высокая транспортабельность, обусловленная меньшим удельным весом, уменьшение потребностей в механизмах и возможность транспортировки АСП, смотанной в бухты. Нужно отметить и возможность использования данного вида арматуры для зданий и сооружений, возводимых в районах с сейсмичностью 7 - 10 баллов [10].

Процесс строительства частных домов, гаражей, сельскохозяйственных построек имеет ряд особенностей. Так, при выборе стеклопластиковой арматуры для армирования фундамента обычно используют принцип равнопрочной замены: если по проекту предусмотрено использование металлической арматуры диаметром 14-16мм, то замена производится АСП диаметром 12мм; металлическую арматуру диаметром 12мм заменяют композиционной диаметром 10мм и т.п. Замена производится диаметром на порядок меньше, поскольку

прочностные характеристики стеклопластиковой арматуры выше, чем у металлической арматуры. Чаще всего это позволяет избежать неоправданного расхода денежных средств.

Выполненные экономические расчеты показали, что замена металлической арматуры на неметаллическую арматуру с использованием стеклянного или базальтового ровинга позволяет экономить до 500 рублей на 1 м³ бетона.

В частном строительстве композитная арматура активно применяется для армирования стен — этот материал не проводит тепло, а значит, не образует мостики холода; упругие качества композитной арматуры позволяют принимать на себя деформационные нагрузки при эксплуатации дома, что значительно уменьшает риск возникновения температурно-усадочных дефектов.

При возведении стен из блочных материалов, например, кирпича, пеноблоков, шлакоблоков, ряды кладки, как правило, укрепляют армопоясами, чтобы усилить надежность конструкции и предотвратить растрескивание по стенам.

Для усиления кладки композитной арматурой обязательно армируется первый ряд блоков, при этом арматурные стержни укладываются в два слоя параллельно друг другу. В обязательном порядке армируются участки под оконными проемами и те, где на стены опираются перемычки. В местах перекрытий и под стропилами также необходимо сделать обвязной армопояс. В остальных местах для кирпичной кладки достаточно армировать композитными стержнями каждый пятый ряд. Если длина стены более 6 м, то армируют каждый четвертый ряд, также, как и для кладки из пеноблоков, пено- и газобетона. Если в каких-то местах в дальнейшем предполагается повышенная нагрузка, армирование этих участков необходимо усилить.

Использование в стенах мелкоштучных материалов (кирпича, шлако- и пеноблоков, пено- и газобетонных блоков и др.) делает целесообразным применение стеклопластиковой арматуры в качестве маячков для контроля одинакового расстояния между рядами кирпичей или блоков в кладке. Для этого на ряд уложенных блоков или кирпичей продольно укладываются стержни арматуры диаметром 4мм или 6мм. Один стержень укладывается на расстоянии 3-4см от внешнего (обращенного на улицу) края блока, второй стержень - на расстоянии 3-4см от внутреннего (обращенного в дом) края блока. Затем сверху наносится необходимое количество раствора или клея, на раствор укладывается новый ряд кирпичей или блоков и придавливается. Таким образом, следующий ряд блоков будет с двух боков опираться на арматурные стержни, что позволит соблюсти безупречно одинаковое расстояние между рядами блоков в кирпичной стене.

При устройстве пола в частном строительстве важно помнить, что бетон обладает невысокими показателями на растяжение и изгиб. В жилом доме бетонный пол не будет подвергаться интенсивным нагрузкам, однако при строительстве гаража, коровника или подобного вспомогательного помещения лучше усилить прочность пола армированием. Армирование позволяет бетону выдерживать больше динамических и вибрационных нагрузок без растрескивания.

Для усиления бетонного пола или цементно-песчаной стяжки рекомендуется использовать композитную арматуру малого диаметра, готовую композитную сетку или текстиль. Как правило, сначала укладывается гидро- и теплоизоляция, если она предусмотрена в проекте, затем равномерно по всей поверхности расставляются пластиковые подставки — фиксаторы арматуры из расчета 4-10 штук на квадратный метр, чтобы поднять армирующий слой на одинаковое расстояние от основания. На фиксаторы укладываются вдоль и поперек будущей стяжки арматурные стержни из композитной арматуры, места ее перекрещивания связывают вязальной проволокой, если не используется сетка. Задать уровень нужно при помощи маячков, после чего у по уровню распределяется, разравнивается и затирается бетон. Уход за готовой стяжкой осуществляется в течение месяца, за это время полы наберут необходимую прочность.

Дисперсное фибровое армирование, включающее дополнительно распределенную в объеме фибру, позволяет еще в большей степени компенсировать главные недостатки бетона – низкую прочность при растяжении и хрупкость разрушения.

Вообще говоря, отечественный и зарубежный опыт показывает, что применение фибробетонных конструкций различного назначения, в которых все больше используется инновационная неметаллическая фибра, в том числе стеклопластиковая, сегодня одно из самых перспективных направлений в строительной индустрии. Фибробетон имеет в несколько раз более высокую прочность при растяжении и на срез, ударную и усталостную прочность, трещиностойкость и вязкость разрушения, морозостойкость, водонепроницаемость, сопротивление кавитации, жаропрочность и пожаростойкость. По показателю работы разрушения фибробетон может в 15–20 раз превосходить бетон.

За последние 10 лет в России и за рубежом накопился большой опыт применения стеклопластиковой арматуры в бетонных конструкциях [11]. До недавнего времени сдерживающим фактором являлось отсутствие нормативно-технической документации для использования стеклопластиковой и других видов композитной арматуры, арматурных сеток, гибких связей и других элементов строительной конструкции. Сегодня эта проблема, во многом, устранена. В июне 2023 года в Стамбуле Генеральной ассамблеей ФИБ утверждена новая версия Модельного кодекса, которая разработана как единый кодекс проектирования конструкционного бетона, включая нормы и принципы подтверждения соответствия как для новых, так и для уже существующих конструкций [12]. Далеко неполный перечень существующих международных норм и руководств по проектированию конструкций, армированных неметаллической композитной арматурой приведен в Таблице 2.

Таблица 2 - Международные нормы и руководства по проектированию конструкций, армированных стеклопластиковой арматурой

USA	<p>ACI 440R-07 “Report on Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Reinforcement for Concrete Structures”, ACI Committee 440, American Concrete Institute, 2007.</p> <p>ACI 440.1R-15 “Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars”, ACI Committee 440, American Concrete Institute, 2015.</p> <p>ACI 440.5-08 "Specification for Construction with Fiber-Reinforced Polymer Reinforcing Bar", ACI Committee 440, American Concrete Institute, 2008.</p> <p>SPEC 440.5-22 “Construction with Glass Fiber-Reinforced Polymer Reinforcing Bars”</p> <p>ACI 440.6-08 "Specification for Carbon and Glass Fiber-Reinforced Polymer Bar Materials for Concrete Reinforcement", ACI Committee 440, American Concrete Institute, 2008.</p> <p>ACI 440.3R-04 "Guide for Test Methods for Fiber Reinforced Polymers (FRP) for Reinforcing and Strengthening Concrete Structures", ACI Committee 440, American Concrete Institute, 2004.</p> <p>ACI 440.11-22 “Building Code Requirements for Structural Concrete Reinforced with Glass Fiber-Reinforced Polymer (GFRP) Bars”</p> <p>BDGS-GFRP “AASHTO LRFD Bridge Design Guide Specifications for GFRP-Reinforced Concrete”, 2nd Edition, 2018.</p>
CANADA	<p>CSA-S806-12 (R2017) “Design and Construction of Building Components with Fibre-Reinforced Polymers”, Canadian Standards Association, 2012.</p> <p>CSA-S6-06 “Canadian Highway Bridge Design Code” Canadian Standards Association, 2006.</p> <p>CSA S807-19 “Specification for fibre-reinforced polymers”, 2019.</p> <p>Design Manual No. 3 “Reinforcing Concrete Structures with Fiber Reinforced Polymers” *</p>
JAPAN	<p>Japan Society of Civil Engineers (JSCE) “Recommendation for Design and Construction of Concrete Structures Using Continuous Fiber Reinforced Materials”, Concrete Engineering Series 23, Research Committee on Continuous Fiber Reinforcing Materials, 1997.</p>
EUROPE	<p>fib Bulletin N° 40 “FRP reinforcement in RC structures”, Technical Report. France, 2007</p> <p>CNR-DT 203/2006 “Guide for the Design and Construction of Concrete Structures Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer Bars”. Italy, 2006</p>

* The Canadian Network of Centers of Excellence on Intelligent Sensing for Innovative Structures

(ISIS CANADA).

Нормативная база в России на сегодня тоже достаточно обширна и включает:

- ГОСТ 31938-2017 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия»; пересмотрен.
- ГОСТ 32492–2013 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения физико-механических характеристик»; пересмотрен и утвержден в 2015 г.
- ГОСТ 32486–2013 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения характеристик долговечности»; пересмотрен и утвержден в 2015 г.
- ГОСТ 32487–2013 «Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Методы определения характеристик стойкости к агрессивным средам» пересмотрен и утвержден в 2015 г.
- Изменение №1 к СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» (Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Приложение Л (рекомендуемое). Расчет конструкций с композитной полимерной арматурой).
- СП 28.13330.2017 «Защита строительных конструкций от коррозии» (актуализированная версия 2012 г. Приложение Ж. Требования к бетонам и железобетонным конструкциям, табл. Ж3 и Ж4).
- СП 295.1325800.2017 «Конструкции из бетона с композитной неметаллической арматурой. Правила проектирования».
- СП 297.1325800.2017 «Конструкции из бетона с неметаллической фиброй. Правила проектирования»

К неметаллической композитной арматуре по-прежнему проявляется большой интерес в различных странах мира. Так, в 2021 году по инициативе Американского института бетона был создан Международный Центр передового опыта по неметаллическим строительным материалам (NEx). Для сотрудничества в выполнении основных функций и достижения целей NEx включает компании и организации по всей цепочке создания стоимости композиционных материалов. К числу таких партнеров относятся производители и поставщики неметаллической продукции; органы по стандартизации; технические общества/институты; нефтяные и газовые компании; исследовательские центры; строительные компании и застройщики; учебные центры, а также ряд профильных международных организаций.

В России в мае 2012 г. была зарегистрирована Ассоциация организаций по производству и применению неметаллической композитной арматуры и изделий из нее. Сейчас она функционирует как Комитет композитных материалов при ассоциации «Железобетон».

В настоящее время линии по производству АСП установлены во многих городах России (Москва, Бийск, Екатеринбург, Ижевск, Омск, Челябинск, и др.). Главными драйверами развития ее производства и применения являются реализация федеральных программ «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации», «Развитие транспортной системы», «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации» и др., где применение композитной арматуры становится определяющим фактором достижения эффективности устойчивого развития, а также ряда региональных программ. В качестве дополнительных стимулирующих мер необходим переход на проектирование по жизненному циклу и его учет при государственных закупках, популяризация спроса на композиционные материалы и поддержка развития высокопроизводительных технологий их изготовления и применения.

Заключение.

Человечество переживает смену технической парадигмы цивилизации. В условиях роста численности населения планеты и неминуемого возникновения сырьевого и энергетического дефицита в строительстве будет происходить достаточно быстрое вытеснение традиционных материалов и технологий энергосберегающими и материалозффективными решениями. Расширенное применение композитов – одно из основных направлений модернизации строительной индустрии в качестве эффективного ответа на вызовы современности.

Мировой рынок композитов в строительстве в 2022 году составил около \$52,3 млрд. Он будет расти от \$55,2 млрд. в 2023 году до \$84,7 млрд. в 2032 году при совокупном среднегодовом темпе роста CAGR= 5,50%. В России сегодняшний день производство композитов и, в частности стеклопластика, — крупное направление национальной промышленности, однако его объемы все еще в разы отстают от аналогичных в развитых странах. Наиболее крупные сегменты российской стеклопластиковой промышленности — конструкционные элементы для строительства и емкости объединяет общая черта — на них фактически отсутствуют крупные игроки, зато количество небольших участников рынка очень велико и ежегодно возрастает. Согласно оценке «Смарт Консалт», стеклопластиковые конструкционные элементы для строительства в совокупности производят сегодня более 100 российских компаний.

Границы применения композитов быстро расширяются. Сегодня США потребляют 35% мирового производства композитов, Европа - 22%, Азия – 43%, в то время как российский рынок в составе стран BRICS занимает менее 1%. Однако, доля применения композитов в разных отраслях промышленности России, в том числе в строительстве, растет быстрыми темпами. а прошедшая в Париже крупнейшая композитная выставка JEC 2012 стала самой «русскоговорящей» за последние годы. Применение композитов, обеспечивающих уникальные и высокие эксплуатационные свойства конструкций в течение длительного срока эксплуатации, может стать для России мощным источником стратегической конкурентоспособности.

Для увеличения производства и применения АСП в строительстве (в строительных конструкциях мостов, дорог, в ЖКХ и т.д.) необходима координация усилий Минпромторга и Минстроя Российской Федерации, департаментов градостроительной политики города Москвы и других регионов при тесном контакте с научными, проектными и производственными организациями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ngala VT, Page CL, Page MM.* Corrosion inhibitor systems for remedial treatment of reinforced concrete. Part 1: Calcium nitrite. *Corros Sci.*, 2002; 44:2073–87.
2. *Kelestemur O, Aksoy M, Yildiz S.* Corrosion behavior of tempered dual-phase steel embedded in concrete. *Int J Miner Metall Mater.*, 2009; 16(1):43–50.
3. *Шилин А.А.* Эффективность ремонта железобетонных конструкций инженерных сооружений // Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве - СПб.: РИФ «Роза мира», 2007 г., - 544 стр., стр. 29 -34.
4. *Степанова В.Ф.* Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии – основа обеспечения долговечности зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство. - №1 – 2013. – С.13.
5. *Almerich-Chulia, P. Martin-Concepcion, Molines-Cano J.M., Moreno-Puchalt J.* Experimental behavior of novel GFRP reinforcing bars under compressive loads. *Magazine of Civil Engineering.* 2023. 118(2). Article No. 11805
6. *Степанова В.Ф., Степанов А.Ю., Журков Е.П.* Арматура композитная полимерная: - М. 2013 – 200 с.
7. *FRP reinforcement in RC structures.* *fib Bulletin* 40, 2007.
8. *Falikman V., Stepanova V., Bouchkin A.* “Russian experience in non-metallic composite reinforcement production and use”. The Fourth International *fib* Congress 2014 “*Improving Performance of Concrete Structures*”, Mumbai, 2014. *Proceedings. University Press. Vol. II, p.p. 784 – 786.* e-Book: Paper 224.
9. *Nikolaev V., Stepanova V., Falikman V.* *Application of non-metallic composite reinforcement for contact line supports.* 10th International Conference on Advanced Models and New Concepts in Concrete and Masonry Structures, AMCM 2020 Poland, Lublin, MATEC Web of Conferences, Volume 323, 2020, article number 01004, 6p.
10. *Степанов А. Ю.* Арматура композитная полимерная и сейсмостойкость сооружений // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. №3(182). С. 12-13.
11. *Степанова В.Ф., Бучкин А.В., Кудяков К.Л., Степанов А.Ю.* «Арматура композитная полимерная и

композитные изделия», _____

12. Фаликман В.Р., Кузеванов Д.В. Основа развития норм расчета и проектирования железобетонных конструкций. "ПГС", № 8, 2023, стр. 21 – 26.

Сведения об авторах.

Степанова Валентина Федоровна, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева ОАО «НИЦ «Строительство», заведующая лабораторией, д.т.н., профессор, 109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, (499) 171-43-74, vfstepanova@mail.ru

Фаликман Вячеслав Рувимович, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева ОАО «НИЦ «Строительство», начальник Центра НТСС, д-р материаловедения, профессор, 109428, г. Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, (499) 171-03-84, vfalikman@yandex.ru