



Рудченко Д. Г.



Сердюк В. Р.

**Рудченко Д. Г.**, канд. техн. наук, генеральный директор ТОВ «Аерок», 08700, Київської обл., м. Обухів, вул. Промислова, 6  
☎ +38(044) 391-31-92 ✉ aeroc@aeroc.ua

**Сердюк В. Р.**, доктор технических наук, профессор кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры, Винницкий национальный технический университет, Хмельницкое шоссе, 95, Винница, Винницкая область, 21000  
☎ +38(0432) 560 848

**Dmitrii Rudchenko**, Ph.D., General Director (manager), LLC Aerok, 08700, Obukhov, vul. Promislova, 6  
☎ +38(044) 391-31-92 ✉ aeroc@aeroc.ua

**Vasyl Serdyuk**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnitsa National Technical University, Khmelnytsky Highway, 95, Vinnytsia, Vinnytsia region, 21000  
☎ +38(0432) 560 848

## О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

### МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИТНОЇ АРМАТУРИ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА І ЗАСТОСУВАННЯ ВИРОБІВ З АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ

### THE POSSIBILITIES OF USING COMPOSITE REINFORCEMENT IN THE TECHNOLOGY OF PRODUCTION AND USE OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE

**Аннотация.** В статье приведены сравнительные объемы строительства жилья в Украине и других странах. Показана роль автоклавного газобетона в современном строительстве жилых домов и утеплении жилищного фонда. Описаны возможности использования композитной арматуры при возведении стен из газобетонных блоков.

**Ключевые слова:** строительство жилья, автоклавный газобетон, композитная арматура.

**Анотація.** В статті наведені порівняльні обсяги будівництва житла в Україні та інших країнах. Визначена роль автоклавного газобетону в сучасному будівництві житлових будинків і утепленні житлового фонду. Описано можливості використання композитної арматури при зведенні стін із газобетонних блоків.

**Ключові слова:** будівництво житла, автоклавний газобетон, композитна арматура.

**Abstract.** The article presents comparative volumes of housing construction in Ukraine and other countries. The role of autoclave aerated concrete in modern construction of residential buildings and insulation of housing stock is shown. Possibilities of using composite reinforcement for the construction of walls of aerated concrete blocks are described.

**Keywords:** housing construction, autoclave aerated concrete, composite reinforcement.

#### Введение

Автоклавный газобетон потеснил на строительном рынке энергоемкие традиционные стеновые материалы (керамзит, кирпич полнотелый глиняный, силикатный). Принятие новых государственных строительных норм [1] и приближение показателей нормативных требований термического сопротивления ограждающих конструкций к европейским стандартам сделало традиционные стеновые материалы от части не приемлемыми для использования с позиций высокой их теплопроводности и энергоемкости производства. Толщина однослойной стены из таких материалов превышает 1 м, или требует дополнительных затрат на утепление, что не гарантирует долговечности эксплуатации зданий.

#### Обоснование исследований

Известно, что ранее при низкой стоимости энергоносителей, крупнопанельный керамзитобетонный дом по стоимости, в среднем, был дешевле кирпичного на 20-25%, монолитного – на 15-20%.

Из-за высокой энергоемкости производства керамзита и низких его теплофизических свойств в Республике Беларусь

из 4 заводов, построенных во времена СССР, осталось только 2 завода, в Украине – 4, и те работают не постоянно. Объем производства керамзитового гравия в РФ сократился в 11 раз, то есть с 38 млн. м<sup>3</sup> в 1990 году до 3,4 млн. м<sup>3</sup> в 2011 году [2].

Эпоха строительства из керамзитобетона и обычного не энергоэффективного полнотелого керамического кирпича в Украине постепенно завершается и передает эстафету газобетону, энергоэффективной стеновой керамике и другим материалам. Согласно данным Госэнергоэффективности по состоянию на 2019 год в Украине 80-85% жилого фонда нуждаются в термомодернизации и для ее реализации необходимо больше 800 млрд. грн.

В начале 90-х годов в Украине работало более 10 устаревших заводов по производству газобетона и цехов общей мощностью около 1,2 млн м<sup>3</sup> в год, на долю стеновых блоков приходилось около 1 млн. м<sup>3</sup>. После большинство заводов вообще прекратили свою работу и в 2000 году производство газобетона составило всего 0,1 млн м<sup>3</sup>. В последующие годы при строительстве новых предприятий и модернизации действующих объем производства газобетона автоклавного твердения значительно увеличился и в 2016 г. составил 3,6 млн м<sup>3</sup>

в год. Доля газобетона на рынке стеновых материалов Украины превысила 50%. Газобетон стал востребован для строительства высотного и малоэтажного жилья.

В развитых европейских странах, США, Канаде 75-80% населения проживает в малоэтажных домах. В Украине в последние годы строится около 80% малоэтажного жилья в странах ближнего зарубежья тенденции на рынке аналогичные и примерно 60% материала используется в малоэтажном домостроении.

В Канаде, США, некоторых европейских странах большую долю в строительстве жилья занимает деревянная каркасная технология. Классическая сип-панель – это слой полистирольного или полиуретанового утеплителя, склеенного с двух сторон ОСБ плитами. Такие дома достаточно популярны во многих странах мира. В Украине, не смотря на низкую стоимость, каркасная технология строительства не находит широкого применения. Пенополистирол, даже при наличии разрешительных документов, многие люди не считают экологически чистым продуктом.

При выборе материала для строительства малоэтажного дома в Украине особенно важную роль играет ментальность. Украинцы предпочитают капитальные здания из кирпича, эффективных керамических блоков, других цементных строительных материалов, а с недавних пор и из газобетона. Совершенно очевидно, что газобетон автоклавного твердения в Украине будет доминировать в ближайшие годы, как эффективный стеновой материал и экологически чистый утеплитель. Использование армированных газобетонных изделий может существенно усилить потенциал газобетонного домостроения.

Компания AEROC является ведущим производителем газобетона в Украине и занимает около 30% доли рынка. Сегодня это единственный производитель, который освоил массовое производство конструкционно-теплоизоляционных стеновых блоков из газобетона плотностью 300 кг/м<sup>3</sup> с высоким показателем коэффициента конструктивного качества [3-4] и минеральной теплоизоляции из газобетона.

У теплоизоляционных газобетонных панелей AEROC ENERGY с плотностью 150 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент теплопроводности составляет 0,05 Вт/(м·К), прочность на сжатие не менее 0,4 МПа, паропроницаемость 0,3 мг/(м·ч·Па).

Минеральная теплоизоляция – газобетон D150 относится к числу лучших европейских утеплителей, и по своим свойствам подобна немецкой системе Ytong Multipor.

Компания AEROC исследует передовой европейский опыт и реализует собственные наработки, направленные на снижение энергоемкости производства и повышение качества продукции, это позволило значительно сократить расход энергопотребления при производстве и даже превзойти в этом аналогичные предприятия Европы.

Огромные резервы снижения стоимости строительства, прежде всего малоэтажных зданий из автоклавного газобетона, может принести использование композитной арматуры. Арматура композитная (АК) имеет ряд недостатков и преимуществ в сравнении со стальной. Производится несколько видов такой арматуры: арматура стеклопластиковая (АСП) с использованием волокон (ровинга) стекловолокна; арматура базальтопластиковая (АБП) на основе базальтового ровинга; углепластиковая арматура из карбона, или пластифицированного графита и арамидная (кевларовая) на основе арамидного (кевларового) волокна. Известна также комбинированная композитная арматура, состоящая в основном из одного вида волокон, однако она имеет включение другого вида по всей длине.

#### Цель работы.

Исследовать перспективы расширения использования АК в технологии производства газобетонных изделий, а также строительства зданий с использованием газобетона автоклавного твердения.

Необходимость расширения области использования АК диктуется следующими аргументами.

**Первый аргумент.** О необходимости масштабного исследования и внедрения АК в строительное производство в Украине свидетельствуют мировые тенденции ежегодного роста объемов использования АК на 12-16%, рост стоимости энергоносителей, и как следствие – стремительный рост цен на металл. Распределение производства и применения АК [5] свидетельствует о том, что ранее использованию этого вида материала не уделялось должного внимания (рис. 1).

### Використання композитної арматури в світі

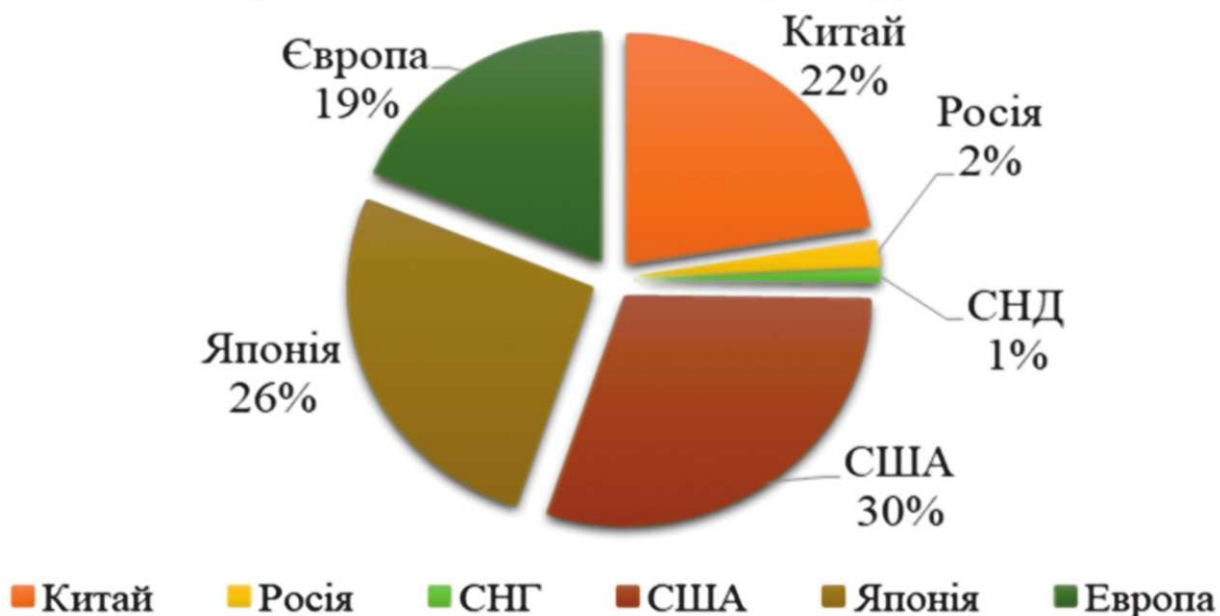


Рис. 1. Структура использования композитной арматуры в мире

АК имеет прочность в 2,5-3 раз выше, чем стальная, и что не менее важно, ее теплопроводность практически в 100 меньше чем у стальной арматуры. Она имеет примерно в 4-5 раз меньшую плотность, не корродирует, но так же имеет существенный недостаток – низкий модуль упругости.

Как видно из рис.1 сегменты стран СНГ на мировом рынке АК практически не заметны, хотя разработка и ее становления производства происходило одновременно в СССР, США и других европейских странах.

**Вторым аргументом** необходимости роста объемов использования АК являются достаточно обнадеживающие результаты исследований этой арматуры, на которые в 80-е годы так же не было обращено должного внимания (рис. 2). [6].

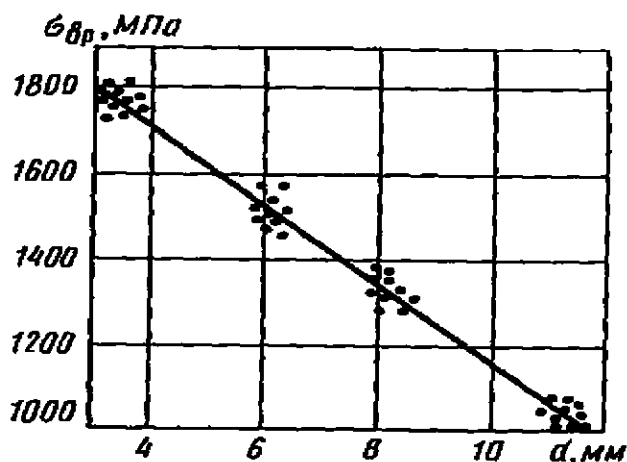


Рис. 2. Влияние диаметра АК на ее прочность при растяжении

Как видно из рис. 2 прочность стержня арматуры диаметром 3 мм достигает 1800 МПа, а диаметром 12 мм – только 1050 МПа, или на 70% меньше. Следовательно, целесообразно использовать АК именно малых диаметров, ведь разница в прочности арматуры диаметром 4 и 10 мм достигает 80-90%. АК диаметром 2-3 мм может рассматриваться, как вариант армирования кладки стены из стеновых газобетонных блоков при наличии достаточной толщины слоя клея без устройства дополнительных штроб и замоноличивания арматуры диаметром 8 мм в газобетонную стену. Тонкостенная сетка с АК может заменить трудоемкий процесс устройства штроб, их армирование и заделку.

Экономический эффект, как бы очевиден, но для внедрения АСК необходимы комплексные исследования, расчеты, обоснованные рекомендации и рабочие чертежи. Хотя диаграмма «напряжение – деформация» стеклопластиковой арматуры практически прямолинейная к разрыву, но диаметр арматуры существенно влияет на показатель ее сопротивления при растяжении.

Положительное влияние диаметра арматуры на прочность при растяжении АК объясняется тем, что поскольку, арматурный стержень состоит из стеклянных волокон склеенных полимерным вяжущим, то при испытаниях на разрывной машине усилия, которые обжимают стержень в захватах, воспринимаются, прежде всего, стеклянными волокнами, которые размещены на поверхности стержня, а потом, через слои вяжущего передаются волокнам в сердцевину. Механические свойства АК обладают неоднородностью, которая зависит от числа нитей в жгуте и этот фактор может быть использован для повышения коэффициента конструктивного качества арматуры при ее производстве [6].

**Третий аргумент.** Низкий модуль упругости АК свидетельствует о том, что без предварительного напряжения жесткость бетонных конструкций будет низкой в отличии от жесткости с металлической арматурой.

При использовании АК в низко модульных материалах (древесина, цементно-стружечных плит, пластмасса, газобетон), которые обладают повышенным модулем ползучести этот недостаток АК можно рассматривать как положительный факт по сравнению со стальной арматурой. Потери предварительного напряжения в стальной арматуре конструкции из перечисленных материалов достигают большого значения, и эффект предварительного напряжения может вообще исчезать. В низко модульных материалах модули ползучести материала и арматуры будут более сбалансированы, что может быть использовано при производстве армированных изделий из материалов с повышенным модулем ползучести.

Теплопроводность АК почти в 100 раз ниже стальной арматуры, что является безоговорочным аргументом в пользу использования такой арматуры при производстве теплоизоляционных изделий. Например, в технологии производства самонесущих конструкций, теплоизоляционных плит из автоклавного газобетона плотностью 150 кг/м<sup>3</sup> полной заводской готовности.

Согласно европейским нормам EN 12602:2008 (E) AAC 3,5 сетка из стеклянного волокна (10x10...25x25 мм, кислото- и щелочестойкая) может использоваться для связи облицовочного и основного слоев кладки, что и нашло отражение в российском СТО НОСТРОЙ 2.9.136-2013.

В работе [7] отражены результаты внешнего армирования газобетонных стен из блоков плотностью D500 класса B3,5 в зданиях возводимых в сейсмоопасных регионах. Армирование производилось путем наклейки полос холста углеволокнистой ткани фирмы «BASF». Разрушение стены происходит при динамических воздействиях, более чем в 2 раза превышающих нормируемые для районов с сейсмичностью 9 баллов и рекомендуется для применения на сейсмоопасных территориях

**Четвертый аргумент.** Хотя при усилии на разрыв деформация АК составляет до 2,8%, то стальной – 25% и это является важной проблемой. Но в российском СП 52-101-2003 [8] отмечено, что армированные бетонные конструкции дают трещины при деформации растяжения 0,015%, то есть, задолго до предела прочности арматуры, независимо от ее материала (композита или стали). Следовательно, только экспериментальные исследования в каждом конкретном случае могут дать возможность принять правильное решение.

При производстве армированных изделий из газобетона, в отличие от стальной, АК не требует нанесения антикоррозионной защиты на арматурный каркас.

Существующая нормативная база с одной стороны исключает использование АК в технологии производства армированных газобетонов изделий:

- в украинском ДСТУ-Н Б В.2.6-185 2012 «Руководство по проектированию и изготовлению бетонных конструкций с АК на основе базальто- и стекловолокна» [9] указано, что для изготовления бетонных конструкций с АК следует использовать тяжелый конструкционный бетон со средней плотностью от 2000 кг/м<sup>3</sup> до 2500 кг/м<sup>3</sup> включительно.
- в российском СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» существует лишь упоминания о расчетных предпосылках для АК, но в п. 6.2.2 в качестве арматуры упоминается только металлическая арматура.

С другой стороны, в альбоме [10], разработанном ООО «Байкальский газобетон» совместно с ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко предусмотрено в проектах жилых общественных зданий этажностью более 3-х этажей в районах с сейсмичностью 7, 8 и 9 при возведении газобетонных стен на площадках с сейсмичностью свыше 7 баллов устраивать вертикальное (продольное) армирование с двух сторон стены при помощи

композитных арматурных сеток с размерами ячейки от (10x10) мм до (35x35) мм и прочностью на разрыв не менее 50 кН/м, устанавливаемых в слое кладочного клея или стандартного цементно-песчаного раствора марки не ниже М100 на всю высоту и ширину стены (за исключением проемов).

Армирование отдельными стальными или композитными стержнями для стен толщиной до 180 мм допускается производить в один пояс (один стержень в усиливается ряду кладки). При толщинах стен более 180 мм следует производить армирование в два арматурных пояса (по два арматурных стержня в каждом усиливается ряду кладки).

АК может найти свое масштабное применение при внешнем армировании газобетонных стен. В Украине только после 2010 года началась работа по созданию нормативной базы по использованию АК.

Достаточно недавно был введен в действие нормативный документ, касающийся АК – это ДСТУ В.2.7-312: 2016. «Арматура неметаллическая композитная базальтовая периодического профиля, общие технические условия» [11].

На сегодня существует огромное количество различных исследований по использованию АК в бетоне при строительстве дорог, мостов, фундаментов, морских сооружений.

Соотношение прочности к жесткости в АК значительно больше, чем у стали, и это приводит к перераспределению напряжений в конструкциях. Нижняя зона растягивается, верхняя – сжимается и положение нейтральной оси в конструкции с АК будет выше, чем в конструкции со стальной арматурой, и будет ближе к началу сжатой зоны бетона. Это означает, что большая площадь поперечного сечения условно армированной балки будет подвергаться растягивающим усилиям. Напряжение, возникающее в сжатой зоне конструкций, армированных АК, будет выше, чем в аналогичных образцах из стальной арматуры. В результате прогиба конструкции с композитной арматурой будут больше, чем в конструкции аналогичного сечения со стальной арматурой. И это является основной преградой использования АК в плотном бетоне.

Использование композитных материалов на основе стеклянных, базальтовых, арамидных и углеродных волокон для внешнего армирования конструкций открывает широкие возможности обеспечения надежности и долговечности зданий и сооружений [12-13].

### Опыт использование АК в технологии автоклавного газобетона

Поскольку сами разработчики АК отмечают низкую теплоустойчивость АК, это отталкивало исследователей и технологов от мысли ее использования в автоклавных газобетонах.

Институт НИИСМИ совместно с НИИВМ им. В.Д. Глуховского КНУСА разработали защитное покрытие на основе геоцемента для стержневой базальтовой арматуры. Сухой и жидкий компоненты базовой двухкомпонентной геоцементной защитной композиции смешивались в ручном смесителе до однородной массы, полученная смесь наносилась на поверхность базальтовой арматуры вручную с помощью кисти. [14].

В работе [15] приведены результаты исследований АК для внутреннего армирования автоклавного газобетона. Авторы подтверждают существование возможности замены стальных армирующих элементов на элементы АК при армировании ячеистого автоклавного газобетона.

В работе [16] показано, что АК изготовленная из стекловолокна или базальтового волокна, скрепленного различными связующими, была использована при армировании перемычек. Прошедшие стандартную автоклавную обработку перемычки показывали более высокую прочность на изгиб, чем армированные металлом. Максимальное значение прочности зафиксировано на образце, при получении которого применена арматура диаметром 8 мм и предложенный отвердитель ТМ «Алит».

Нанесение на поверхность разогретой арматуры кварцевого песка при ее производстве вносит существенные коррективы в систему распределения усилий условно армированной газобетонной балки. Согласно [17] песок измельчается, механо- и термоактивируется и тем самым повышается его реакционная способность к синтезу гидросиликатов кальция в условиях автоклавной обработки газобетона.

Можно предположить, что на поверхности АК создается искусственная оболочка, которая должна обеспечить повышенную адгезию силикатного материала к арматуре, существенно увеличит контактную реакционную зону арматурного стержня с силикатным материалом и тем самым выполнит функцию «искусственной трубы», увеличив тем самым диаметр рабочей арматуры. (рис.3).



Рис. 3. Внешний вид АК без и с напылением песка



Производители композитной арматуры отмечают, что гляцевая поверхность АК приводит к уменьшению адгезии арматуры с бетоном на 18% и этот недостаток устраняется путем напыления песка на поверхность арматуры. По данным лабораторных исследований производителя композитной стеклопластиковой арматуры, компании «Императив Украина», напыление песка обеспечивает 100% адгезию арматуры с бетоном.

Проведенные нами предварительные исследования показали, что вытягивания арматурного стержня с напыленным песком диаметром 5мм из автоклавного газобетона требует дополнительного усилия на 20-22% больше, по сравнению с не напыленным образцом. Хотя производители АК утверждают, что адгезия увеличивается на 18%.

Дополнительный эффект роста усилий адгезии может быть объясним увеличением химической связи и эффектом «обоймы», которая образуется при автоклавной обработке газобетона на поверхности стержня. Можно предположить, что активированный кремнезем на поверхности арматуры способствует синтезу низкоосновных гидросиликатов кальция и, как бы искусственно, увеличивает рабочий диаметр стержня. При этом возможна и потеря механической прочности самого полимера.

В Научно-исследовательском, проектно-конструкторском и технологическом институте бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева разработан Свод правил СП339.5.1325800.2017 «Конструкции из ячеистых бетонов. Правила проектирования». Согласно Своду, ячеистые бетоны по прочности на сжатие подразделяются на следующие классы:

- В 1; В 1,5; В2; В2,5; В3,5; В5; В 7.5 – конструкционно-теплоизоляционные автоклавного твердения;
- В1,5; В2; В2,5; В3,5; В5; В7,5; В10 – конструкционно-теплоизоляционные неавтоклавного твердения;
- В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15 – конструкционные автоклавного и неавтоклавного твердения.

В Своде правил в табл 5.7 приведены нормативные значения прочностных и деформационных характеристик стеклопластиковой, базальтопластиковой, углепластиковой, арамидной и гибридной композитной арматуры (предел прочности и модуль упругости при растяжении) и методика расчета.

Следует ожидать, что введения нового свода правил выступит катализатором расширения использования композитной арматуры в технологии автоклавного газобетона.

### Выводы

В Украине использование АК в строительном производстве значительно отстает от развитых стран. Композитная арматура преимущественно используется в дорожном строительстве, для армирования тяжелых бетонов, которые эксплуатируются в агрессивных средах.

Существующая нормативная база позволяет использовать АК для армирования стеновых конструкций из газобетонных блоков. При этом могут быть использованы сетки и отдельные стержни.

АК по сравнению со своим металлическим аналогом обладает рядом преимуществ, которые могут быть рационально использованы при производстве теплоизоляционных и армированных изделий из газобетона.

Результаты аналитических исследований подтверждают возможность армирования автоклавных газобетонов, но требуют проведения дополнительных комплексных исследований.

Внедрение технологии напыления на АК кварцевого песка обеспечивает повышенную адгезию арматуры к плотному бетону и повышенную реакционную способность арматурного покрытия к силикатному материалу в условиях автоклавной обработки армированных изделий.

### Литература:

1. ДБН В.2.6-31: 2016. Теплова ізоляція будівель. – Київ, Мінрегіонбуд України. – 2017. – 37 с.
2. Горин В.М. Применение керамзитобетона в строительстве – путь к энерго – и ресурсоэффективности, безопасности зданий и сооружений / Строительные материалы. 2010. №8. – С. 8-10.
3. Рудченко Д. Г. Газобетон автоклавного твердіння з підвищеним коефіцієнтом конструктивної якості: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / Д. Г. Рудченко; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – К., 2012. – 21 с.
4. Сердюк В.Р., Рудченко Д.Г., Августович Б. І. Особливості конструкції стіни з використанням ніздрюватих бетонів./ Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 2015. № 1.- С. 33-38.
5. Анализ рынка Композитной арматуры. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://megaplast.msk.ru/analiz-rynka-kompozitnoj-armatury/>.
6. Фролов, Н.П. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции / Н.П. Фролов. – М.: Стройиздат, 1980. – 104 с.
7. Джамуев Б. К. Прочность и деформативность стен из ячеистобетонных блоков при статических и динамических воздействиях. Автореферат диссертация к. т.н. : 05.23.01 Москва, 2012.- 26с.
8. СП 52-101-2003 Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. М.: ГУП "НИИЖБ", ФГУП ЦПП, 2004.
9. ДСТУ-Н Б В.2.6-185: 2012 «Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і скловінгу» -К, 2012. – 41с.
10. Альбом узлов и технических решений для применения в проектах жилых и общественных зданий этажностью более 3 этажей в районах с сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов. АТР БГБ 4.1-2015. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.google.com/search?q>
11. ДСТУ В.2.7-312: 2016. «Арматура неметалева композитна базальтова періодичного профілю. Загальні технічні умови» -Київ, 2016.-17с
12. Заволока М.В., Заволока Ю.М., Заволока Ю.В. Усиление железобетонных конструкций внешним армированием композиционными материалами. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2018. –Вип. №70. –С.23-28.
13. Хаютин Ю.Г. О применении композиционных материалов для ремонта и усиления железобетонных конструкций / Ю.Г. Хаютин, В.Л. Чернявский // Бетон и железобетон. 2011. – №3.- С.2-4.
14. Лаповская С.Д. Применения стержневой неметаллической композитной арматуры для армирования ячеистобетонных изделий автоклавного твердения // Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения: 8-я Международн.- практ. конф. Минск-Могилев, 11-13.06.2014. – С.21-23.
15. Лободенко Е.А., Михайлова Е.В., Гусев К.В. Перспективы технологии производства армированных ячеистых бетонов автоклавного твердения. / Весник МГСУ Том 13. Выпуск 6 (117).- С.740-747.
16. Пономарев А.В. Применение композитной арматуры для производства армированных газобетонных изделий автоклавного твердения/Сборник докладов Научно-практическая конференция «Современный автоклавный газобетон» Екатеринбург 2017. –С.61-63.
17. Митина Н. А. Строительные материалы на основе активированного кварцевого песка / Н. А. Митина, В. И. Верещагин // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. – 2009. – Т. 314, № 3: Химия.-С.11-14.