

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И СТРАНАХ ЕВРОСОЮЗА

Сазон С.А.

магистрант 1 курса специальность «Строительство зданий и сооружений», г. Гродно, Республика Беларусь, sazon_sa@mail.ru

Аннотация. Приведены основные преимущества применения композитной арматуры по сравнению с традиционной, а также описана проблематика ее массового использования в строительной отрасли. Причиной является нехватка нормативно-технической базы и практических исследований для ее оптимального применения в различных конструкциях. Целью исследования является комплексный анализ современных тенденций производства и применения строительной композитной арматуры в Республике Беларусь и других индустриально развитых странах. В основной части статьи произведен исторический обзор применения композитных материалов в мировой практике и Республике Беларусь, а также разновидности композитных материалов, используемых в промышленности. Перечислены основные тенденции в исследовательской деятельности по изучению свойств композитных материалов с целью использования всего спектра достоинств данных материалов, а также сформулированы основные проблемы массового их применения в строительстве. В заключении обоснована необходимость использования композитных материалов в строительстве, однако многие вопросы теории создания и технологии таких материалов изучены недостаточно.

Ключевые слова: композитная арматура, армирование, строительство, матрица, армирующие волокна, конструкции

COMPARATIVE ANALYSIS OF TRENDS IN THE PRODUCTION AND USE OF CONSTRUCTION COMPOSITES IN THE REPUBLIC OF BELARUS AND THE EU COUNTRIES

S. A. Sazon

master's degree in Construction of buildings and structures, Grodno, Republic of Belarus, sazon_sa@mail.ru

Annotation. In the introduction, the main advantages of using composite rebar in comparison with traditional, as well as the problems of its mass use in the construction industry are described. The reason is the lack of regulatory and technical base and practical research for its optimal application in various structures. The purpose of the research is a comprehensive analysis of current trends in the production and use of composite construction fittings in the Republic of Belarus and other industrialized countries. The main part of the article provides a historical overview of the use of composite materials in the world practice and the Republic of Belarus, as well as the varieties of composite materials used in industry. The main trends in research activities for studying the properties of composite materials in order to use the full range of advantages of these materials are listed, as well as the main problems of their mass application in construction are formulated. In conclusion, the necessity of using composite materials in construction is justified, but many issues of the theory of creation and technology of such materials are not sufficiently studied.

Keywords: composite reinforcement, reinforcement, construction, matrix, reinforcing fibers, structures

Введение. Наряду с традиционной стальной арматурой в Республике Беларусь, Российской Федерации и других странах ещё в середине прошлого столетия были проведены исследования и разработки по созданию и промышленному производству новых видов композитных армирующих материалов, преимущественно на основе полимеров и высокопрочных волокон (стеклянных, базальтовых, углеродных, арамидных и др.). По сравнению с металлической арматурой основными достоинствами таких материалов являются высокая коррозионная стойкость, меньший удельный вес и теплопроводность, гибкость и возможность компактного транспортирования, а также в ряде случаев более низкая стоимость. Технологии пултрузии, положенные в основу производства композитной арматуры, допускают сочетание нескольких видов армирующих элементов в одном стержне, что в принципе невозможно при использовании стальной арматуры.

Однако многие вопросы, связанные с производством и применением таких материалов не освещены в должной мере в научно-технической литературе, что в определенной мере сдерживает разработку нормативно-технической документации (технических условий, технологических инструкций), необходимых для организации производства таких материалов.

Цель исследования – выполнить комплексный анализ современных тенденций производства и применения строительной композитной арматуры в Республике Беларусь и других индустриально развитых странах.

Основная часть. В условиях глобализации экономики и ограниченности запасов ископаемых сырьевых ресурсов успешная инновационная деятельность становится во многом определяющим фактором устойчивого развития государств [1]. Опыт Японии, Республики Корея, Сингапура, Тайваня в Азии, Германии, Израиля, Франции, Швейцарии, Швеции в Европе является убедительным подтверждением такого подхода.

Для Республики Беларусь, с ее ограниченными сырьевыми ресурсами, развитие экономики, основанное на наукоемких технологиях, также имеет особую актуальность. С одной стороны, ограниченный запас полезных ископаемых, в частности железной руды, легирующих добавок для изготовления металлической арматуры и с другой стороны увеличивающиеся темпы развития строительной отрасли ставят запрос об альтернативной ее замене на композитную. К числу широко распространенных в индустриально развитых странах наукоемких технологий относится производство полимерных композитов и изделий из них.

Композитные материалы – материалы, состоящие из термореактивной (эпоксидной смолы, фенола) или термопластичной (нейлона, ПЭТ) полимерной матрицы, армированной высокопрочными волокнами (фигура 1) [2].



Фигура 1 – Структура композитного материала [2]

Существует множество классификаций композитных материалов. К основным классификациям относят [3]:

По виду армирующего волокна (фигура 2, таблица 1):

а) Стеклопластиковая (АСП). Армирующим элементом выступает стекловолокно, пропитанное термореактивной смолой;

б) Углепластиковая (АУП). Основу составляют углеродные волокна, обладающие высокой прочностью. Основным недостатком такой арматуры является высокая стоимость;

в) Базальтопластиковая (АБП). Армирующим волокном является базальтовое, пропитанное органическими смолами. Этот вид арматуры отличается невысокой прочностью, однако ее преимуществом является высокая стойкость к агрессивному воздействию солей, щелочей, кислот.

г) Комбинированная арматура (АКК). Изготавливается из волокон различного типа. Такой вид арматуры позволяет создать компромисс между различными видами волокон и создать материал с заданными характеристиками



Фигура 2 – Виды арматуры из композитных материалов

Таблица 1 – Основные характеристики различных видов композитной арматуры [12]

Характеристика	АСК	АБК	АУК	ААК	АКК
Предел прочности на растяжение, МПа	800	800	1400	1000	1000
Предел прочности при сжатии, МПа	300	300	300	300	300
Модуль упругости при растяжении, ГПа	50	50	130	70	100
Предел прочности при поперечном срезе, МПа	150	150	350	190	190

По типу матрицы:

- а) термореактивная;
- б) термопластичная;
- в) гибридная.

Термореактивная матрица – результат отверждения эпоксидных, эфирных, имидных, и других олигомеров в процессе изготовления композита. Термопластичная матрица расплавляется для пропитки наполнителя, а затем охлаждается. Гибридная матрица может сочетать термореактивные и термопластичные компоненты.

По природе и форме исполнителя:

- а) органические и неорганические вещества природного или искусственного происхождения;
- а) дисперсно-наполненные композиты;
- б) материалы на основе коротких и непрерывных волокон.

По структуре полимерных композитов:

- а) матричная для материалов на основе дисперсных и коротких волокнистых частичек;
- б) слоистая (двухмерная) и объемная (трехмерная) для армированных пластиков на основе тканых и нетканых материалов.

По степени ориентации наполнителя, анизотропии материала:

- а) хаотическое расположение частиц и волокон (непрерывных и коротких) – изотропная (или квазиизотропная) структура;
- б) однонаправленная ориентация волокон – резко выраженная анизотропия;
- в) перекрестная, ортотропная ориентация: 0, 90 градусов – заданная анизотропия;
- г) косоугольная ориентация волокон под углами, отличающимися от 90 градусов – заданная анизотропия;
- д) веерная структура, состоящая из слоев с различной ориентацией волокон – заданная анизотропия.

По методам изготовления материалов и изделий:

- а) одностадийные методы: экструзия и «мокрая» намотка, пултрузия (протяжка), вакуумное формование;
- б) двухстадийные методы предварительного получения пропитанных связующим неориентированных (премиксы) или ориентированных (препреги) волокнистых материалов (полуфабрикатов) с последующим формованием материала (ламината) методами «сухой» намотки, прессования, автоклавного формования.

По количеству компонентов:

- а) двухкомпонентные ПКМ;

б) трехкомпонентные ПКМ, совмещающие дисперсные частицы и короткие волокна;

в) половолоконные гибридные ПКМ, совмещающие волокна с близкой (стеклоорганопластики) или, наоборот, существенно различной (стеклоуглепластики) деформативностью;

г) полиматричные структуры, например, на основе сочетания термореактивных и термопластичных связующих.

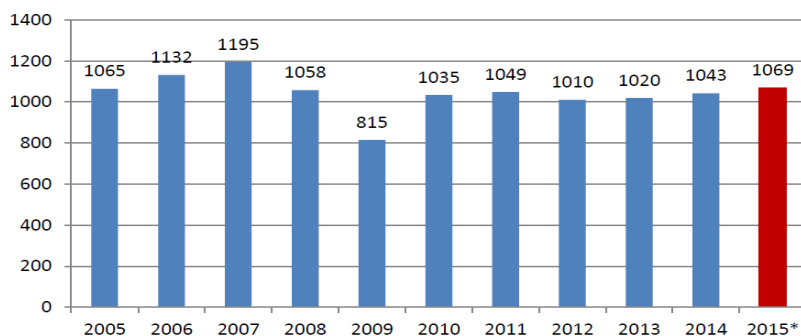
По объемному содержанию наполнителя:

а) 30-40% – неориентированные структуры;

б) 50-75% – ориентированные структуры;

в) 75-95% – высоко- и предельно наполненные органоволокниты [15].

Возникшее первоначально применительно к решению задач создания высокопрочных и легких материалов для авиационной и ракетно-космической техники, в результате технической эволюции производство полимерных композитов значительно расширило свои первоначальные рамки. Высокая удельная прочность, малая плотность, стойкость к воздействию агрессивных сред, высокая технологичность делают такие материалы конкурентоспособными, а в ряде случаев незаменимыми для использования в разнообразных конструкциях. В настоящее время трудно найти такую отрасль экономики или социальной сферы, где не применялись бы изделия из полимерных композитов. Например, в Европе за 2015 год согласно отчету, представленному немецкой ассоциацией «Composites Germany» [1], объем производства только одного из видов композитов – стеклопластика, составил 1,069 мегатонн, что является наивысшим показателем за последние 8 лет.



Фигура 3 – Объем производства стеклопластиков в Европе

Одним из главных направлений развития композитных материалов является изготовление и использование композитной арматуры в строительстве.

Производить композитные материалы начали в 50-х годах XX века.

Впервые идея использования полимерного материала для армирования бетонной конструкции принадлежала советскому ученому Бурову А. К. в 1941г. С середины прошлого столетия начались разработки по внедрению данного материала в промышленность и в строительную отрасль [7]. Особую значимость использования

стеклопластика является его применение в агрессивных средах, а также для обеспечения диэлектрических и антимагнитных свойств некоторых конструкций и сооружений.

В 1960-е годы XX века в СССР начали производить композитную арматуру, которая состояла из щелочестойкого стеклянного волокна Ø10-15мк. Образец, полученного арматурного стержня имел физико-механические свойства, представленные в таблице 1 [4].

Таблица 2 – Физико-механические характеристики первой стеклопластиковой композитной арматуры

Начальный модуль упругости	50 ГПа
Сопротивление разрыву	1,5ГПа
Плотность	1800-2000 кг/м ³
Долговременная прочность в условиях нормальных температур и влажности	65%

Изготовленный материал использовался при строительстве следующих объектов [4]:

1) 1969-1979г. – построены опытные участки ЛЭП со стеклобетонными траверсами в Гродно, Москве, Ставрополе.

2) 1976г. – построены два надвижных склада с наклонными элементами арок, армированными стеклопластиковыми стержнями Ø6мм.

3) 1975г. – построен клееный деревянный мост с применением композитной арматуры Ø4мм. Мост спроектирован Хабаровским политехническим институтом.

4) 1981г. – Построен мост через р. Шкотовка с применением стеклопластиковой арматуры.

Первой страной Европы, обратившей свое внимание на композитную строительную арматуру, стала Германия. В 1986 году здесь был построен автодорожный мост, для армирования которого использовалась арматура из преднапряженного FRP. Европейскую программу исследований волоконных композитов и технологии применения неметаллической арматуры возглавила компания EUROCRETE .

В Китае и Японии также активно изучают и используют композитную арматуру при строительстве различных объектов.

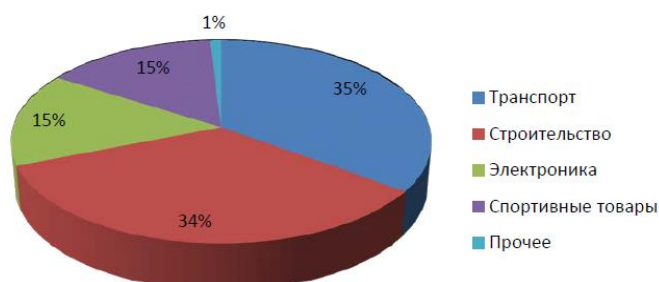
К 1995 году количество зданий и сооружений, построенных с применением композитов в качестве материала

На сегодняшний день крупнейшим для армирования бетонных конструкций, насчитывалось более ста. потребителем композитной арматуры является Китай: здесь данный строительный материал используется при возведении большинства новых конструкций – от промышленных сооружений до мостов и метрополитенов.



Фигура 4 – Строительство моста с применением стеклопластиковой арматуры (Квебек, Канада)

Основными потребителями стеклопластиковых изделий в Европе являлись транспорт (35%), строительство (34%), электроника (15%) и производство спортивных товаров (15%) [1] (фигура 6)



Фигура 5 – Области применения стеклопластика в Европе

В машиностроении из полимерных композитов изготавливают силовые элементы конструкций, зубчатые колеса, шкивы, крыльчатки центробежных насосов и вентиляторов, напорные сосуды и трубопроводы, прокладки, сальники, крепежные элементы и т.д. В автомобилестроении – детали электротехнического, антифрикционного и декоративного назначения. Современные модели автомобилей включают в себя более 400 различных деталей из полимеров, в том числе внутренние и наружные панели дверей, удлинители крыльев, энергопоглощающие передние и задние элементы кузова, бамперы, спойлеры, инструментальные панели, держатели фар, кожуха системы отопления и охлаждения, решетки радиатора, цельноформованные потолки и т.д. Некоторые модели тяжелых грузовиков содержат до 450 кг листовых формованных полимерных материалов. Ведутся и более радикальные разработки. В частности, North American Bus Industry разработала конструкцию легковесного автобуса из композитов (COMPOBUS), благодаря чему удалось снизить массу более чем на 3 тонны [1].

Все эти направления представлены в экономике и научно- инновационной сфере Республики Беларусь. В стране имеется достаточно мощный производственно-технический потенциал, основу которого составляют крупные предприятия по производству полиамида и мочевино- формальдегидных смол («ОАО Гродно-Азот», г. Гродно), полиолефинов (ОАО «Полимир», г. Новополоцк), полиэтилентерефталата («ОАО Могилевхимволокно», г. Могилев) стеклянных и базальтовых волокон ОАО «Полоцк-Стекловолокно», углеродных волокон (ОАО «Светлогорск-Химволокно», г.Светлогорск). Функционирует большое количество средних и малых предприятий, занимающихся изготовлением изделий из полимеров и композитов. Значительный объем продукции выпускают специализированные цеха и участки по переработке полимеров на многопрофильных предприятиях. Освоен выпуск широкой номенклатуры изделий для автотракторного машиностроения, строительства, электротехнической промышленности, медицины и социальной сферы [1].

В настоящее время в Республике Беларусь на душу населения производится ≈ 50 кг/год ПМ, что выше среднемирового потребления (≈ 32 кг/год), существенно выше, чем в России (≈ 28 кг/год), однако более чем в 2 раза ниже среднеевропейского (≈ 110 кг/год) уровня. Структура промышленности производства ПМ материалов Республики, а также мономеров и отдельных наполнителей приведена на рисунке 7 [5].

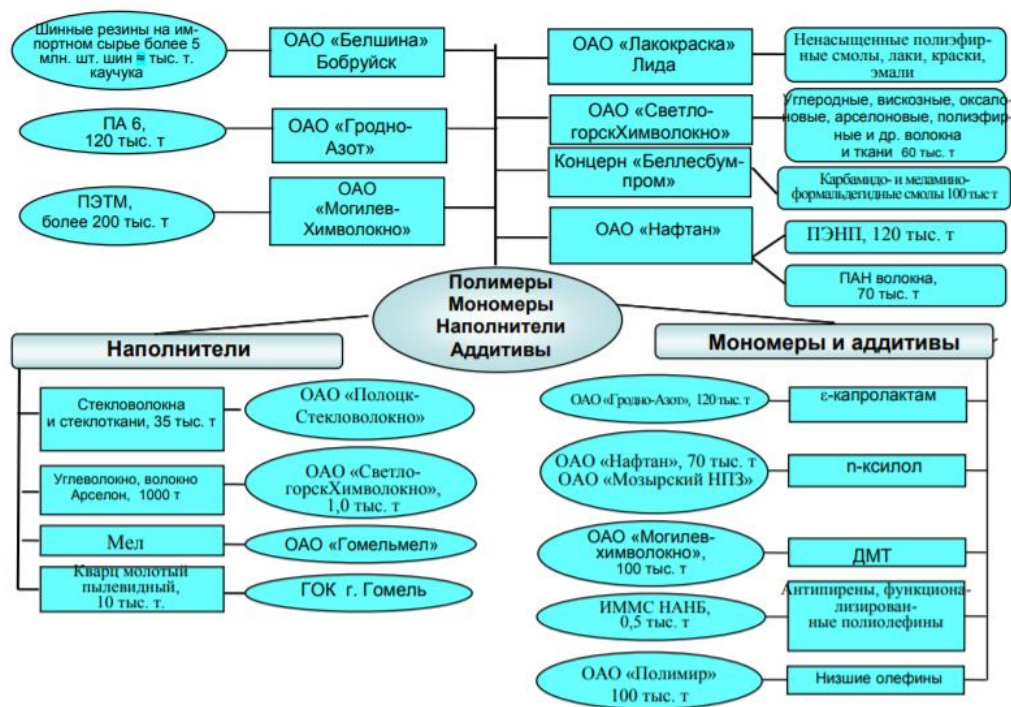


Схема 6– Структура и производство основных видов полимерной продукции, мономеров и наполнителей в Беларуси [5]

Основной продукцией, получаемой из композитных материалов и применяемой в строительстве, являются:

- арматура из стеклянного и базальтового волокна (предприятием ОАО

«Полоцк-Стекловолокно» получены рекомендации БелдорНИИ для применения базальтопластиковой коррозионно-стойкой арматуры для мостового сооружения, автостоянок, сточных коллекторов, ведутся работы по изучению применения композитной арматуры для армирования бетонных изделий);

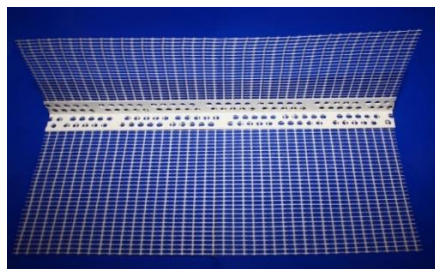


Фигура 7– Стеклопластиковая арматура производства ОАО «Полоцк-Стекловолокно»

– рулонные композиционные материалы (рулонный стеклопластик, сетка для фасадных работ, стеклосетка малярная для отделочных работ, ламинированные ткани, противомоскитные сетки, штукатурный уголок, самоклеющаяся армированная лента);



а)



б)

Фигура 8 –Образец продукции ОАО «Полоцк-Стекловолокно»

а) – стеклосетка малярная, б)штукатурный уголок

- базальтопластиковая фибра для армирования коррозионно-стойкого бетона;
- пенобетон с рубленным стекловолокном (предотвращение оседания бетона при вспенивании, повышение экономичности производства и качества пенобетона);
- базальтоцемент;
- конструкционный композитный профиль (армирование мостовых плит, применение для дорожных ограждений, для изготовления сэндвич-панелей и мобильных дорожных покрытий);
- водопроводные и канализационные трубы;
- опоры освещения – фигура 10;



Фигура 9 – Опоры освещения производства ОАО «Полоцк-Стекловолокно»

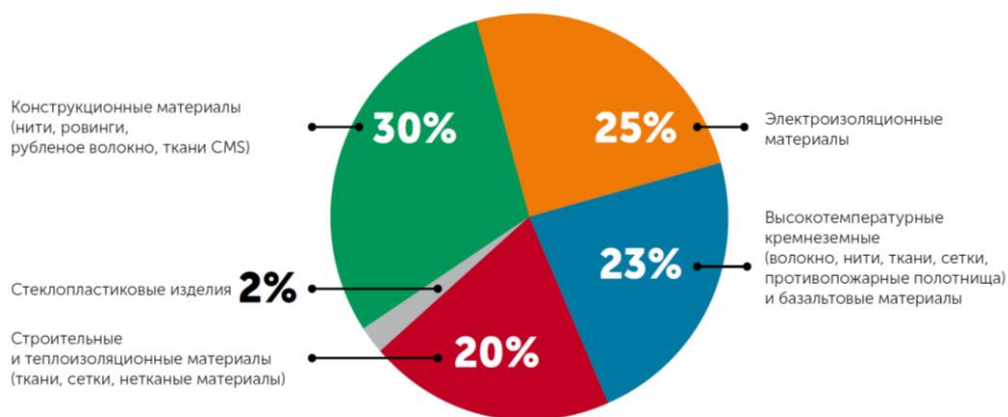
- мостовые конструкции и ограждения;
- кровельные стеклопластики;
- изделия для городского благоустройства.
- химостойкие композиты (огнестойкие и химостойкие настилы, коррозионно-стойкие напорные трубы;
- технологическое оборудование (фигура 14).



Фигура 10 – Технологические химостойкие трубопроводы

Производственные мощности достаточны не только для удовлетворения внутренних потребностей Беларуси, но также и для крупносерийных поставок продукции на экспорт. Полоцкие стекломатериалы успешно применяются зарубежными фирмами для производства водопроводных и канализационных труб, опор освещения, мостовых конструкций и ограждений, армирующих дорожных сеток, кровельных стеклопластиков и т.д. [1].

На диаграмме (фигура 15) представлены основные виды продукции ОАО «Полоцк-Стекловолокно». Хотя доля собственных композитных изделий в общем объеме производства невелика, значительная часть продукции предприятия служит именно для создания строительных, электротехнических, машиностроительных композитов, что подтверждает актуальность использования композитных материалов в строительной отрасли.



Фигура 11 – Структура продукции ОАО «Полоцк-Стекловолокно», Республика Беларусь [6]

Также охарактеризуем кратко состояние производств полимерных материалов, отдельных наполнителей и отдельных аддитивов на предприятиях концерна «Белнефтехим» с учетом перспектив их развития до 2030 г. [6].

ОАО «Могилевхимволокно» является крупнейшим в Европе комплексом по выпуску полиэфиров и готовой продукции из них – главным образом волокон и нитей. Особенностью ОАО «Могилевхимволокно» является объединение в единый промышленный комплекс ряда производств, связанных технологическим циклом – от получения исходного сырья до выпуска конечной продукции. Объединение выпускает широкий спектр продукции производственно-технического назначения, важнейшими видами которых являются: диметилтерефталат (ДМТ), полиэтилентерефталат (ПЭТ), волокна и жгуты полиэфирные, нити полиэфирные различного назначения, преформы из пищевого ПЭТ, полиэфирные композиционные материалы, полотна полиэфирные, товары народного потребления. Производственные мощности позволяют выпускать в год волокна полиэфирного – 143,0 тыс. т; нитей полиэфирных текстурированных – 15,3 тыс. т; нитей технических полиэфирных – 18,4 тыс. т; ДМТ – 250 тыс. т; ПЭТ – 180 тыс. т; нити текстильной вискозной – 9,2 тыс. т., полиэфирных композитов до 1,8 тыс. т. Кроме того, в последние годы запущены производства ленты полиэтилентерефталатной обвязочной, напорных пожарных рукавов, шнуров бытового назначения из ПЭТ. В ближайшей перспективе в ОАО «Могилевхимволокно» планируется строительство установки непрерывной поликонденсации ПЭТ с прямым формованием волокна и производством технических нитей. Это позволит сделать производство ПЭТ более энергосберегающим, перейти на одностадийную и экономичную технологию производства полиэфирных технических нитей. Общество располагает универсальной линией по производству полиэфирных композитов на базе двухшнекового экструдера ф. Verstorff (ФРГ). Мощность линии – до 1800 тонн/год. В настоящее время на этой линии производятся полиэфирные композиты на базе ПЭТ (8

марок) и ПБТ (6 марок) под торговым названием «БЕЛТЕР». Поскольку собственное малотоннажное производство ПБТ в ОАО «Могилевхимволокно» прекращено, то выпуск композитов на основе ПКМ снижает рыночную конкурентоспособность ПКМ. В настоящий период линия по компаундированию работает не на полную свою мощность. ОАО «СветлогорскХимволокно» осуществляет производство вискозных технических и текстильных нитей; вискозной кордной ткани; углеродных волокнистых материалов; термостойких волокон типа «Арселон»; ткани и нити термостойкой «Арселон»; полиэфирных технических нитей и тканей; полипропиленовых тканых материалов и нетканых материалов типа «Спанбонд», «Спанбел», натрийкарбоксиметилцеллюлозы, ТНП.

Производственные мощности ОАО «Гродно Азот» позволяют выпускать более 100 тыс. т. продукции из полиамида 6 (ПА6) следующего ассортимента: **кордная** ткань для шинной промышленности, нить технического назначения, теплоизоляционные материалы, ПА6 в гранулах, полиамидные композиты (инженерные пластики), различные виды ТНП. В течение года Объединение может выпускать: нить жгутовую полиамидную – более 15 тыс. т; нить техническую для технических изделий и корда – около 25,0 тыс. т; волокно полиамидное – 1,0 тыс. т; ПА 6 (гранулят) – до 50,0 тыс. т. Производство ПА композитов составляет $\approx 10,0$ тыс.т, а имеющаяся потенциальная мощность по ПА композитам – 15,0 тыс. т. В перспективе предприятием планируется с целью углубления переработки полиамида организовать производство полиамидной текстильной нити, модернизировать установку полимеризации ф. «Циммер», что позволит производить гранулят ПА6 с добавкой TiO_2 . Объем производства композитов планируется довести до 15 тыс. т в год. Важным является тот факт, что в структуре ОАО «Гродно Азот» осуществляется производство мономера (ϵ -капролактама), мощность которого в среднесрочной перспективе планируется довести до 140 тыс. т в год и соответственно увеличить производство ПА6. В ПТК «Химволокно» ОАО «Гродно Азот» в настоящее время производится наибольший в Беларуси объем и ассортимент полиамидных ПКМ. К их числу относятся литьевые ПКМ типа Гроднамид (3 базовые марки), стеклонаполненные материалы с содержанием стекловолокна (СВ) 30 % (5 марок), стеклонаполненные композиты с содержанием СВ от 10 до 60 % (10 марок), стеклонаполненные материалы с добавками лубриканта (5 базовых марок), высокопрочные стеклонаполненные материалы типа ПА6-ЛТ-СВ-30М, ПА6-ЛТ-СВ30-5М, ПА6-ЛТ-СВ30-8М с высокими значениями модуля упругости и стойкостью к действию знакопеременных нагрузок (3 базовые марки), минералонаполненные ПКМ (5 марок), ПКМ с комбинированными наполнителями (комбинации коротких СВ и дисперсных минеральных наполнителей, в том числе стеклошариков, 2 марки), ударопрочные ПКМ типа Гроднамид ПА6-Л-У (3 марки), антифрикционные ПКМ (3

марки), в том числе на основе стеклонаполненного ПА6, трудновоспламеняемые и самозатухающие ПКМ типа ПА6С и ПА6-ТГ (5 марок, в том числе 2 марки на базе стеклонаполненного ПА6), экструзионные ПКМ типа ПА6-Э (2 марки); ПКМ на базе полиамида 66 (3 базовые марки). Таким образом, марочный ассортимент ПКМ, выпускаемых в ПТК «Химволокно» ОАО «Гродно Азот» насчитывает более 40 марок. Такой ассортимент уже в настоящее время обеспечивает устойчивый сбыт полиамидных ПКМ в количестве ≈ 10 тыс. т в год на сумму более 20 млн. долл. США [6].

В республике имеется достаточно мощный научно-инновационный потенциал из профильных подразделений университетов, научно-исследовательских институтов, инжиниринговых центров и малых инновационных предприятий, интересы которого охватывают широкий спектр областей от модификации связующего и армирующих волокон до создания новых композитов, включая материалы с нанодисперсным наполнителем (нанокомпозиты).

Одной из специфических особенностей композиционных материалов является то, что не всегда удается реализовать в изделиях упрочняющий эффект композитов. Например, строительная композитная арматура имеет в 4-5 раз более высокую прочность в сравнении со стальной. Однако вследствие значительно меньшего модуля упругости при растяжении упрочняющий эффект от простой замены стали на стеклопластик в бетоне незначителен или может даже полностью отсутствовать [1]. Поэтому необходим учет особенностей свойств композитов при проектировании и изготовлении изделий.

Несмотря на традиционно бытующее на протяжении предыдущих десятилетий мнение о наибольшей целесообразности применения композитной арматуры в конструкциях с предварительным напряжением, до настоящего реализованы лишь единичные подобные примеры и, как правило, в качестве экспериментальных образцов.

Возможность применения стеклопластиковой арматуры (СПА) в бетонных элементах обусловлена рядом достоинств по сравнению с металлической арматурой: СПА устойчива к некоторым химическим воздействиям, не подвержена коррозии; является диэлектриком; гораздо легче стальной арматуры; имеет широкий диапазон рабочих температур (от -70 до $+100$ °С); высокая прочность на растяжение, высокая выносливость. Однако массовое внедрение композитной арматуры затруднено из-за ряда факторов: низкий модуль упругости СПА может привести к хрупкой форме разрушения конструкции, что недопустимо по требованиям ТКП EN 1990 Basis of Structura 1 Design; низкая огнестойкость; невозможность изготовления гнутых арматурных изделий в состоянии поставки; невозможность использования сжатой арматуры; высокая стоимость СПА [9; 10].

Сдерживают в определенной мере масштабное применение полимерных композитов устоявшиеся традиционные нормы проектирования, привязанные к использованию стальных или бетонных конструкций. Переход на европейские нормы, поэтапно осуществляемый в Республике Беларусь, позволит расширить применение композитов в качестве основного конструкционного материала при строительстве и реконструкции автозаправочных станций, транспортных коммуникаций, цехов и предприятий химических производств.

Помимо технических препятствий для широкого применения композитной арматуры существуют значительные организационные трудности: не существует единых общепринятых требований на уровне государственных или международных стандартов к методам контроля и правилам приемки арматуры; в виду принципиального отличия диаграммы деформирования композитной арматуры от стальной не существует однозначного понимания по назначению расчетных характеристик; не стандартизированы методики расчета композито-бетонных конструкций, включая расчет минимального процента армирования; недостаточно изучен опыт эксплуатации изделий с данной арматурой; отсутствуют нормативные требования по ширине раскрытия трещин в конструкциях с композитной арматурой; не используется единая методика для контроля механических свойств композитной арматуры; не нормированы требования и никак не контролируются характеристики сцепления композитной арматуры с бетоном.

Заключение. Наряду с традиционной стальной арматурой во многих научных центрах и инновационных фирмах индустриально развитых стран, а также в Республике Беларусь и Российской Федерации начаты исследования и разработки по созданию и промышленному производству новых видов армирующих материалов, преимущественно на основе полимеров и высокопрочных волокон (стеклянных, базальтовых, углеродных и др.). Но с очевидным преимуществом использования композитных материалов в строительстве многие вопросы теории создания и технологии таких материалов изучены недостаточно.

Научный руководитель – В. Г. Барсуков, доцент, доктор технических наук, заведующий кафедрой технической механики, Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, г. Гродно, Республика Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Барсуков, В.Г.** Тенденции и проблемы инновационного развития производства полимерных композитов в Республике Беларусь /В.Г.Барсуков //Проблемы и перспективы инновационного развития экономики: материалы XXIV международной научно-практической конференции, Алушта, 16-20.09.2019г /Научно-технический

союз Крыма.- Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019- с.78-84.

2. American Concrete Institute (ACI), “State-of-the-art report on fiber reinforced plastic (FRP) reinforcement for concrete structures,” ACI 440R-96 ACI Committee 440, 1996. – 68 p.

3. **Кербер, М.Л.** Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие / М.Л. Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин и др.; под ред. А.А. Берлина. – СПб,: Профессия, 2008. – 560 с.

4. Арматура стеклопластиковая // Ярославский завод композитов [Электронный ресурс]. – 2019.- Режим доступа <http://yazk.ru/ru/explore-3/module-variations-.html?layout=edit&id=215>. – Дата доступа: 27.02.2020.

5. **Песецкий, С. С.** Полимерные композиты многофункционального назначения: перспективы разработок и применения в Беларуси/ С. С. Песецкий, Н. К. Мышкин // Полимерные материалы и технологии. – 2016.–Т.2 №4. – С. 6 – 29

6. Комплексный прогноз научно-технического прогресса Республики Беларусь на 2016–2020 годы и на период до 2030 года. Минск. – 2015

7. **Буров, А.К.** Синтетические волокнистые анизотропные структуры / А.К. Буров, Г.Д. Андриевская. – М., 1952 .

8. **Фролов, Н.П.** Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции / Н.П. Фролов. – М. : Стройиздат, 1980. – 104 с.

9. **Лешкевич, О.Н.** Перспективы применения композитной арматуры [Электронный ресурс] / О.Н. Лешкевич // Проблемы современного бетона и железобетона : третий междунар. симп., Белгород, 9 –11 нояб. 2011 г. – Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/664098>. – Дата доступа 26.04.2020

10. **Василенко, А.И.** Применения неметаллической арматуры в Республике Беларусь / А.И. Василенко // Наука – 2012 : сб. науч. ст. : в 2 ч. Ч. 2 / ГрГУ им. Я. Купалы ; редкол. : Г.М. Третьяков (отв. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2012. – С. 125 –127.

11. СТБ 1103-98 Арматура стеклопластиковая. Технические условия

12. Композитная арматура: виды, характеристики, особенности // [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа <https://www.navigator-beton.ru/articles/kompozitnaya-armatura-vidi.html>. – Дата доступа: 26.04.2020.

13. **Шалобыта, Н.Н.** Сопротивление срезу железобетонных балок с пологим отгибом части продольной предварительно напряженной арматуры [Электронный ресурс] / Н.Н. Шалобыта, В.Н. Малиновский, Т.П. Шалобыта. – Брест : БрГТУ, 2010. – Режим доступа: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/6560/1/57.pdf>. – Дата доступа: 26.04.2020

14. **Свириденко, А.И.** Научно-инновационные аспекты устойчивого развития государства в условиях глобализации /А.И.Свириденко. С.А.Мае - кевич //Белорусский экономический журнал. - 2003. № 1, с.3-17

15. **Волик, А.Р.** Особенности механических характеристик композитных материалов, применяемых в строительных конструкциях: сб. научных статей / А. Р. Волик, С. А. Сазон, Е. К. Волик: сб. научных статей / ПГУАС; редкол: А.И. Шеин (гл. ред.) [и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2014. – С. 39 – 47.