

Научный журнал «Костюмология» / Journal of Clothing Science <https://kostumologiya.ru>

2022, №4, Том 7 / 2022, No 4, Vol 7 <https://kostumologiya.ru/issue-4-2022.html>

URL статьи: <https://kostumologiya.ru/PDF/12TLKL422.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Хубатхузин, А. А. Полимерные композиты как альтернатива традиционным материалам / А. А. Хубатхузин, А. Н. Алексеев, В. С. Бондарь // Костюмология. — 2022. — Т. 7. — № 4. — URL:

<https://kostumologiya.ru/PDF/12TLKL422.pdf>

**For citation:**

Khubatkhusin A.A., Alekseev A.N., Bondar V.S. Polymer composites as an alternative to traditional materials. *Journal of Clothing Science*, 4(7): 12TLKL422. Available at: <https://kostumologiya.ru/PDF/12TLKL422.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 62-4

ГРНТИ 55.09.43

**Хубатхузин Альберт Анасович**

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия  
Доцент кафедры «Плазмохимических и нанотехнологий высокомолекулярных материалов»

Кандидат технических наук

E-mail: al\_kstu@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7494-8051>

РИНЦ: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=468350](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=468350)

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=56206076800>

**Алексеев Алексей Николаевич**

ООО «Казанский электромеханический завод», Казань, Россия

Генеральный директор

E-mail: kazanemz@mail.ru

**Бондарь Виктор Семенович**

ООО «Казанский электромеханический завод», Казань, Россия

Главный конструктор

E-mail: kazanemz@mail.ru

## Полимерные композиты как альтернатива традиционным материалам

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы, связанные с анализом возможной замены традиционных изделий в машиностроении, легкой промышленности и в других отраслях из металла на полимерные композиционные материалы. Композиты медленно, но верно занимают те ниши, где раньше использовались металлы и их сплавы.

Преимуществом является широкий диапазон значений свойств, достигаемых с помощью композитов, и возможность адаптировать свойства. Композитные материалы также, как правило, имеют более высокие отношения прочности и модуля упругости к весу, чем традиционные конструкционные материалы. Эти функции могут снизить вес системы, экономия веса приводит к экономии энергии или повышению производительности.

Современные композитные материалы обладают желаемыми динамическими свойствами и обладают высокой устойчивостью к ползучести и хорошими демпфирующими характеристиками. Фактически, превосходные усталостные характеристики композитных материалов позволяют использовать их для замены металлических корпусов станков, гидropодъёмников и других элементов с усталостными повреждениями. Рассмотрены

инженерные решения по улучшению эксплуатационных характеристик используемых материалов.

Разработка и применение минералонаполненных полимерных композиционных материалов с высокими эксплуатационными свойствами и новыми функциональными возможностями является важным фактором в решении многих проблем. Рекомендован метод обработки полимерных композиционных материалов в высокочастотном газовом разряде. Вопрос создания межфазного слоя на границе матрица — наполнитель является важной задачей, позволяющей получить монолитные изделия без дефектов с улучшенными физико-механическими свойствами. Актуальность создания полимерных композиционных материалов на основе дисперсных природных силикатов заключается в том, что эти минералы достаточно дешевы и содержатся в большом количестве на территории России, кроме того, они могут образовывать прочные адгезионные связи с полимерной матрицей ряда смол.

**Ключевые слова:** свойства материалов; улучшение удельных параметров; высокочастотный газовый разряд; пониженное давление; полимерные композиционные материалы; модифицированный дисперсный наполнитель; адгезия; монолитные изделия

## Введение

Современную эпоху называют веком полимеров и композиционных материалов. Сегодня композиционные материалы являются полноценной индустрией, на которой основаны самые критические производства и сферы жизни, они нашли широкое применение, например, в авиации, в тяжелом машиностроении, в легкой промышленности и многих других отраслях. Выпускаемые в настоящее время изделия работают в очень тяжелых эксплуатационных условиях. Столетия известные стали и чугуны уже не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к различным изделиям. Повышение прочностных свойств конструкционных материалов является важнейшей проблемой в машиностроении. Однако по мере увеличения прочности материалов происходит резкое снижение их пластичности, увеличивается склонность к хрупкому разрушению. Традиционные способы улучшения свойств материалов из металлов не приводят к заметному эффекту, но при этом увеличивается металлоемкость, стоимость изделий, их массо-габаритные характеристики, что соответственно приводит к увеличению потребления горюче-смазочных материалов.

## Традиционные конструкционные материалы

К конструкционным относят материалы (КМ), из которых выполняют как сложные пространственные изделия, так и отдельные детали, воспринимающие рабочую нагрузку. В основном они могут быть металлическими, неметаллическими и композиционными. К классическим КМ относятся чугуны и стали, а также цветные сплавы, применяемые в промышленности многие десятилетия. Основными физико-механическими характеристиками КМ являются: прочность, вязкость, износостойкость, твердость и др. Поскольку эксплуатационные требования к изделиям постоянно растут, то изменяется и ассортимент КМ. Например, для авиации были разработаны жаропрочные сплавы на никелевой и кобальтовой основах, алюминиевые, титановые и магниевые сплавы, обладающие малым удельным весом и возможностью длительной работы при высоких температурах. Причем разным отраслям машиностроения требуются свои особенные КМ, обладающие специальными свойствами. Так, при строительстве кораблей необходимы КМ, обладающие высокой прочностью и коррозионной стойкостью, малой плотностью, хорошей свариваемостью, а для химического машиностроения — с высокой стойкостью к агрессивным средам.

Заготовки из КМ могут быть получены методами пластического деформирования (прокатывание, штамповка, ковка, прессование, экструзия и др.), а также литьем, сваркой, склеиванием, клепкой и другими методами.

В зависимости от условий работы КМ бывают коррозионно-, износо-, окалино-, топливо-, маслостойкими, жаропрочными и др. Металлические сплавы делятся на алюминиевые, титановые, магниевые, никелевые, медные, вольфрамовые, молибденовые, ниобиевые, бериллиевые и др. КМ могут быть подвергнуты различным методам упрочнения — цементации, азотированию, закаливанию, улучшению и т. д. Большое значение имеют обрабатываемость резанием, свариваемость, жидкотекучесть, скорость отверждения и другие не менее важные характеристики.

Наиболее дешевым и доступным является чугун, который используется для изготовления станин, корпусов редукторов, коробок скоростей, двигателей внутреннего сгорания, зубчатых колес, коленвалов, цилиндров и других изделий. Прочность чугунов составляет в зависимости от наличия легирующих элементов от 110 Мн/м<sup>2</sup> (чугаль) до 1350 Мн/м<sup>2</sup> (легированный магниевый чугун). Более распространенным КМ являются различные стальные сплавы, имеющие прочность от 200 до 3000 Мн/м<sup>2</sup> (20–300 кгс/мм<sup>2</sup>), пластичность сталей достигает 80 %, вязкость — 3 МДж/м<sup>2</sup>. Стали, используемые для изготовления наиболее ответственных деталей, изготавливаются вакуумно-дуговым, вакуумно-индукционным и электрошлаковым переплавом, вакуумированием и вытягиванием из расплава.

В авиации, автомобилестроении и судостроении широко используются алюминиевые сплавы, имеющие прочность от 550 до 750 Мн/м<sup>2</sup>, а по удельной жесткости превосходящие стали.

Магниевые сплавы имеют плотность в 4 раза меньше, чем у стали, прочность до 400 Мн/м<sup>2</sup> и применяются в авиа- и автомобилестроении, в текстильной и полиграфической промышленности и др.

Никелевые и кобальтовые сплавы сохраняют прочность при 1000–1100°С. Их получают методом плавки в вакуумно-индукционных и вакуумно-дуговых, а также в плазменных и электроннолучевых печах. Применяются в авиационных и ракетных двигателях, паровых турбинах, аппаратах, работающих при высоких температурах в агрессивных средах. В последние годы широко применяются титановые сплавы, которые превосходят по удельной прочности (1600 Мн/м<sup>2</sup>), коррозионной стойкости и по жесткости стали и алюминиевые сплавы. Их используют для изготовления имплантантов в медицине, деталей турбин, компрессоров и двигателей, в химической и нефтеперерабатывающей промышленности и др.

В меньшей степени в качестве КМ используются сплавы на основе меди, цинка, хрома, циркония, бериллия, молибдена и других металлов.

В последнее десятилетие вопрос использования композиционных материалов в промышленности в целях замены традиционных материалов становится актуальным. Это связано со многими причинами: — это уменьшение запасов элементов (например, металлов) в земной коре, это получение материалов с заранее заданными (прогнозируемыми) свойствами, это придание новых свойств уже известным материалам и т. д. В связи с этим встает вопрос создания композиционных материалов с физико-механическими свойствами не уступающими традиционным материалам, но в то же время превосходящим их по многим направлениям, в первую очередь по весовым характеристикам.

Композиционные материалы состоят как правило, из наполнителя и связующего вещества. Но существующая проблема взаимного проникновения материалов, т. е. адгезия на границе раздела наполнителя и основы, препятствуют широкому распространению

технологических решений в промышленности. Большинство способов получения таких композиционных материалов несут за собой неблагоприятные экологические последствия из-за применения химических реагентов для активации поверхности. Поэтому модификация наполнителей для полимеров и комбинирование полимеров с различными веществами и между собой является сегодня одним из основных способов создания новых полимерных композиционных материалов.

### Объекты исследования

В настоящее время физические воздействия на органические, полимерные и неорганические материалы используются достаточно широко. При этом наблюдается их большое разнообразие: низкотемпературная плазма тлеющего разряда<sup>1</sup>, [1–7], плазма коронного разряда<sup>2</sup> [8–10], обработка дуговым, барьерным [12; 13], и плазмы искрового разряда [14; 15]. Металлизация текстильных материалов методом магнетронного распыления описана в работах [16; 17]. Все они имеют достоинства и недостатки. К недостаткам модификации волокнистых материалов плазмой тлеющего разряда относят зависимость получаемых результатов от величины контактирующей с плазмой площади поверхности материалов, невозможность обработки материалов с низкой термостойкостью, а также невысокая устойчивость эффекта плазменной модификации. Применение плазмы коронного разряда для модификации текстильных материалов заключается в том, что процессы ионизации в данном разряде происходят не по всей длине промежутка между электродами, а лишь вблизи коронирующего электрода. Эта зона характеризуется высокими значениями напряженности поля и используется для модификации материалов. Однако эффективность обработки текстильных материалов с целью активации их поверхности плазмой коронного разряда ниже по сравнению с плазмой низкого давления [18; 19]. Обработка плазмой барьерного разряда характеризуется повышенной энергоемкостью и необходимостью использования специальных источников питания, требующих высоких требований безопасности из-за выделения озона, что требует особой системы очистки воздуха. Также, например, смачиваемость поверхности волокнистых материалов при действии барьерного разряда ниже тлеющего [20]. При использовании методов магнетронного осаждения покрытий на волокнистый материал обеспечивается хорошая адгезия металлического слоя к поверхности полимера. Однако для предварительной обработки текстильной подложки перспективно применение без нанесения дополнительных связующих. Вопросы регулирования структуры и свойств текстильных волокон природного происхождения низкотемпературной плазмой газовых разрядов подробно рассмотрены в работах [16; 20–22]. Применение ВЧ плазменной обработки перспективно для регулирования смачиваемости поверхности текстильных материалов из различных волокон для эффективной пропитки различными химикатами. Накоплен достаточно большой объем экспериментальных данных, однако, механизм происходящих при этом физико-химических изменений, позволяющих направленно регулировать характеристики волокнистых материалов для получения конкурентоспособной продукции изучен недостаточно [23–25]. В результате проведенных исследований научно обоснованы механизмы плазмохимической модификации органических и неорганических волокнистых материалов, неорганических оксидов и наноалмаза в плазме ВЧЕ разряда пониженного давления с целью повышения их адгезионных свойств для создания на их основе материалов с улучшенными эксплуатационными

<sup>1</sup> Пат. 2396369 РФ. Способ обработки термически нестойких материалов холодной плазменной струей / Ю.С. Акишев, М.Е. Грушин, Н.И. Трушкин. Заявл 26.10.2007; опубл. 10.08.2010.

<sup>2</sup> Пат. 2262376 РФ. Слоистый полимерный волокнистый фильтрующий материал для очистки потока воздуха / А.Г. Кравцов, С.В. Зотов. Заявл 14.09.2004; опубл. 20.10.2005.

характеристиками. Установлено, что ВЧЕ плазменная модификация в плазмообразующих средах аргона и воздуха приводящая к разрыву ковалентных связей с образованием свободных макрорадикалов, взаимодействующих между собой с образованием кратных связей и межмолекулярных сшивок, а также с реакционноспособными частицами плазмы или атмосферного воздуха с образованием кислород- и азотсодержащих функциональных групп, что способствует усилению адгезионного взаимодействия полимер-армирующий наполнитель [26].

Полученные полимерные композиционные материал на основе полиуретанов, наполненных базальтовым или арамидным волокном, либо детонационным алмазом обладают улучшенными эксплуатационными характеристиками за счет применения плазмы ВЧЕ разряда пониженного давления, что позволяет изделия на их основе использовать в деталях машин и механизмов аэрокосмической техники, а также в условиях крайнего Севера.

### Типы композиционных материалов

Композиционные материалы (композиты) — многокомпонентные материалы, состоящие, равно как правило, из пластичной базы (матрицы), армированной наполнителями, владеющими значительной крепостью, жесткостью и т. д. Комбинация неоднородных элементов приводит к формированию нового материала, качества которого количественно отличается от свойств любого из его элементов. Варьируя структуру матрицы и наполнителя, можно получать материалы с необходимым комплектом качеств.

Наполнителями композитов являются самые многообразные материалы — металлы, керамика, стекла, пластмассы, углерод и т. п. Популярны многокомпонентные композиционные материалы — полиматричные, если в 1 использованном материале совмещают ряд матриц, либо смешанные, содержащие в себе различные наполнители.

*Стеклопластики.* Полимерные композиционные материалы, армированные стеклянными волокнами, которые формуют из жидкого неорганического стекла. В свойстве матрицы нередко в целом используют как терморезистивные искусственные смолы (фенольные, эпоксидные, полиэфирные и т. д.), так и термопластичные полимеры (полиамиды, полиэтилен, полимер и т. д.). Данные материалы имеют довольно большую прочность, невысокую теплопроводность, значительные электроизоляционные свойства, помимо этого, они не заметны для радиоволн. Стеклопластики — довольно недорогие материалы, их обширно применяют в строительстве, кораблестроении, радиоэлектронике, изготовлении домашних объектов, спорт инвентария, оконных рам ради нынешних стеклопакетов и т. п. [27].

*Углеродные пластики.* Наполнителем в данных полимерных композитах служат углеродные волокна. Тепловая обработка волокна ведется, как правило, в 3 стадии (окисление — 220°C, карбонизация — 1000–1500°C и графитизация — 1800–3000°C) и приводит к формированию волокон, характеризующихся большим содержанием (вплоть до 99,5 % согласно массе) углерода. В зависимости от порядка обработки и исходного материала, углеродное волокно обладает различной структурой. На основании углеродных волокон и углеродной матрицы формируют композиционные углеродные материалы — более теплоустойчивые композиционные материалы (углеродные пластики), умеющие длительное время переносить в инертных или же реставрационных окружениях температуры вплоть до 3000°C. Имеется ряд методов изготовления аналогичных материалов. По одному из них углеродные волокна пропитывают фенолформальдегидной смолой, подвергая далее воздействию значительных температур (2000°C), при данном процессе происходит пиролиз органических элементов и появляется углерод. Для того чтобы материал был менее пористым и наиболее крепким, процедуру повторяют некоторое количество раз. В другом методе происходит извлечение углеродного

материала в результате прокаливании обыкновенного графита при больших температурах в атмосфере метана. Тонкодисперсный углерод, возникающий при пиролизе метана, перекрывает все без исключения поры в текстуре графита. Плотность этого материала возрастает, согласно сопоставлению с плотностью графита, в полтора раз. Из углеуглепластиков производят высокотемпературные конструкции ракетной техники и высокоскоростных аэропланов, тормозные колодки и диски с целью высокоскоростных аэропланов и многоразовых космических кораблей, электротермическое спецоборудование.

*Боропластики.* Композиционные материалы, которые содержат в качестве наполнителя борные волокна, внедренные в термореактивную полимерную матрицу. При этом волокна могут являться мононитями, в виде жгутов, оплетенных добавочной стеклянной нитью либо лент, в которой борные нити переплетены с прочими нитями из других материалов. Получаемый материал имеет значительные механические качества (борные волокна имеют предельную стойкость при сжатии по сравнению с волокнами из иных материалов) и высокую стойкость к агрессивным средам, однако значительная ненадежность материала усложняет их обработку и накладывает ограничения на форму изделий из боропластиков. Помимо этого, цена борных волокон сильно завышена (около 400 \$/кг), что обусловлено технологическим процессом их получения (бор осаждают из соединений хлорида на вольфрамовой подложке, цена которой может быть вплоть до 30 % цены волокна). Тепловые особенности боропластиков обуславливаются термостойкостью матрицы, по этой причине рабочие температуры, как правило, не слишком велики [4].

Применение боропластиков ограничивается значительной ценой изготовления борных волокон, по этой причине они применяются основным способом в летной и космической технике в деталях, подвергающихся продолжительным нагрузкам в обстоятельствах агрессивной среды.

Для всех рассмотренных типов композитов исследование взаимодействий полимер-армирующий наполнитель на границе раздела фаз и структурообразование в полимере дает возможность создать подходы для разработки технологии высокопрочных полимерных композиционных материалов.

Эффективным методом улучшения свойств различных материалов является их модификация. Одним из способов повышения адгезионной прочности волокнистых полимерных композитов является модификация поверхности волокон. Проведенные ранее исследования показали, что обработка органических волокон и тканей на их основе низкотемпературной плазмой повышает прочность пропитанных смолой волокон [25–27]. Многие полимерные материалы, в том числе и волокна нового поколения (углеродные, арамидные и другие) обладают множеством достоинств, таких как химическая инертность, высокая термическая стойкость, хорошие диэлектрические свойства. Однако данные свойства не исключают наличия низкой поверхностной энергии, что в свою очередь приводит к низкой адгезионной способности поверхностей таких материалов при нанесении различного рода покрытий [28]. Обработка в низкотемпературной плазме позволяет модифицировать свойства поверхности (и тонкого приповерхностного слоя) волокнистого полимера без изменения объемных свойств материала в целом.

Проанализировав патентную и научно-техническую литературу, считаем необходимым рассмотреть обработку ПКМ в высокочастотном газовом разряде на предприятии для изготовления неотчетливых конструктивных элементов гидроподъемника.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Оулет Р. Технологическое применение низкотемпературной плазмы / Р. Оулет, М. Барбье, П. Черемисинофф. М.: Энергоатомиздат, 1983. 144 с.
2. Плазменная технология в производстве СБИС: Пер. с англ. / Под ред. Н. Айнспруга и Д. Брауна. М.: Мир, 1987. 469 с.
3. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика / Г.Н. Абрамович. М.: Наука, 1969. 824 с.
4. Циркина, О.Г. Повышение эффективности огнестойкой отделки текстильных материалов технического назначения / О.Г. Циркина, Е.Л. Владимирцева, А.Л. Никифоров, Л.В. Шарнина // Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности «Современные пожаробезопасные материалы и технологии». — Иваново: ИПСА. — 2018. — С. 186–190.
5. Сурис А.Л. Плазмохимические процессы и аппараты / А.Л. Сурис. М.: Химия, 1989. 304 с.
6. Физика и технология источников ионов / Под ред. Я. Брауна; Пер. с англ. Под ред. Е.С. Машковой. — М.: Мир, 1998.
7. Булычев, С.В. Управляемое ориентирование волокон в плазме тлеющего разряда / С.В. Булычев, А.Е. Дубинов, Ю.Б. Кудасов, И.Л. Львов, К.Е. Михеев, С.А. Садовой, С.К. Сайков, В.Д. Селемир // Письма в Журнал технической физики. — 2003. — Т. 29, № 15. — С. 45–48.
8. Гороховатский, Ю.А. Электретные свойства полимерных волокнистых материалов на основе полипропилена / Ю.А. Гороховатский, Д.Э. Темнов // Перспективные материалы. — 2006. — № 1. — С. 68–72.
9. Малашин М.В., Мошкунов С.И., Хомич В.Ю., Шершунова Е.А. // Приборы и техника эксперимента. 2016. № 2. С. 71–75.
10. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. Долгопрудный: Интеллект, 2009. 736 с.
11. Brown, N.M. Surface treatment of natural and synthetic textiles using a dielectric barrier discharge / N.M. Brown, C.A. Anderson, G. Borcia // Surface and Coatings Technology. — 2016. — № 201(6). — P. 3074–3081.
12. Farmer, A.J. Dielectric Barrier discharge treatment of textiles / A.J. Farmer, H.S. Tunner, X.J. Dai // Conference proceedings 14th int. symposium on plasma chemistry. — Prague, 1999. — V. 3. — P. 1131–1135.
13. Гаврильчик, В.Т. Особенности обработки многослойных и капиллярно-пористых полимерных материалов в плазме барьерного разряда / В.Т. Гаврильчик, А.И. Егоров, В.П. Казаченко // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Полимерные композиты». — Гомель: ИММС НАНБ, 2003. — С. 125–126.
14. Кутепов, А.М. Плазменное модифицирование текстильных материалов: перспективы и проблемы / А.М. Кутепов, А.Г. Захаров, А.И. Максимов, В.А. Титов // Российский химический журнал. — 2002. — Т. 47, № 1. — С. 103–115.
15. Сергеева, Е.А. Анализ способов модификации волокнистых материалов / Е.А. Сергеева, И.Ш. Абдуллин, Л.А. Зенитова, К.Д. Костина // Вестник Технологического университета. — 2015. — Т. 18, № 20. — С. 164–167.

16. Модифицирование текстильных материалов нанесением нанопокровов методом магнетронного ионно-плазменного распыления / Б.Л. Горберг, А.А. Иванов, О.В. Мамонтов [и др.] // Российский химический журнал. — 2011. — Т. 55. — № 3. — С. 7–13.
17. Максимов, А.И. Возможности и проблемы плазменной обработки тканей и полимерных материалов / А.И. Максимов, Б.Л. Горберг, В.А. Титов // Текстильная химия. — 1992. — № 1. — С. 101–118.
18. Таничев, М.В. Общие закономерности воздействия тлеющего разряда на волокнистые материалы / М.В. Таничев, М.В. Акулова // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы. — 2019. — № 1–1. — С. 259–263.
19. Акулова, М.В. Применение тлеющего разряда в текстильной и строительной промышленности / М.В. Акулова, Б.П. Мельников, С.В. Федосов. — Иваново: ИГХТУ. — 2008. — 232 с.
20. Кутепов, А.М. Плазменное модифицирование текстильных материалов: перспективы и проблемы / А.М. Кутепов, А.Г. Захаров, А.И. Максимов, В.А. Титов // Российский химический журнал. — 2002. — Т. 47, № 1. — С. 103–115.
21. Кумпан Е.В. Повышение механических свойств текстильных материалов на основе натуральных и синтетических полимерных волокон, модифицированных потоком высокочастотной плазмы пониженного давления / Е.В. Кумпан, И.Ш. Абдуллин, В.В. Хамматова // Вестник Казанского технологического университета. — 2010. — № 10. — С. 166–169.
22. Шаехов, М.Ф. Изменение капиллярности арамидных волокон при модификации высокочастотным разрядом пониженного давления / М.Ф. Шаехов, Е.Д. Хальфина // Вестник Казанского технологического университета. — 2010. — № 11. — С. 609–610.
23. Сергеева, Е.А. Влияние высокочастотного разряда пониженного давления на свойства ВВПЭ волокон / Е.А. Сергеева, И.Ш. Абдуллин // Вестник Казанского технологического университета. — 2009. — № 2. — С. 84–89.
24. Кудинов, В.В. Нанокристаллические СВМПЭ-волокна, активированные плазмой для композиционных материалов / В.В. Кудинов, И.К. Крылов, В.И. Мамонов, Н.В. Корнеева // Сборник трудов VI Всероссийской конференции по наноматериалам с элементами научной школы для молодежи. — М.: ИМЕТ РАН, 2016. — С. 374–375.
25. Кудинов, В.В. Влияние плазменной активации и термообработки на свойства сверхвысокомолекулярныхполиэтиленовых волокон в композиционных материалах / В.В. Кудинов, В.И. Мамонов, Н.В. Корнеева, И.К. Крылов, М.В. Геров // Физика и химия обработки материалов. — 2013. — № 5. — С. 36–39.
26. A.A. Khubatkuzin, F.S. Sharifullin, V.S. Zheltukhin, E.E. Valeeva. Modification of Particulate Fillers in Low-Pressure Radio Frequency Gas Discharge // Journal of Physics: Conference Series, 2020. 1588. 012059.
27. Николаев, А.Ф. Технология полимерных материалов: уч. пос. / А.Ф. Николаев, В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов и др. — СПб.: Профессия., 2008. — 544 с.



**Khubatkhuzin Albert Anasovich**

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

E-mail: al\_kstu@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7494-8051>

RSCI: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=468350](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=468350)

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=56206076800>

**Alekseev Alexey Nikolaevich**

LLC KEMZ, Kazan, Russia

E-mail: kazanemz@mail.ru

**Bondar Viktor Semenovich**

LLC KEMZ, Kazan, Russia

E-mail: kazanemz@mail.ru

## Polymer composites as an alternative to traditional materials

**Abstract.** The article deals with issues related to the analysis of the possible replacement of traditional products in mechanical engineering, light industry and other industries from metal to polymer composite materials. Composites slowly but surely occupy those niches where metals and their alloys were previously used.

The advantage is a wide range of property values achieved using composites and the ability to adapt properties. Composite materials also tend to have higher strength and modulus-to-weight ratios than traditional structural materials. These features can reduce the weight of the system, saving weight leads to energy savings or increased productivity.

Modern composite materials have the desired dynamic properties and have high creep resistance and good damping characteristics. In fact, the excellent fatigue characteristics of composite materials allow them to be used to replace metal machine tool housings, hydraulic lifts and other elements with fatigue damage. Engineering solutions to improve the operational characteristics of the materials used are considered.

The development and application of mineral-filled polymer composite materials with high performance properties and new functionality is an important factor in solving many problems. The method of processing polymer composite materials in a high-frequency gas discharge is recommended. The issue of creating an interfacial layer at the matrix-filler boundary is an important task that allows to obtain monolithic products without defects with improved physical and mechanical properties. The relevance of creating polymer composite materials based on dispersed natural silicates lies in the fact that these minerals are quite cheap and are contained in large quantities on the territory of Russia, in addition, they can form strong adhesive bonds with the polymer matrix of a number of resins.

**Keywords:** material properties; improvement of specific parameters; high-frequency gas discharge; reduced pressure; polymer composite materials; modified dispersed filler; adhesion; monolithic products