

УДК 691.17 : 504.06

**СОСТАВ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ  
ПОЛИМЕР-НЕОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СТЕКЛЯННОГО ВОЛОКНА  
В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

© 2026 М.Ю. Пентешин, А.В. Васильев

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 11.02.2026

Рассмотрены состав и характеристики полимер-неорганических композитов на основе стеклянного волокна, а также перспективы применения в строительной отрасли. Проведён обзор российского рынка производителей стекловолокна, стеклонаполненного полиамида и полипропилена, стеклопластиков на основе полиэфирных, эпоксидных, винилэфирных и фенолформальдегидных связующих смол. Использование результатов проведенного анализа и обзора позволит модифицировать и создавать полимер-неорганические композитные материалы на основе стеклянного волокна с улучшенными характеристиками.

*Ключевые слова:* полимер-неорганические композиты, стекловолокно, характеристики, применение, строительство

DOI: 10.37313/1990-5378-2026-28-2-233-246

EDN: RQXXLK

*Исследование выполнено за счет междисциплинарного гранта  
Российского научного фонда № 25-69-00012*

Стеклопластики, представляющие собой полимер-неорганические композитные материалы, содержащие в качестве армирующего наполнителя стеклянное волокно, широко применяются в различных отраслях промышленности: строительстве, машиностроении, электронике, судостроении. Обоснование их актуальности и востребованности в различных отраслях промышленности приводится во многих отечественных научных трудах [1, 2, 12-14, 16, 17]. Научный интерес к стеклопластикам и их широкое применение обусловлены уникальным сочетанием физических, механических, термических, электроизоляционных и технологических свойств [3-8, 14].

Согласно ГОСТ 32794-2014 «Композиты полимерные. Термины и определения», стекловолокно – волокно для армирования полимерных композитов, образуемое из расплава неорганического стекла. Стекло – это твердый аморфный материал, не имеющий кристаллического строения, основу которого составляет кремнезем (диоксид кремния)  $\text{SiO}_2$ . В зависимости от потребности в необходимых свойствах стекловолокна, в состав стекла вводятся различные добавки и модификаторы. На свойства стеклопластика влияет и структура стеклянных волокон, они могут представлять собой непрерывные нити в виде войлока или ровницы и резаное (штапельное) волокно [2, 10].

Для описания свойств стекловолокна следует рассматривать используемое в процессе его производства стекло. В ГОСТ 32650-2014 «Стекловолокно. Нити. Типы и марки» приводится общая характеристика стекл для стеклонитей. В зависимости от типа стекла в технической документации указывают соответствующее обозначение его маркировки. Алюмоборосиликатное стекло с массовой долей щелочей не более 1% характеризуется высокими диэлектрическими свойствами и обозначается Е, а боросиликатное стекло, напротив, – низкими диэлектрическими свойствами и обозначается Д. Магневоалюмосиликатное стекло, обладающее высокой прочностью и упругостью, обозначается как ВМП, ВМ-1. Стойкость к химическому воздействию является отличительной особенностью щелочекальциевосиликатного стекла (7А, С) с добавлением диоксида циркония  $\text{ZrO}_2$  или триоксида бора  $\text{B}_2\text{O}_3$ , а высокое содержание  $\text{ZrO}_2$  наделяет щелочекальциевосиликатное стекло (ЩС) стойкостью к воздействию щелочей. Алюмокальциевосиликатное стекло (ЕК, 273А, А-2) с массовой долей щелочей не более 1% с добавлением оксида цинка  $\text{ZnO}$  и диоксида титана  $\text{TiO}_2$  характеризуется химической стойкостью и электроизоляционными свойствами. Звуко-, тепло- и гидроизоляционные

*Пентешин Михаил Юрьевич, аспирант кафедры «Техносферная безопасность и управление качеством».*

*E-mail: penteshin01@mail.ru*

*Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность и управление качеством», директор научно-исследовательского центра техносферной безопасности и новых материалов, E-mail: vasilyev.av@samgtu.ru*

ми характеристиками обладает кальциевосиликатное стекло (А) с высоким содержанием щелочей.

По состоянию на 2026 год, в России действует порядка 100 компаний, основным видом деятельности которых является производство стекловолокна. К числу наиболее известных и значимых среди них относятся: ООО «КНАУФ Инсулейшн»; АО «Росатом Стекловолокно»; ООО «Альстром Тверь»; ООО «Никогласс»; ООО «Татнефть-Стекловолокно»; ООО «Лидер-Тюнинг»; ООО «ЛаушаФайбер Судогда»; ПАО «Астраханское Стекловолокно»; ООО «Арсет-тверские стеклянные сетки»; ООО «Делфи»; ООО «РОСТКАРПЛАСТИК»; ООО «КОМПОЗИТ ГРУПП ЧЕЛЯБИНСК»; ООО «УРАЛАРМОПРОМ»; АО «Новгородский завод стекловолокна»; ООО «Композит 21»; ООО «Стекловолокно»; ООО «Каспийский завод стекловолокна»; ООО «Челябинский завод теплоизоляционных изделий»; АО «Стеклопласт»; ООО «Стеклоизолит»; ООО «Пермский завод композитных изделий»; ООО «Композит-Трейдинг» и другие. Изобилие компаний на рынке производителей стекловолокна в России в целом свидетельствует о стабильном росте отечественной промышленности в композитной отрасли, обусловленном высоким спросом и растущими потребностями в композитных материалах на основе стеклянного волокна.

Стекловолокно в стеклопластиках выступает в роли наполнителя, а матрицей (связующим) могут быть различные виды термопластов и реактопластов. В термопласты вводят от 15% до 50%, а в реактопласты – до 80% стекловолокна. Матрица стеклопластика может представлять собой многокомпонентную систему, состоящую из неорганического полимера и добавок. Для придания необходимых свойств стеклопластикам в матрицу добавляются отвердители, пластификаторы, стабилизаторы, пигментирующие компоненты [2, (с. 17)].

Свойства готового изделия из стеклопластика существенно зависят, в том числе и от процентного содержания стекловолокна в материале. Для определения состава полимерного композита проводится комплекс экспериментальных лабораторных исследований. Стандарт ГОСТ 32652-2014 «Композиты полимерные препреги, премиксы и слоистые материалы. Определение содержания стекловолокна и минеральных наполнителей» устанавливает требования к методам определения содержания стекловолокна в композитных материалах. Стандарт ГОСТ 32652-2014 распространяется на препреги (согласно ГОСТ 32794-2014, препреги – готовые для переработки армирующий наполнитель в форме тканей или нитей, предварительно пропитанный материалом, образующим матрицу полимерного композита), премиксы (согласно ГОСТ 32794-2014, премиксы – смесь материалов, образующего матрицу полимерного композита, дискретных армирующих и других наполнителей, обычно приготовляемая незадолго до использования) и термопластичные или терморезистивные материалы (стеклокомпозиты). Стандарт устанавливает два метода определения (А и В) содержания стекловолокна и минерального наполнителя в стеклокомпозитах. Метод А применяется только для материалов, которые не содержат минеральный наполнитель, а метод В применяется для определения содержания стекловолокна и минерального наполнителя. Минеральным наполнителем, модифицирующим свойства материала, могут быть мел, каолин, тальк, кварц и другие добавки [2, 9, 11].

Показатель качества готовых изделий из стеклопластиков зависит, в том числе и от их внешнего вида. Внешний вид готовых изделий из многослойных стеклопластиков строго контролируется требованиями стандарта ГОСТ 56975-2016 «Композиты полимерные. Показатели внешнего вида изделий из многослойных стеклокомпозитов». В данном стандарте указывается описание недопустимых уровней дефектов с соответствующими иллюстрациями.

Рассмотрим основные виды материалов на основе стеклянного волокна. Из стекловолоконных нитей производят: маты и ткани. Стекломаты можно охарактеризовать как нетканый материал из хаотично расположенных стеклянных волокон, скрепленных связующим веществом. На технические требования к стекломатам установлен стандарт ГОСТ 34337-2017 «Стекловолокно. Маты». Стеклоткани – это тканое полотно из переплетенных ровинговых стеклянных нитей, связанных связующим материалом. В зависимости от назначения ткани могут быть конструкционного, электроизоляционного и теплоизоляционного назначения. На ткани конструкционного назначения установлен стандарт ГОСТ 19170-2001 «Стекловолокно. Ткань конструкционного назначения», на ткани электроизоляционного назначения – ГОСТ 19907-2015 «Ткани электроизоляционные из стеклянных крученых комплексных нитей», на ткани теплоизоляционного назначения – ГОСТ 23619-2024 «Материалы и изделия огнеупорные теплоизоляционные стекловолокнистые муллитокремнеземистого химического состава».

Среди стеклопластиков в настоящее время в России в промышленном масштабе производятся термопласты, армированные стекловолокном – стеклонаполненные полиамиды и полипропилены.

Среди стеклопластиков на основе реактопластов, широкое распространение получили стеклопластики на основе полиэфирных, эпоксидных, винилэфирных и фенольных смол.

На стеклонаполненные полиамиды установлены технические требования ГОСТ 17648-83 «Полиамиды стеклонаполненные. Технические условия».

Полиамид – это полимер на основе линейных синтетических высокомолекулярных соединений, содержащих в основной цепи амидные группы –CONH– [13, с. 20]. Соединение наполнителя в виде стеклянного волокна и матрицы – полиамида позволяет получить стеклопластик с высокими показателями механических и электрических свойств. Стеклонаполненные полиамиды различаются по маркам исходного полиамида – 610, 6-210, 6-211, 66. Цифровое обозначение в маркировке полиамида отражает химическое строение полимера.

На рисунке 1 представлен общий вид стеклонаполненного полиамида.

Как видно из рисунка 1, материал представляет собой гранулы цилиндрической формы. Готовые изделия изготавливают литьём под давлением [15].

Стеклонаполненные полиамиды хорошо подходят для использования деталей взамен металлических, позволяя снизить вес изделия. Материал устойчив к действию углеводородов (керосина, бензина, дизельного топлива, бензола), минеральных масел, концентрированных и слабых щелочей, слабых кислот. К сферам их применения относятся: строительная промышленность – строительные материалы; автомобильная промышленность – запчасти и детали; электроника – корпуса бытовой техники; машиностроение – подшипниковые узлы.

Рассмотрим применение стеклонаполненных полиамидов в строительной отрасли. Для изготовления оконных и дверных профилей, витрин и витражей из алюминиевых профилей в качестве конструкционного соединительного и термоизолирующего элемента (термомоста) применяют полиамидные стеклонаполненные термовставки. Термосты используют для снижения теплопроводности алюминиевых систем. На такие изделия распространяются требования ГОСТ 31014-2002 «Профили полиамидные стеклонаполненные».

Термомосты производят: ООО «ЕТС Групп»; ООО «Алсит», ООО «Аврорапласт», ООО «ДиЕв» и другие компании.

На рис. 2 представлено расположение стеклонаполненного полиамидного термомоста в оконной алюминиевой системе.

В оконной алюминиевой системе термовставка предназначена для разрыва теплового потока. Она создаёт эффективный барьер, который предотвращает охлаждение внутренней поверхности профиля и исключает образование конденсата. Её применение позволяет существенно повысить энергоэффективность жилых помещений, снижая расходы на отопление и сохраняя комфортную температуру и условия для жизнедеятельности людей.

Компании производители изготавливают широкий ассортимент многообразных форм стеклонаполненных полиамидных термомостов. Некоторые из них отображены на рисунке 3.

Далее проведём обзор производителей и ассортимента выпускаемого сырья – стеклонаполненного полиамида.

Среди российских производителей стеклонаполненного полиамида отметить: ПАО «КуйбышевАзот»; НПП «ПОЛИПЛАСТИК»; ООО «РусАвтоПласт»; ООО «Симплекс»; ООО «Полимер Корпорейтед»; НП ООО «Анид»; АО «СТЕКЛОНИТ»; Группа компаний «ИНТЕХПЛАСТ»; ООО «КАРАОН».

Рассмотрим продукцию наиболее крупных игроков на рынке стеклонаполненного полиамида.

Ассортимент стеклонаполненного полиамида производства ПАО «КуйбышевАзот» не слишком широк. На основе стеклонаполненного полиамида-6 выпускаются 4 марки: Волгамид В1G3. PA6-GF15; Волгамид В1G6. PA6-GF30; Волгамид В1G8. PA6-GF40; Волгамид В1G0. PA6-GF50. На основе стеклонапол-



Рисунок 1 - Общий вид стеклонаполненного полиамида

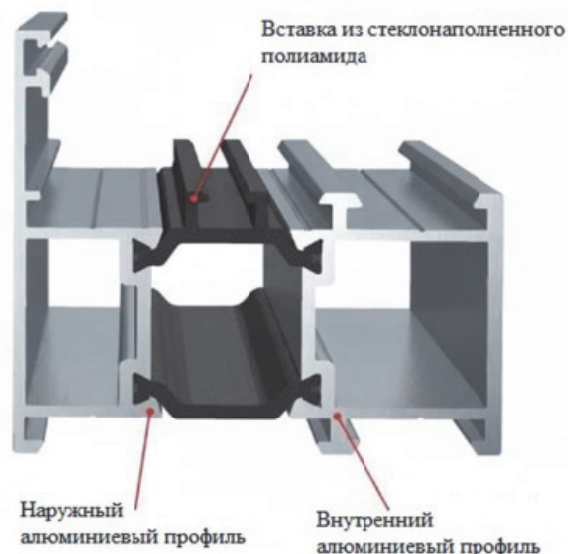


Рисунок 2 - Расположение стеклонаполненного полиамидного термомоста в оконной алюминиевой системе

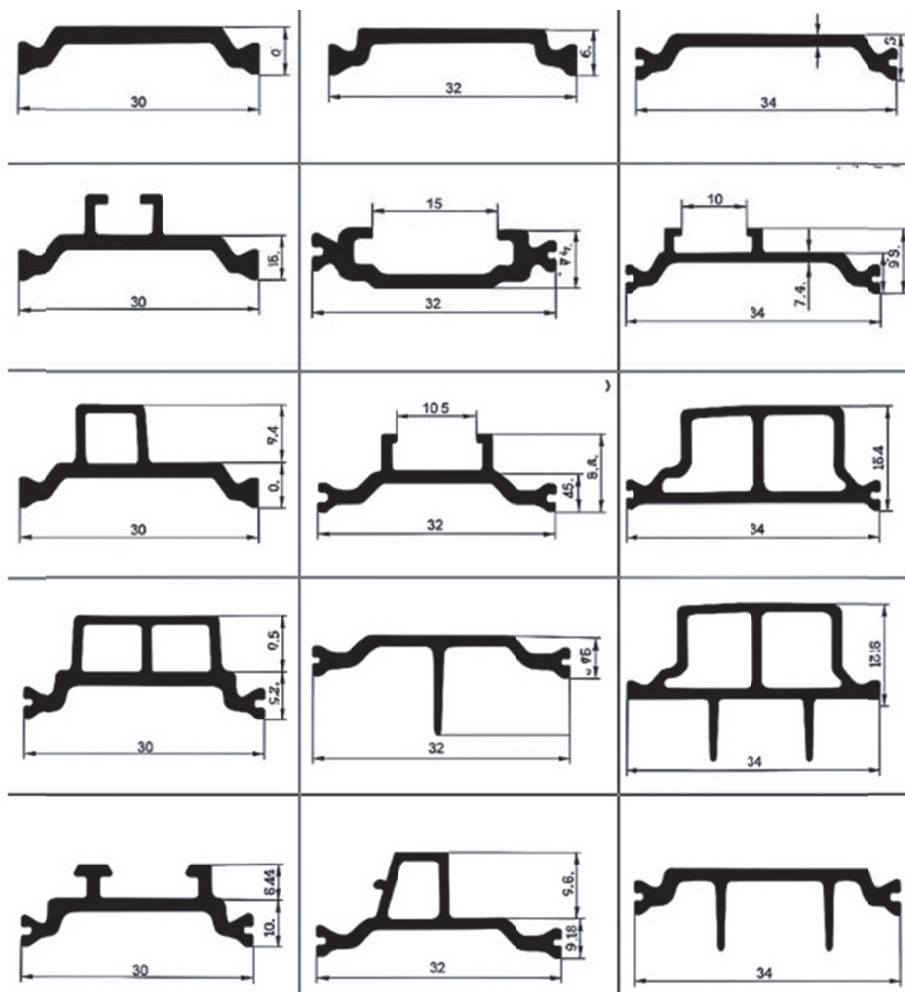


Рисунок 3 – Некоторые конфигурации стеклонаполненных полиамидных термомостов

ненного и термостабилизированного полиамида-6 выпускаются 2 марки: Волгамид В1HG6. PA6-GF30; Волгамид В1HG8.PA6-GF40. Среди ассортимента выпускаемой продукции особо выделяются 2 марки стеклонаполненного полиамида-6 на основе переработанного стеклянного волокна: Волгамид ЕСО-G6A. PA6-GF30; Волгамид ЕСО-G6B.PA6-GF30. Последняя цифра в маркировке условного обозначения продукции указывает процентное содержание армирующего стекловолокна в материале.

Технические характеристики стеклонаполненного полиамида производства ПАО «КуйбышевАзот» представлены в таблице 1.

Более широкий ассортимент стеклонаполненных полиамидов производит НПП «ПОЛИПЛАСТИК». В его ассортименте под торговой маркой «Армамид» выпускается порядка 20 различных стеклонаполненных композитов на основе полиамида-6 с содержанием стеклянного волокна от 15% до 50%. Среди них есть трудногорючие (АП), эластифицированные (Э), термостабилизированные (Т), антистатические (АС), антифрикционные (АФ), ударопрочные (МУП) и светостабилизированные (С) материалы.

Технические характеристики различных видов стеклонаполненного полиамида производства НПП «ПОЛИПЛАСТИК» представлены в таблице 2.

Одну из ведущих позиций на рынке стеклонаполненных полиамидов занимает ООО «РусАвтоПласт». Компания выпускает 4 вида материалов на основе полиамида 6 с содержанием стекловолокна 30% и 1 - с содержанием стекловолокна 35% под торговой маркой «Мегаамид».

Технические характеристики продукции ООО «РусАвтоПласт» представлены в таблице 3.

Полипропилен – это линейный углеводородный полимер, принадлежащий к классу полиолефинов. Добавление стекловолокна позволяет получить высокопрочный конструкционный композит.

На рисунке 4 представлен общий вид компаунда - стеклонаполненного полипропилена.

В строительной отрасли в наиболее широком распространении этот материал используется для производства стеклонаполненных полипропиленовых труб. Также известно, что при строительстве зданий и сооружений в качестве несъемной опалубки для фундаментов используют опалубку из стеклонаполненного полипропилена. Кроме того, полипропиленовые и полиамидные элементы креплений постепенно приходят на смену обыкновенным метизам, заменяя привычные резьбовые варианты соединений, быстроразъемным вариантом фиксации.

Таблица 1 – Технические характеристики характеристики стеклонаполненного полиамида производства ПАО «КуйбышевАзот»

Марка изделия	ВолгамидВ IG3	ВолгамидВ IG6	ВолгамидВ IG8	ВолгамидВ IG0	ВолгамидВ IHG6	ВолгамидВ IHG8	ВолгамидЕ CO-G6A	ВолгамидЕ CO-G6B
	РА6-GF15	РА6-GF30	РА6-GF40	РА6-GF50	РА6-GF30	РА6-GF40	РА6-GF30	РА6-GF50
<b>Условное обозначение</b>								
<b>Механические свойства</b>								
Разрушающее напряжение, МПа	125	180	200	225	180	205	150	145
Относит. удлинение при разрыве, %	3,5	3,5	3,0	3,0	3,5	3,0	3,0	4
Модуль упругости при изгибе, МПа	6000	9500	13000	-	9500	13000	-	-
Прочность на изгиб, МПа	170	235	275	320	235	275	220	215
Модуль изгиба, МПа	5200	8600	10800	13000	8600	10800	9000	8500
Ударная вязкость по Шарпи (+23°C), кДж/м <sup>2</sup>	45	90	95	100	90	95	65	50
Ударная вязкость по Шарпи с надрезом (+23°C), кДж/м <sup>2</sup>	7	12	18	20	12	18	12	10
Ударная вязкость по Шарпи (-30°C), кДж/м <sup>2</sup>	40	75	85	-	75	85	-	-
Ударная вязкость по Шарпи с надрезом (-30°C), кДж/м <sup>2</sup>	6	11	13	-	11	13	-	-
<b>Термические свойства</b>								
Температура плавления (10°C/мин), °C	220	220	220	220	220	220	220	220
Температура тепловой деформации под нагрузкой (1,80 МПа), °C	195	210	210	210	210	210	200	200
Температура тепловой деформации под нагрузкой (0,45 МПа), °C	215	220	220	-	220	220	-	-
<b>Электрические свойства</b>								
Контрольный индекс трекинговой стойкости (КИТ)	600	600	500	-	500	500	-	-
Поверхностное удельное сопротивление, Ом	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>12</sup>
Объёмное уд. сопротивление, Ом*м	10 <sup>13</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>	-	10 <sup>12</sup>	10 <sup>12</sup>	-	-
<b>Физические свойства</b>								
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1230	1350	1450	1560	1350	1450	1350	1350
Равновесное поглощение влаги, %	2,3	1,9	1,7	1,5	1,9	1,7	1,9	1,9
Водопоглощение, %	7,6	6,3	5,5	-	6,3	5,5	-	-
Усадка при литье под давлением, продольная/поперечная, %	0,32/0,96	0,3/0,9	0,3/0,8	0,1/0,4	0,3/0,9	0,3/0,8	0,3/0,9	0,3/0,9
<b>Воспламеняемость</b>								
Категория стойкости к горению, при толщине 1,5 мм	НВ	НВ	НВ	-	НВ	НВ	-	-
Макс. тем-ра стойкости к воспламенению при испытании раскалённой проволокой, °C	700	700	700	-	700	700	-	-

Таблица 2 – Технические характеристики различных видов стеклонаполненного полиамида производства НПП «ПОЛИПЛАСТИК»

Марка изделия	Армирид									
	ПА6 СВ 50-1	ПА6 СВ 20-1АП	ПА6 СВ 15-1Э	ПА6 СВ30-2Т	ПА6 СВ 25-3АП-АС	ПА6 СВ 30-2Т-АФ	ПА6 СВ 30-3МУП	ПА6 СВ 40-1С		
<b>Физико-механические свойства</b>										
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1570	1500	1220	1380	1500	1400	1430	1450		
Прочность при растяжении, МПа	170	130	120	165	-	170	200	185		
Относительное удлинение при разрыве, %	-	3,5	4	4	-	4	5	5		
Изгибающее напряжение при максимальной нагрузке, МПа	290	175	170	250	108	240	270	265		
Модуль упругости при изгибе, МПа	15300	6500	4900	7500	6000	8900	10500	10500		
Ударная вязкость по Шарпи без надреза (+23°С), кДж/м <sup>2</sup>	73	40	40	70	30	70	75	75		
Ударная вязкость по Шарпи без надреза (-40°С), кДж/м <sup>2</sup>	74	-	30	60	-	56	50	50		
Ударная вязкость по Шарпи без надреза (-60°С), кДж/м <sup>2</sup>	68	-	-	-	-	-	-	-		
Ударная вязкость по Шарпи с надрезом (+23°С), кДж/м <sup>2</sup>	20	-	6	20	-	14	18	-		
<b>Терлофизические свойства</b>										
Температура плавления, °С	219	216	218	218	216	218	219	218		
Температура изгиба под нагрузкой при 0,45 МПа /1,8 МПа, °С	- /205	- /195	205 /180	210 /200	187 /-	215 /205	217 /205	- /205		
Водопоглощение в воде (23°С, 24 ч), %	-	-	1,45	1,15	-	1,15	1,1	-		
Показатель текучести расплава (250°С; 2,16 кг), г/10 мин	9	20-30	12-20	7-15	9-12	7-12	6-12	9		
Усадка при литье под давлением, продольная/поперечная, %	0,2-0,4/0,6-0,8	0,1-0,3/0,7-1,0	0,4-0,5/0,6-0,8	0,1-0,3/0,7-1,0	0,3-0,6/0,9-1,3	0,1-0,3/0,7-0,9	0,1-0,2/0,5-0,7	0,1-0,2/0,6-0,8		
Температура расплава/формы, °С	260/80	240/80	260/80	260/80	260/80	260/80	265/80	260/80		
<b>Электрофизические свойства</b>										
Электрическая прочность, кВ/мм	23	25	25	25	23	25	-	23		
Объёмное удельное сопротивление, Ом*м	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>14</sup>	-	10 <sup>14</sup>		
<b>Стойкость к горению</b>										
Категория стойкости, притолщ. 2 мм	-	ПВ-0	-	-	ПВ-0	-	-	-		
Макс. тем-ра стойкости к воспл. при воздействии нагретой проволоки, °С	650	960	650	650	960	650	650	650		



**Рисунок 4** – Общий вид компаунда – стеклонаполненного полипропилена



**Рисунок 5** – Стеклонаполненная полипропиленовая труба

На рисунке 5 представлено изделие - стеклонаполненная полипропиленовая труба.

Среди преимуществ, которые даёт наполнение стекловолокном полипропилена, можно выделить повышенную прочность и жесткость, что позволяет использовать трубы из стеклонаполненного полипропилена в системах с высоким рабочим давлением, обеспечивающие снижение теплового расширения и повышенную термостойкость.

Стеклонаполненные полипропиленовые трубы производят: ООО «ПОЛИТЭК ПАЙП», ООО «Вальфлекс-Трейд», ООО «Лунда» и другие компании.

Среди российских производителей компаунда - стеклонаполненного полипропилена отметить: ООО «РусАвтоПласт»; НПП «ПОЛИПЛАСТИК»; ООО «Альянс-Композит», «КОМПЛАСТ».

Технические характеристики стеклонаполненного полипропилена производства ООО «Альянс-Композит» представлены в таблице 4.

Более широкий ассортимент стеклонаполненного полипропилена производит НПП «ПОЛИПЛАСТИК». В его ассортименте под торговой маркой «Армлен» выпускается порядка 15 различных стеклонаполненных композитов на основе полипропилена с содержанием стеклянного волокна от 10% до 30%. Среди них выделяются гидролизостойкие, ударопрочные и термостабилизированные материалы.

Технические характеристики некоторых видов стеклонаполненного полипропилена производства НПП «ПОЛИПЛАСТИК» представлены в таблице 5.

**Таблица 4** – Технические характеристики стеклонаполненного полипропилена производства ООО «Альянс-Композит»

Марка изделия	Альфален					
	ПП СВ 30-1Т	ПП СВ 10-1	ПП СВ 10-2Т	ПП СВ 15-1	ПП СВ 20-1	ПП СВ 30-1
Условное обозначение						
<b>Механические свойства</b>						
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,12-1,16	0,96-	0,97-1,02	1,00-1,04	0,99-1,06	1,10-1,14
Прочность при растяжении, МПа	75	50	55	60	57	70
Относительное удлинение при разрыве, %	4	5	4,5	5	4,5	4
Модуль упругости при изгибе, МПа	5200	2500	2500	3100	3200	4900
Изгибающее напряжение при максимальной нагрузке, МПа	80	60	65	65	70	75
Ударная вязкость по Шарпи без надреза, кДж/м <sup>2</sup>	35	30	30	27	30	30
<b>Теплофизические свойства</b>						
Температура плавления, °С	160	160	160	160	160	160
Температура изгиба под нагрузкой при напряжении 1,8 МПа, °С	140	115	115	110	135	140
<b>Электроизоляционные свойства</b>						
Удельное объёмное электрическое сопротивление, Ом*м	10 <sup>15</sup>	10 <sup>15</sup>	10 <sup>15</sup>	10 <sup>15</sup>	10 <sup>15</sup>	10 <sup>15</sup>
<b>Технологические свойства</b>						
Усадка при литье, %	0,3-0,6	0,8-1,2	0,6-1,0	1,0-1,2	0,5-0,8	0,4-0,7
Температура расплава, °С	240	240	240	240	240	240
Температура формы, °С	60	60	60	60	60	60
Показатель текучести расплава, г/10мин	2-6	5-9	5-9	5-11	6-16	4-10

Таблица 5 – Технические характеристики различных видов стеклонаполненного полипропилена производства НПП «ПОЛИПЛАСТИК»

Марка изделия	Армлен							
	ПП СВ 10-1Т	ПП СВ 20-1МК	ПП СВ 20-2С	ПП СВ 20-2К	ПП СВ 25-1УП	ПП СВМН 50-1	ПП СВ 30-3	ПП СВ 15-2
<b>Физико-механические свойства</b>								
Условное обозначение								
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	980	1050	1040	1070	1070	1110	1130	1010
Прочность при растяжении, МПа	61	57	67	51	68	61	85	81
Относительное удлинение при разрыве, %	5	7,6	4,4	7	5	-	3,3	-
Изгибающее напряжение при максимальной нагрузке, МПа	79	77	81	70	80	90	114	113
Модуль упругости при изгибе, МПа	2700	3500	3350	3150	3750	3900	5300	3900
Ударная вязкость по Шарпи без надреза (+23°С), кДж/м <sup>2</sup>	37	54	-	59	42	40	40	47
Ударная вязкость по Шарпи без надреза (-40°С), кДж/м <sup>2</sup>	20	47	-	45	45	-	-	-
Ударная вязкость по Шарпи с надрезом (+23°С), кДж/м <sup>2</sup>	8	16	-	16	-	-	-	-
Ударная вязкость по Шарпи с надрезом (-40°С), кДж/м <sup>2</sup>	6	7	36	7	-	-	-	-
<b>Термофизические свойства</b>								
Температура плавления, °С	162	145	162	145	145	162	162	160
Температура изгиба под нагрузкой при 1,8 МПа, °С	120	120	136	119	138	158	147	145
<b>Технологические свойства</b>								
Показатель текучести расплава (230°С; 2,16 кг), г/10 мин	9	20-30	8	0,4-1,5	5,6	4	9	18-22
Усадка при литье, продольная/поперечная/средняя, %	0,4-0,6/ 0,7-1,0/-	0,1-0,3/ 0,7-1,0/-	0,4-0,6/0,4- 0,6/-	0,3-0,4/0,5- 0,7/-	0,3-0,6/ 0,3-0,6/-	0,4-0,6/0,5- 0,8/	0,3-0,6/ 0,3-0,6	-/-/0,5-0,7
Температура расплава/формы, °С	240/60	240/80	240/60	250/-	240/60	240/60	240/60	240/60

Анализируя характеристики компаундов – стеклонаполненных полиамидов и полипропиленов, можно выявить чётко прослеживаемую закономерность - при увеличении процентного содержания стекловолокна увеличивается: плотность, прочность при растяжении, модуль упругости при изгибе, ударная вязкость.

Рассмотрим стеклопластики на основе ненасыщенных полиэфирных смол.

Ненасыщенный полиэфир является продуктом поликонденсации ненасыщенных дикарбоновых кислот с многоатомными спиртами. Для синтеза полиэфирных смол используются различные комбинации компонентов, которые определяют итоговые характеристики композита. Наиболее распространенными кислотами являются фталевая, малеиновая и изофталевая кислоты, а в качестве спиртов используют этиленгликоль, пропиленгликоль, диэтиленгликоль. Для отверждения полиэфиров применяют мономеры: стирол, метилметакрилат, винилтолуол и др.

На полиэфирные ненасыщенные смолы установлен стандарт ГОСТ 27952-2017 «Смолы полиэфирные ненасыщенные. Технические условия». ГОСТ 27952-2017 стандартизирует технические характеристики для смол марок ПН-1 и ПН-609. Полиэфиры ПН-1 и ПН-609 используются для изготовления стеклопластиковых конструкций.

В строительной отрасли стеклопластики на основе полиэфиров применяют широко для производства: декоративных фасадных облицовочных материалов, кровельных материалов, заборов и ограждений территорий, теплиц, оранжерей, зимних садов, рекламных конструкций, домов на колёсах, прицепов, рабочих поверхностей на предприятиях пищевой промышленности.

Примером производителя декоративных фасадных облицовочных материалов может служить ГК «Элит Фасад». На рисунке 6 представлена фасадная панель производства ГК «Элит Фасад».

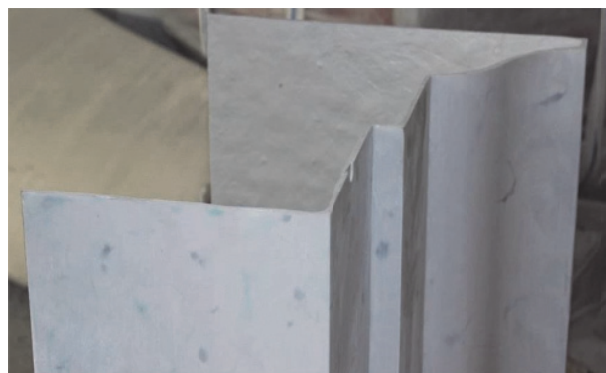


Рисунок 6 – Фасадная панель производства ГК «Элит Фасад»

В структуре стеклокомпозита ГК «Элит Фасад» доля стеклянной фибры составляет 50-55%, около 25% приходится на связующее вещество (полиэфирная смола), а оставшуюся часть занимают особые присадки.

Стеклопластиковые фасадные панели производят также компании «ФасадСтоун» и «Декорус».

Полиэфирные стеклопластиковые композитные изделия производит «СевЗапКомпозит» под торговой маркой ERSTE. В ассортименте продукции эти изделия есть плоские листы и профилированные листы. Они состоят из полиэфирной смолы, армирующего стекловолокна и специальной плёнки. Основными компонентами для производства композитного листа являются стекловолокно тип Е (в виде прямого ровинга или стекломата) и полиэфирная смола.

Основные физико-механические характеристики стеклопластикового листа марки ERSTE представлены в таблице 6.

Стеклопластиковые листы марки ERSTE представлены на рисунке 7.

Еще одним производителем композитных листов является компания «COMPOGLASS». Основными компонентами композитного листа производства «COMPOGLASS» служат: стекловолокно (до 50%), полиэфирная смола (до 45%), различные присадки, гелькоут с внешней стороны (декоративно-защитное покрытие), защитная пленка. Материал характеризуется повышенной прочностью на изгиб, удар, сжатие и растяжение, стойкостью к агрессивным средам, долговечностью, благодаря стойкости к УФ-излучению. Материал не подвержен коррозии, устойчив к влажности и перепадам температур.

Технические характеристики композитного листа марки «COMPOGLASS» представлены в таблице 7.

В ассортименте компании есть прозрачные светопропускающие листы и непрозрачные листы плоского и профилированного типов разной конфигурации и разнообразия цветовой гаммы.

Стеклопластиковые листы марки «COMPOGLASS» представлены на рисунке 8.

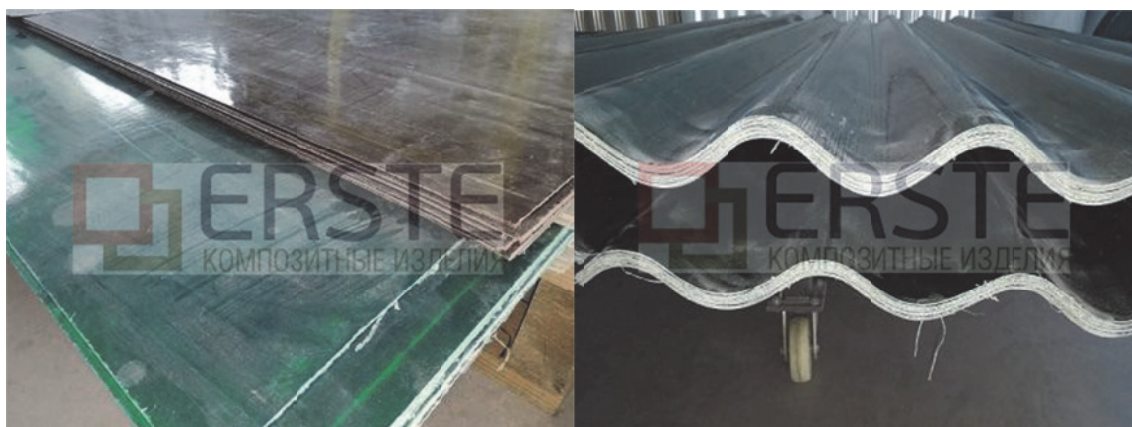
Рассмотрим стеклопластики на основе эпоксидных, винилэфирных и фенолформальдегидных смол.

Эпоксидная смола является продуктом реакции поликонденсации эпихлоргидрина с многоатомными фенолами, спиртами, полиаминами, многоосновными кислотами. В качестве отвердителя для эпоксидной смолы в стеклопластиковых на её основе применяют: гексаметилендиамин, полиэтиленполиамины, малеиновый ангидрид.

Для изготовления стеклопластиков используют эпоксидно-диановые неотвержденные смолы, на которые установлен стандарт ГОСТ Р 56211-2014. В зависимости необходимых физико-химических свойств стеклопластиков используют следующие марки эпоксидно-диановых смол: ЭД-22, ЭД-20, ЭД-16, ЭД-14, ЭД-10, ЭД-8.

**Таблица 6** – Основные физико-механические характеристики стеклопластикового листа марки ERSTE

Показатель	Значение показателя для листа толщиной 1,0 мм
Сопrotивление при растяжении, кг/см <sup>2</sup>	900-1000
Сопrotивление при сжатии, кг/см <sup>2</sup>	1300
Сопrotивление при скручивании, кг/см <sup>2</sup>	1200
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	38
Коэффициент эластичности при скручивании, кгс/см <sup>2</sup>	5000
Прочность на изгиб, МПа, не менее	115
Модуль изгиба, МПа, не менее	3900
Сопrotивление проколу, Н*м, не менее	5,3
Твёрдость по Барколу, не менее	45
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,39
Предельное водопоглощение, %, не более	0,2-0,3
Пропускание световых лучей, %	Более 75
Коэффициент теплопроводности, кКал/м <sup>2</sup> *час*°С	0,18-0,20
Диапазон рабочих температур, °С	от -60°С до +110°С
Температура начала тепловой деформации, °С	+204
Удельное объёмное сопротивление, Ом*м	10 <sup>15</sup> -10 <sup>16</sup>



**Рисунок 7** – Стеклопластиковые листы марки ERSTE

Эпоксидно-диановой смолой в основном пропитывают. Такие стеклопластики широко используют для теплоизоляции трубопроводов. Стеклопластик выпускается в виде рулонов и сокращенно называется РСТ.

Существуют также варианты стеклопластиков на винилэфирных смолах. Этот тип полимерного связующего – гидрид эпоксидных и полиэфирных смол, который объединяет характеристики двух групп смол. Винилэфирная смола – это термореактивный полимер, получаемый путём реакции эпоксидной смолы с ненасыщенной карбоновой кислотой – акриловой или метакриловой.

Менее распространены стеклопластики на основе фенолформальдегидных смол. Фенолформальдегидная смола – это продукт поликонденсации фенола и формальдегида в присутствии катализаторов. На фенолформальдегидные смолы установлен стандарт ГОСТ 20907-2016 «Смолы фенолформальдегидные жидкие». Для производства стеклопластиков используют смолу марки СФЖ-323.

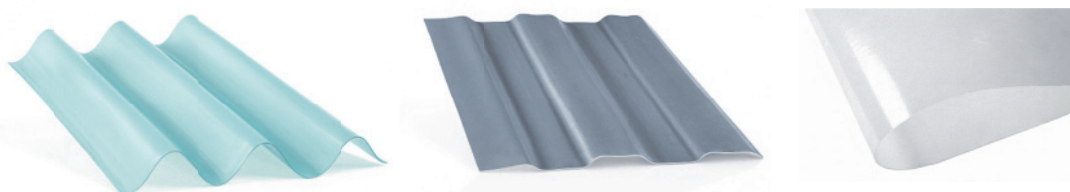
Довольно широкий ассортимент продукции выпускает компания «ERSTE-Composite» стеклопластиков, армированных стекловолокном тип Е и С, на полиэфирных, винилэфирных и фенолформальдегидных смол в виде решётчатых настилов разных вариантов с ячейками многообразных размеров. Решётки состоят из смолы различных типов, армирующего стекловолокна и красящего пигмента процентного соотношения смолы и стекловолокна от 70% до 30%. Среди продукции решётки на ортофталевой полиэфирной смоле, на изофталевой полиэфирной смоле, и на винилэфирной и феноловой смоле.

Ассортимент, описание и применение продукции «ERSTE-Composite» представлены в таблице 8.

На рисунке 9 представлены варианты сфер использования решётчатых настилов «ERSTE-Composite».

**Таблица 7** – Технические характеристики композитного листа марки «COMPOGLASS»

Показатель	Значение показателя для толщины листа 1,0 мм
Вес 1 м <sup>2</sup> , кг	1,333
Распределённая нагрузка на 1 м <sup>2</sup> , кг/м <sup>2</sup>	50
Предел прочности при растяжении, МПа	126
Модуль упругости, МПа	6130
Предел прочности при изгибе, МПа	187
Модуль упругости при изгибе, МПа	6670
Ударная вязкость по Шарпи, кДж/м <sup>2</sup>	40
Коэффициент линейного теплового расширения в диапазоне от -50°С до +100°С, °С <sup>-1</sup>	2,2*10 <sup>-5</sup>
Коэффициент теплопроводности, Вт/м*К	0,18-0,20
Стойкость к воздействию химически агрессивных сред, солевых растворов	Очень высокая
Диапазон рабочих температур без изменения физ.-мех. свойств, °С	От -60 до +110
Срок эксплуатации без ремонтов и замены, лет	50
Коэффициент теплопроводности, ккал/м <sup>2</sup> *час*°С	0,19
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,4
Группа горючести	Г4 (Г1)
Группа воспламеняемости	В3
Коэффициент направленного пропускания света, %	82



**Рисунок 8** – Стеклопластиковые листы марки «COMPOGLASS»



**Рисунок 9** – Варианты сфер использования решётчатых настилов «ERSTE-Composite»

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье был рассмотрен состав, характеристики и перспективы применения полимер-неорганических композитов на основе стеклянного волокна в строительной отрасли. Рассмотрены типы

**Таблица 8** – Ассортимент, описание и применение продукции «ERSTE-Composite»

Наименование	Тип смолы	Описание	Применение
ECONOM NON FIRE	Ортофталевая полиэфирная снегорючим компонентом	Огнесдерживающая, самозатухающая, средние показатели химстойкости. Тем-ра эксплуатации -60°C / +110°C. Наиболее экономичный вид смолы	Промышленное и гражданское строительство, сельское хозяйство, судостроение и портовое строение, дорожно-транспортное строительство, дерево- и металлообработка, городская инфраструктура, архитектурный и ландшафтный дизайн
ECONOM STANDART	Ортофталевая полиэфирная	Тем-ра эксплуатации -60°C / +110°C. Устойчива к воздействию слабоагрессивных сред	
ISONONFIRE	Изофталевая полиэфирная снегорючим компонентом	Огнесдерживающая, самозатухающая, химстойкость. Тем-ра эксплуатации -60°C / +110°C.	Объекты, где имеется контакт с неорганическими кислотами, растворами щелочей, солей и др. (н-р: химические предприятия)
FOODNONFIRE	Изофталевая полиэфирная снегорючим компонентом	Огнесдерживающая, самозатухающая, химстойкость. Тем-ра эксплуатации -60°C / +110°C.	Пищевые производства
VINYLNONFIRE	Винилэфирная снегорючим компонентом	Огнесдерживающая, самозатухающая, Повышенная огнестойкость и химстойкость. Тем-ра эксплуатации -60°C / +110°C.	Объекты, где требуются высокие показатели химической и огнестойкости (н-р: нефтеперерабатывающие предприятия)
PHENOLNONFIRE	Феноловая снегорючим компонентом	Высокая огнестойкость, самозатухающая, химстойкость. Низкий показатель дымообразования (близкий к нулю). Тем-ра эксплуатации -60°C / +180°C.	Для использования на объектах, где требуется высокая огнестойкость, низкий показатель дымообразования (например, шельфовые промыслы)

и характеристики стекла, используемого для производства стекловолокна. Проведён обзор российского рынка производителей стекловолокна, стеклонаполненного полиамида и полипропилена, стеклопластиков на основе полиэфирных, эпоксидных, винилэфирных и фенолформальдегидных связующих смол.

Можно сделать общий вывод, что использование результатов проведенного анализа и обзора позволит модифицировать и создавать полимер-неорганические композитные материалы на основе стеклянного волокна с улучшенными характеристиками.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батаев, А.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение: Учебник / А.А. Батаев, В.А. Батаев. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 384 с.
2. Бондалетова, Л.И. Полимерные композиционные материалы: учебное пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 111 с.
3. Бородулин, А.С. Свойства и особенности структур стеклянных волокон, используемых для изготовления стеклопластиков / А.С. Бородулин. – Благовещенск: Изд-во АмГУ. – 2012. № 7. – С 34–37.
4. Бутусов, О.Б. Компьютерный анализ текстурно фрактальных характеристик микрофотографий алюмосиликатной стеклокерамики / О.Б. Бутусов, В.П. Мешалкин // Неорганическая химия – фундаментальная основа в материаловедении керамических, стеклообразных и композиционных материалов: Матер. науч. конф. – 2016. – С. 30–32.
5. Бутусов, О.Б. Текстурно-фрактальный анализ алюмосиликатной стеклокерамики / О.Б. Бутусов, В.П. Мешалкин, Л.А. Орлова, Н.Е. Щеголева, А.Н. Кабанов // Теоретические основы химической технологии. – 2016. – Т. 50. – № 2. – С. 194–199.
6. Васильев, А.В. Особенности исследования звукоизолирующих и звукопоглощающих характеристик поли-

- мерсодержащих композитных материалов / А.В. Васильев // Математические методы в технологиях и технике. – 2025. – № 10. – С. 53-56.
7. *Васильев, А.В.* Методы и подходы к исследованию экологических характеристик полимерсодержащих композитных материалов / А.В. Васильев // В сборнике материалов Всероссийской научно-образовательной конференции с международным участием «Современные технологии в области защиты окружающей среды и технической безопасности-2025», г. Казань, 16-17 апреля 2025 г. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2025. – С. 799-805.
  8. *Васильев, А.В.* Методика определения состава и свойств полимерсодержащих композитных материалов строительного назначения на основе активности радионуклидов и её реализация на примере золошлаковых отходов / А.В. Васильев, В.В. Ермаков, А.С. Чипура // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2025. – Т. 27. – № 3(2). – С. 452-458.
  9. *Вержбовский, Г.Б.* Выбор минеральных наполнителей для строительных композитных материалов с полимерной матрицей / Г.Б. Вержбовский. – Ростов н/Д: Изд-во ФГАОУ ВО ЮФУ. – 2023. – № 9. – С. 1-9.
  10. *Ирмухаметова, Г.С.* Основы технологии полимерных композиционных материалов: учебное пособие / Г.С. Ирмухаметова. – Алматы: Изд-во КазНУ. – 2016. – 141 с.
  11. *Колосова, А.С.* Наполнители для модификации современных полимерных композиционных материалов / А.С. Колосова, М.К. Сокольская, И.А. Виткалова, А.С. Торлова, Е.С. Пискалов. – Пенза: Изд-во «Академия Естествознания». – 2017. – № 10(3). – С. 459-465.
  12. *Коростин, А.С.* Анализ применения композитных материалов строительной промышленности / А.С. Коростин // Известия Тульского государственного технического университета. – 2024. – № 12. – С. 232-234. – DOI:10.24412/2071-6168-2024-12-232-233.
  13. *Мельникова, М.А.* Полимерные материалы: свойства, практическое применение: учебное пособие / М.А. Мельникова – Благовещенск: Изд-во АмГУ. – 2013. – 86 с.
  14. *Мешалкин, В.П.* Методологические основы и компьютерные инструменты системного анализа дефектов конструкционного стекла / В.П. Мешалкин, И.В. Ефимов, Д.Ю. Петров // Неорганическая химия – фундаментальная основа в материаловедении керамических, стеклообразных и композиционных материалов: Матер. науч. конф. – 2016. – С. 137-142.
  15. *Панов, Ю.Т.* Современные методы переработки полимерных материалов: экструзия. Литьё под давлением: учебное пособие / Ю.Т. Панов, Л.А. Чижова, Е.В. Ермолаева. – Владимир: Изд-во ВлГУ. – 2013. – 127 с.
  16. *Потрохов, М.А.* Применение полимерных композиционных материалов в отечественном военном судостроении / М. А. Потрохов. – Казань: Изд-во Молодой ученый. – 2023. – № 29(476). – С. 37-42.
  17. *Талалаева, Г.В.* Современные композиционные материалы: перспективы и риски применения их в области комплексной безопасности и гражданской обороны / Г.В. Талалаева, С.Н. Пазникова. – М.: Изд-во ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). – 2023. – Т. 20. – № 1 (75). – С. 107 – 114. – DOI:10.54234/CST.19968493.2023.20.1.75.

**COMPOSITION, CHARACTERISTICS AND PERSPECTIVES  
OF APPLICATION OF POLYMER-INORGANIC COMPOSITES  
ON THE BASIS OF FIBERGLASS IN CONSTRUCTION INDUSTRY**

© 2026 M.Yu. Penteshin, A.V. Vasilyev

Samara State Technical University, Samara, Russia

In this paper the analysis and review of composition and characteristics of polymer-inorganic composites on the basis of fiberglass as well as perspectives of application in construction industry have been considered. Review of Russian market of manufacturers of fiberglass, glass-filled polyamide, polypropylene, fiber-plastics on the basis of polyester, epoxy, vinyl ester and phenol-formaldehyde binders have been carried out. Application of results of analysis and review will allow us to modify and create polymer-inorganic composite materials on the basis of fiberglass with improved characteristics.  
*Key words:* polymer-inorganic composites, fiberglass, characteristics, application, construction industry.

DOI: 10.37313/1990-5378-2026-28-2-233-246

EDN: RQXXLK

**REFERENCES**

1. *Bataev, A.A.* Kompozicionnye materialy: stroenie, poluchenie, primeneniye: Uchebnik / A.A. Bataev, V.A. Bataev. – Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 2002. – 384 s.
2. *Bondaletova, L.I.* Polimernye kompozicionnye materialy: uchebnoe posobie / L.I. Bondaletova, V.G. Bondaletov. – Tomsk: Izd-vo TPU, 2013. – 111 s.
3. *Borodulin, A.S.* Svoystva i osobennosti struktur steklyannykh volokon, ispol'zuemykh dlya izgotovleniya stekloplastikov / A.S. Borodulin. – Blagoveshchensk: Izd-vo AmGU. – 2012. № 7. – S 34-37.
4. *Butusov, O.B.* Komp'yuternyy analiz teksturno-fraktal'nykh harakteristik mikrofotohrafij alyumosilikatnoj steklokeramiki / O.B. Butusov, V.P. Meshalkin // Neorganicheskaya himiya – fundamental'naya osnova v materialovedenii keramicheskikh, stekloobraznykh i kompozicionnykh materialov: Mater. nauch. konf. – 2016. – S. 30-32.
5. *Butusov, O.B.* Teksturno-fraktal'nyj analiz alyumosilikatnoj steklokeramiki / O.B. Butusov, V.P. Meshalkin, L.A. Orlova, N.E. Shchegoleva, A.N. Kabanov // Teoreticheskie osnovy himicheskoy tekhnologii. – 2016. – Т. 50. – № 2. – S. 194-199.

6. Vasil'ev A.V. Osobennosti issledovaniya zvukoizoliruyushchih i zvukopogloshchayushchih karakteristik polimersoderzhashchih kompozitnyh materialov / A.V. Vasil'ev // Matematicheskie metody v tekhnologiyah i tekhnike. – 2025. – № 10. – S. 53-56.
7. Vasil'ev, A.V. Metody i podhody k issledovaniyu ekologicheskikh karakteristik polimersoderzhashchih kompozitnyh materialov / A.V. Vasil'ev // V sbornike materialov Vserossijskoj nauchno-obrazovatel'noj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Sovremennye tekhnologii v oblasti zashchity okruzhayushchej sredy i tekhnosfernoj bezopasnosti-2025», g. Kazan', 16-17 aprelya 2025 g. – Kazan': Izd-vo KNITU, 2025. – S. 799-805.
8. Vasil'ev, A.V. Metodika opredeleniya sostava i svojstv polimersoderzhashchih kompozitnyh materialov stroitel'nogo naznacheniya na osnove aktivnosti radionuklidov i eyo realizaciya na primere zoloshlakovyh othodov / A.V. Vasil'ev, V.V. Ermakov, A.S. Chipura // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. – 2025. – T. 27. – № 3(2). – S. 452-458.
9. Verzhbovskij, G.B. Vybora mineral'nyh napolnitelej dlya stroitel'nyh kompozitnyh materialov s polimernoj matricej / G.B. Verzhbovskij. – Rostov n/D: Izd-vo FGAOU VO YuFU. – 2023. – № 9. – S. 1-9.
10. Irmuhametova, G.S. Osnovy tekhnologii polimernyh kompozicionnyh materialov: uchebnoe posobie / G.S. Irmuhametova. – Almaty: Izd-vo KazNU. – 2016. – 141 s.
11. Kolosova, A.S. Napolniteli dlya modifikacii sovremennyh polimernyh kompozicionnyh materialov / A.S. Kolosova, M.K. Sokol'skaya, I.A. Vitkalova, A.S. Torlova, E.S. Piskalov. – Penza: Izd-vo «Akademiya Estestvoznaniya». – 2017. – № 10(3). – S. 459-465.
12. Korostin, A.S. Analiz primeneniya kompozitnyh materialov stroitel'noj promyshlennosti / A.S. Korostin // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2024. – № 12. – S. 232-234. – DOI:10.24412/2071-6168-2024-12-232-233.
13. Mel'nikova, M.A. Polimernye materialy: svojstva, prakticheskoe primenenie: uchebnoe posobie / M.A. Mel'nikova – Blagoveshchensk: Izd-vo AmGU. – 2013. – 86 s.
14. Meshalkin, V.P. Metodologicheskie osnovy i komp'yuternye instrumenty sistemnogo analiza defektov konstrukcionnogo stekla / V.P. Meshalkin, I.V. Efimov, D.Yu. Petrov // Neorganicheskaya himiya – fundamental'naya osnova v materialovedenii keramicheskikh, stekloobraznyh i kompozicionnyh materialov: Mater. nauch. konf. – 2016. – S. 137-142.
15. Panov, Yu.T. Sovremennye metody pererabotki polimernyh materialov: ekstruziya. Lit'yo pod davleniem: uchebnoe posobie / Yu.T. Panov, L.A. Chizhova, E.V. Ermolaeva. – Vladimir: Izd-vo VIGU. – 2013. – 127 s.
16. Potrohov, M.A. Primenenie polimernyh kompozicionnyh materialov v otechestvennom voennom sudostroenii / M. A. Potrohov. – Kazan': Izd-vo Molodoj uchenyj. – 2023. – № 29(476). – S. 37-42.
17. Talalaeva, G.V. Sovremennye kompozicionnye materialy: perspektivy i riski primeneniya ih v oblasti kompleksnoj bezopasnosti i grazhdanskoj oborony / G.V. Talalaeva, S.N. Paznikova. – M.: Izd-vo FGBU VNII GOChS (FC). – 2023. – T. 20. – № 1 (75). – S. 107 – 114. – DOI:10.54234/CST.19968493.2023.20.1.75.

Mihail Penteshin, Postgraduate Student of Department of Technosphere Safety and Quality Management.

E-mail: penteshin01@mail.ru

Andrey Vasilyev, Doctor of Technical Sciences, professor, Head of Department of Technosphere Safety and Quality Management, Director of Research and Development Center of Technosphere Safety and New Materials. E-mail: vasilyev.av@samgtu.ru

**Известия Самарского научного центра Российской академии наук**

Учредитель: федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук  
Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре, свидетельство ПИ № ФС77-61347 от 07.04.2015  
Главный редактор: академик РАН Ф.В. Гречников  
Том 28, номер 2 (130), 30.04.2026  
Индекс: 36622. Распространяется бесплатно  
Адрес учредителя, издателя и редакции – 443001, Самарская область,  
г. Самара, Студенческий пер., 3а. Тел. 8 (846) 340-06-20  
Издание не маркируется

Сдано в набор 10.04.2026 г.

Подписано к печати 30.04.2026 г.

Формат бумаги А4

Офсетная печать

Усл. печ. л. 28,598

Тираж 200 экз.

Зак. 40

Отпечатано в типографии ООО "Инсома-пресс.

Адрес типографии: 443080, Самарская обл., г. Самара, ул. Санфириковой, 110А, офис 22А. Тел. 8 (846) 222-92-40