

КОМПОЗИТНЫЙ МИР

ISSN 2222-5439

#2 (115)
2026



18 лет

на рынке полимерных
КОМПОЗИТОВ

carbonstudio.ru



carbonStudio*

*Карбон Студио



Композитные
решения
группа компаний

ВАШ ПАРТНЕР В ИННОВАЦИЯХ

ИНЖИНИРИНГ, ОБОРУДОВАНИЕ,
МАТЕРИАЛЫ, ОБУЧЕНИЕ



ООО «ГК «АПГРУПП-СМТ»

ОГРН: 1197847080441

Адрес: 192236, г. Санкт-Петербург

Софийская ул., д. 6 к. 8, стр. 1, пом. 1-н, оф. 383

Порозаполнитель

САРДОНИКС 399

ТУ 20.59.59-166-59846689-2025



Заполняет рельефные и пористые поверхности: МДФ, модельный пластик, ПКМ, металл



Не требует многослойного нанесения



Не требует полировки и шлифовки



Простота использования



ООО «ИТЕКМА»
РОССИЙСКИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Московская обл., г. Подольск, мкр. Климовск,
ул. Заводская, д. 2, к. 121

+7 (495) 133-26-78

sales@itecma.ru

www.itecma.ru



ИТЕКМА



**Уважаемые коллеги, друзья
и единомышленники!**

С каждым днём отрасль композитных материалов набирает обороты, и мы в журнале «Композитный мир» стараемся быть в эпицентре главных событий. Одно из них проходит прямо сейчас — выставка «Композит Экспо».

Приглашаю вас встретиться лично! Наш стенд расположен в павильоне 3 МВЦ «Крокус Экспо», зал 13 (номер G37). Это место, где мы можем отложить деловую переписку и просто поговорить о нашем общем деле — о полимерах, технологиях и композитных материалах будущего. Приходите обсудить насущные вопросы рынка, поделиться своим опытом или найти ответы на сложные технологические задачи — мы всегда открыты к диалогу.

Честно признаюсь: всегда приятно видеть знакомые лица и знакомиться с новыми читателями. Для вас на стенде:

Свежий номер журнала — с последними новостями рынка и полезными статьями.

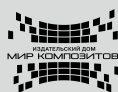
Архивные выпуски — если пропустили что-то важное за прошлый год.

А ещё — искренняя беседа без временных ограничений.

Будем рады каждому, кто разделяет нашу страсть к композитам. Заходите за новым номером, советом, вдохновением или просто за хорошим настроением. Если не сможете подойти — напишите нам, и мы пришлём журнал отдельно.

До встречи на «Композит Экспо»!

С уважением, Ольга Gladunova



Научно-популярный журнал
Композитный мир
#2 (115) 2026

Дисперсно- и непрерывнонаполненные композиты: стеклокомпозиты, углекомпозиты, искусственный камень, конструкционные пластмассы, пресс-формы, матрицы, оснастка и т. д. — ТЕХНОЛОГИИ, РЕШЕНИЯ, ПРАКТИКА!

Регистрационное свидетельство ПИ № ФС 77-35049
Министерства РФ по делам печати,
телерадиовещания и средств массовых
коммуникаций от 20 января 2009 г.

ISSN — 2222-5439

Учредитель:

ООО «Издательский дом «Мир Композитов»
8 (921) 955-48-47
www.compositeworld.ru

Директор: Сергей Gladunov
gladunov@kompomir.ru

Главный редактор: Ольга Gladunova
o.gladunova@kompomir.ru

Вёрстка и дизайн:
design@compositeworld.ru

По вопросам сотрудничества:
info@kompomir.ru

По вопросам размещения рекламы:
o.gladunova@kompomir.ru

Номер подписан в печать 15.04.2026

Отпечатано в типографии «Премиум Пресс»
Общий тираж 4000 экз.
(печатная + электронная версия)
Цена свободная

Научные консультанты:

Ольга Владимировна Асташкина, к.т.н., доцент,
профессор кафедры Наноструктурных,
волоконных и композиционных материалов
им. А. И. Меоса Санкт-Петербургского
Государственного Университета Промышленных
технологий и дизайна;

Андрей Юрьевич Кузнецов — к.т.н.,
доцент кафедры Наноструктурных,
волоконных и композиционных материалов
им. А.И. Меоса Санкт-Петербургского
Государственного Университета Промышленных
технологий и дизайна.

* За содержание рекламных объявлений
редакция ответственности не несет.

При перепечатке материалов ссылка
на журнал «Композитный Мир» обязательна.

Мнение редакции может не совпадать
с мнениями авторов.



Новости 6

Материалы

Производство российских препрегов 22

Лента Абрис А: 25 лет надежной
герметизации в вакуумном формовании 24

Препреги с ультракоротким циклом
отверждения на основе эпоксидного
связующего расплавного типа 26

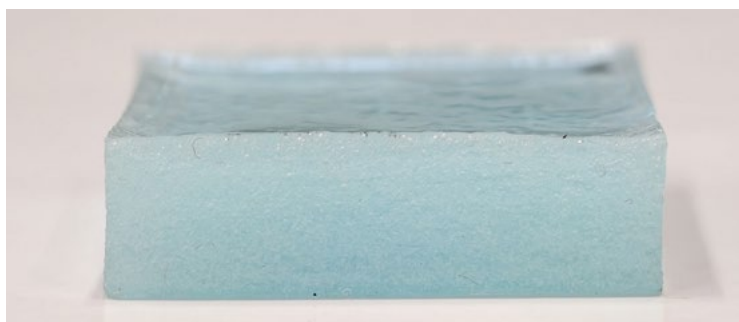
Прочность, долговечность
и радиопрозрачность 30

ПА 6-211-ДС: советский фундамент
для российских крыльев 32

Технологии

Открытие новой линии
производства препрегов
по расплавной технологии 34

Ремонт трубопроводов
и промышленного оборудования
полимерными композитами 38





Применение

«Фонтанка-NEO»: как ретрофутуризм и композиты определяют будущее речных прогулок.....	40
Поризованный силикон-графеновый композитс ионами серебра.....	44

Наука

Полимерные темплаты как средство направленного формирования пористой структуры углеродных материалов.....	50
Отраслевые мероприятия 2026	54





«Росатом» сделает катамараны из стеклопластика и усилит авиационное направление

Композитный дивизион «Росатома» меняет стратегию: делает ставку на авиационные компоненты и крупногабаритные стеклопластиковые изделия, отказывается от нишевых «штучных» продуктов и жёстко оптимизирует затраты. Об этом в интервью отраслевому изданию рассказал Александр Дмитриков, назначенный гендиректором дивизиона 3 октября 2025 года.

По словам Дмитрикова, ключевая задача сейчас — повышение эффективности бизнеса и снижение себестоимости продукции. Инвестиции в рост ограничены, поэтому дивизион критически пересматривает расходы на менеджмент, отказывается от отдельных управляющих компаний и активно использует инструменты Производственной системы «Росатом» (ПСР). Так, на заводе в Ульяновске вместо проектных восьми лопастей для ветрогенераторов в неделю стали выпускать десять и больше, а время перезарядки линии производства углеволокна удалось сократить с 2–3 суток до 14 часов (в перспективе — до «пит-стопа» без остановок).

Главный приоритет — авиастроение. В 2025 году «Росатом» сертифицировал собственное углеволокно для использования в самолётах. Процесс занял три года. Теперь дивизион намерен стать ответственным поставщиком внешних панелей крыльев, элементов фюзеляжа и других авиакomпонентов. Кроме того, в России в промышленных масштабах выпускаются термопластичные углепрепреги — материал, который уже заинтересовал авиастроителей. Сейчас он проходит квалификацию.

«В России мы уникальный производитель углеволокна, и свою монополию будем защищать и расширять», — подчеркнул Дмитриков.

Завод «Росатом Ветролопасти» в Ульяновске, где производят крупногабаритные лопасти для ВЭС, начнёт выпуск небольших катамаранов из стеклопластика. Это способ диверсификации: лопасти — монопродукт, спрос на них зависит от побед в тендерах на строительство ветропарков. Уже изготовлен демонстрационный образец, собираются отзывы потенциальных клиентов.

В строительном сегменте дивизион делает ставку

на стеклокомпозитные мосты. Удачные примеры — мост через Чусовую и быстровозводимая понтонная переправа в Архангельской области. Разработаны альбомы инженерных решений (перила, настилы, дорожные покрытия). Ожидания от этого направления — «очень большие», отметил Дмитриков.

Дивизион отказался от производства нишевых штучных изделий, таких как обвесы для мотоциклов — это признано невыгодным. Скептически оцениваются и перспективы рынка композитных баллонов для водорода: программы перевода транспорта на газ секвестрируются, продажи баллонов буксуют.

При этом «Росатом» продолжит экспансию на глобальном рынке. «Если нас не будет на глобальном рынке, наша устойчивость резко снизится», — цитирует Дмитриков первого заместителя гендиректора «Росатома» Кирилла Комарова. Конкурировать с Китаем предполагается за счёт уникальных продуктов — прежде всего термопластичных углекомпозитов для авиации.

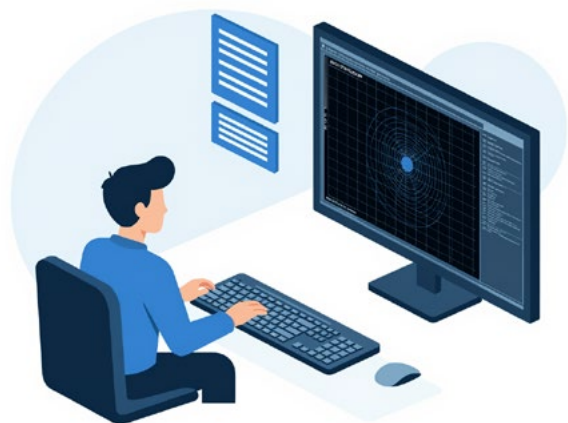
В сегменте стекловолокна доля дивизиона на российском рынке превышает 40%, и компания планирует её наращивать. «Мы лучше других понимаем, как сделать качественное волокно», — резюмировал Александр Дмитриков.

www.atomic-energy.ru

Исследование НКК «Машиностроение»: российский рынок САПР для композитов к 2035 году вырастет в 5 раз

НКК «Машиностроение», разработчик PLM-системы САРУС+, опубликовал исследование «Цифровая основа индустрии композитов: рынок специализированного ПО в России и мире», в котором проведено сравнение глобального и отечественного рынков САПР для изделий из полимерно-композиционных материалов.

По данным отчета, глобальный рынок композиционных материалов растёт на 8,2% в год и к 2032 году достигнет \$250 млрд. Его главные бенефициары — автомобилестроение и зеленая энергетика. Доля российского рынка композитов составляет около 1,5% от мирового, однако структура спроса концентриру-



ется в самых наукоёмких сегментах: авиастроении и космической промышленности, а также беспилотной авиации и судостроении. Существенную роль в его развитии играет государство через прямое финансирование и создание условий для формирования технологической экосистемы.

В исследовании отмечается, что полный потенциал композиционных материалов невозможно раскрыть без использования специализированного программного обеспечения для проектирования изделий из композитов (САПР). В отличие от классических САПР, такие решения обеспечивают эффективную работу со слоистыми структурами, позволяя смоделировать ориентацию волокон, учесть нюансы технологического процесса укладки и спрогнозировать итоговые механические характеристики деталей и конструкций с высокой точностью. Это помогает сократить сроки разработки, объём дорогостоящих натурных испытаний и повысить качество конечного изделия.

Согласно прогнозам НКК «Машиностроение», объём российского рынка САПР для композитов по итогам 2024 года составил 1,4 млрд рублей. К 2035 году он увеличится еще в 5 раз, до 7 млрд руб., что в 1,5 раза превышает среднемировые темпы роста.

Несмотря на то, что сегодня доля пиратского софта в сегменте достигает 70%, на рынке представлено и отечественное ПО для работы с композитами. На данный момент это решения класса CAD/CAM, обеспечивающие геометрическое моделирование и проектирование слоистых структур (например,

САРУС+ Композиты, Компас 3Д Композиты), и CAE-системы, предназначенные для инженерных расчетов и виртуальных испытаний изделий (Fidesys, Логос, Манипула).

При этом, многие эксперты отмечают, что российские решения уже достигли необходимого уровня технологической готовности для импортозамещения. Так, в прошлом году компании НКК и «НЕВА Технолджи» провели натурные испытания, которые подтвердили реализуемость полного цикла производства композитных изделий на отечественном ПО и оборудовании.

«Отечественные программные платформы, такие как САРУС+ Композиты, становятся точкой отсчёта для цифровизации специализированных инженерных сред. Они уже закрывают ключевые потребности предприятий, обеспечивая бесшовную интеграцию проектирования и производства. Это позволяет выстраивать сквозные высокотехнологичные цепочки для создания сложных изделий. Наличие таких решений формирует основу для роста рынка изделий из композитов в России», – прокомментировал Дмитрий Прилуцкий, директор R&D НКК «Машиностроение».

В исследовании также приведены тренды развития САПР для композитов на российском рынке, среди них – сквозное покрытие жизненного цикла изделий, кроссплатформенность, внедрение цифровых двойников и специализированного ИИ для оптимизации архитектуры материалов, а также переход на облачную модель предоставления ПО.

«Развитие рынка композиционных материалов в



ГРУППА КОМПАНИЙ
КОМПОЗИТ

Полиэфирные смолы

Эпоксивинилэфирные смолы

Эпоксидные смолы

Гелькоуты

Стекломатериалы

Системы отверждения

Разделительные системы

Оборудование для стеклопластика и гелькоута

193079, Санкт-Петербург, Октябрьская набережная, 104
+7 (812) 322-91-69 | +7 (812) 322-91-70

office@composite.ru — вопросы общего характера

tech@composite.ru — техническая поддержка

подбор материалов и оборудования

sales@composite.ru — продажи



www.composite.ru

Приглашаем вас
посетить наш стенд

S11

на выставке
Композит-Экспо
2026



www.composite-shop.ru

России сегодня приобретает стратегический характер. Ключевой задачей является не только импортозамещение, но и создание технологически совершенных решений, способных конкурировать на глобальных рынках. Приоритетом остается развитие специализированных САПР для композитов, поскольку современные инструменты проектирования — это необходимое условие для укрепления позиций российской промышленности в высокотехнологичных отраслях», — подчеркнул Владимир Святославич Дождев, директор Департамента цифровых технологий Минпромторга России.

ict-online.ru

Сноуборды «Росатома» оценили профессионалы и любители

Каждую весну фестиваль принимает курорт «Роза Хутор». В этом году на склоне, где собирались фанаты горных лыж, сноубордов и современной музыки, все желающие протестировали композитные доски компании «Пеппер Бордс» — давно и хорошо зарекомендовавшего себя московского производителя сноубордов, лонгбордов и скейтбордов. Изделия эксклюзивного дизайна вызвали большой интерес у профессионалов и любителей.

«Катался на Pepper x Rosatom целый день, — рассказывает мастер спорта, участник Олимпиады 2014 в Сочи Павел Харитонов. — Идеальная форма с узким хвостом и широким носом прекрасно держит и обеспечивает хорошую маневренность. Доска очень упругая — подходит и для мягкого снега, и для накатанной трассы». «В парк на ней тоже можно заехать, попрыгать на небольших трамплинах», — добавляет мастер спорта, член сборной России Вадим Бобрышев.

«В современном спорте побеждают не только люди, но и технологии. Хороший сноуборд — это грамотно составленный композитный сэндвич: легкий, выносливый и предсказуемый», — считает основатель бренда Дмитрий Куляшов. Углеродная, карбон, углеволоконная и мультиаксиальная ткани «Росатома» делают сноуборды легче, жестче, прочнее и долговечнее по сравнению с аналогами.

Доски получились очень красивыми, с благородными винтажными элементами. «Это холст для фантазии, —

говорит директор департамента коммуникаций «Росатома» Андрей Тимонов. — Я еще не встречал райдера, который не уделял бы дизайну своей доски достаточно внимания. Чтобы тебя запомнили на склоне, надо иметь в багаже не только классные трюки, но и запоминающуюся внешним видом доску. Мы вдохновлялись ретрофутуризмом. Весь этот стиль говорит о том, что будущее, о котором мечтали наши родители с журналом «Техника — молодежи» в руках, уже наступает. Нам остается только зафиксировать его на символических артефактах нашего времени».

strana-rosatom.ru

Стеклопластиковые трубы «Татнефти» оказались дешевле стальных и на 47% сокращают потери тепла

На международном форуме «Энергопром» в Казани были представлены революционные результаты внедрения композитных технологий в системы ЖКХ. Организатор круглого стола, компания ООО «Татнефть-Пресскомпозит», заявила о завершении разработки и успешных испытаниях стеклопластиковых труб, которые превосходят стальные аналоги по ряду ключевых параметров.

Как сообщил директор компании Азат Губайдуллин, основная задача нового подхода — не просто ликвидировать аварии, а максимально отсрочить возвращение к проблеме износа сетей. Продукция, десятилетиями доказывающая свою надежность в нефтяной отрасли, теперь готова к масштабному внедрению в теплоснабжение.

Главным откровением форума стало заявление о снижении себестоимости. Если раньше композитные трубы были дороже стальных, то сейчас компания оптимизировала цены. По словам начальника отдела продаж Дамира Зайнуллина, стеклопластик стал дешевле металла, теряет на 47% меньше тепла и обеспечивает низкую стоимость владения: за срок службы до 50 лет выгода по сравнению со сталью достигает 53%.

Результаты исследований и опытно-промышленных внедрений легли в основу новых национальных стандартов России. Исполнительный директор «Со-



юза производителей композитов» Сергей Ветохин подчеркнул, что компания за свой счет провела все необходимые НИОКР, получила положительные заключения НИИ строительной физики РААСН, что позволило инициировать разработку ГОСТов.

На сегодняшний день с 2020 года в Заинске, Альметьевске, поселке Актюбинский, а также в Мурманской и Ивановской областях уложено уже более 13 километров таких труб. За весь период не произошло ни одной аварии.

Директор «Альметьевских тепловых сетей» Ильнур Усманов поделился практическим опытом: после пяти лет эксплуатации 11 километров композитных труб деградации материала не выявлено. Трубы диаметром до 100 мм можно монтировать вручную без привлечения сложной техники и дорогостоящих сварщиков. Кроме того, низкая шероховатость внутренней поверхности предотвращает образование отложений, сохраняя гидравлические параметры неизменными.

Единственным сдерживающим фактором ранее была стоимость, не укладывавшаяся в тарифы. Однако, как пояснил Дамир Зайнуллин, после снижения закупочных цен и с учетом требований 223-ФЗ (учет стоимости жизненного цикла), трубы «Татнефть-Прескомполит» полностью соответствуют принципам госзакупок и готовы закрыть более 50% потребностей тепловых сетей РФ в диаметрах до 300 мм.

kazanfirst.ru



Композитные технологии лягут в основу нового российского дальнемагистрального самолёта Tu-454

На двадцатом Российском венчурном форуме специалисты ОКБ имени Туполева впервые продемонстрировали макет перспективного широкофюзеляжного лайнера Tu-454. Как сообщает Центр анализа стратегий и технологий, проект пока носит предварительный характер, однако его концепция ориентирована на самые современные стандарты авиастроения, где ключевую роль играют композитные материалы.

Разработка ведётся в классе дальнемагистральных



22-24 АПРЕЛЯ

Приглашаем вас посетить выставку
Композит-Экспо 2026

ВСЁ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛОПЛАСТИКА НА СТЕНДЕ D03

На нашем стенде вы сможете:

- задать вопросы специалистам отрасли в рамках программы «Спроси эксперта»
- пообщаться с представителями заводов Turkuaz Polyester и Sino Polymer
- получить консультации по оборудованию и материалам для закрытых процессов формования



Скачайте бесплатный билет
и приходите на стенд D03
Будем рады встрече!



Наших гостей ждёт розыгрыш призов и подарки!
Ежедневно в 16:00 проводим итоги на общем сборе!

Стенд D03
Адрес: МВЦ
«Крокус Экспо»,
павильон №3

igc-market.ru



машин, сопоставимых с Boeing 787 и Airbus A350. Новый российский лайнер, как и зарубежные аналоги, будет активно использовать полимерные композиты в конструкции планера. Это позволит радикально снизить массу воздушного судна, уменьшить расход топлива и повысить ресурс конструкции. Применение композитов — один из главных трендов, обеспечивающих эксплуатационную эффективность современных авиалайнеров.

Согласно предварительным данным, Tu-454 сможет перевозить до 350 пассажиров на расстояние около 15 тысяч километров без дозаправки. Силовая установка будет состоять из двух перспективных двигателей ПД-26. Но главный технологический акцент сделан именно на композитном планере, который, по аналогии с мировыми лидерами, открывает возможности для поддержания в салоне повышенной влажности воздуха и использования затемняемых иллюминаторов. Эти решения призваны снизить утомляемость пассажиров при длительных перелётах.

В ОКБ имени Туполева (входит в Объединённую авиастроительную корпорацию) точные сроки запуска программы и полные технические параметры пока не называют. Официальных комментариев от ОАК также не поступало. Тем не менее демонстрация макета подтверждает, что российские авиастроители, следуя глобальным трендам, делают ставку на широкое внедрение композитов в перспективные проекты дальнемагистральной авиации.

www.ixbt.com

В Перми создали прочный полимербетон из доступных компонентов

Специалисты Пермского Политеха представили отечественную смесь для строительства. Материал на основе эпоксидной смолы и отечественных наполнителей показал прочность до 106 МПа, что на 15–20% выше показателей импортных аналогов.

В строительной отрасли и промышленности остро стоит вопрос надежности конструкций. Фундаменты, дорожные покрытия, опоры мостов и основания под тяжелое оборудование постоянно испытывают вибрации, перепады температур и воздействие реагентов. Традиционный цементный бетон, привычный для

массового строительства, в таких условиях склонен к растрескиванию и быстрому износу.

В мировой практике для ответственных объектов давно применяют полимербетоны. В них вместо цемента используются эпоксидные смолы, что придает материалу высокую химическую стойкость и сцепление компонентов. Однако в России системные разработки таких составов отсутствовали. Инженерам приходилось выбирать: использовать недолговечный цементный бетон или закупать дорогие импортные компоненты.

Ученые Пермского национального исследовательского политехнического университета (ПНИПУ) впервые разработали отечественный состав, который решает эту проблему. В Минобрнауки РФ уточнили, что в основе материала — эпоксидная смола. В качестве наполнителей исследователи применили белую сажу, аэросил, оксид железа, рубленое стекловолокно, компонент для защиты от влаги и кварцевый песок. Все компоненты производятся в России, что делает состав доступным.

В лаборатории изготовили несколько вариантов смеси, варьируя концентрацию. Оптимальным признали соотношение: 40% смолы и 60% наполнителей. Образцы выдерживали семь дней при комнатной температуре до полного затвердения, после чего испытали на гидравлическом прессе.

«Испытания показали, что разработанный отечественный полимербетон достигает прочности до 106 МПа, в то время как обычный цементный бетон выдерживает нагрузку примерно 20–40 МПа. Но главное — он превосходит и зарубежные аналоги, которые в среднем имеют прочность около 80–90 МПа», — Галина Шайдунова, профессор кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций» ПНИПУ

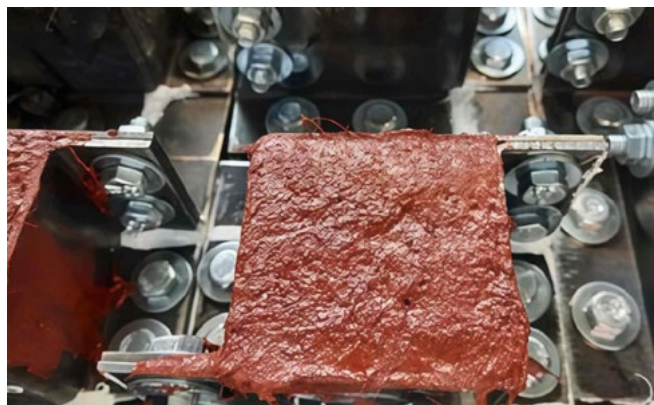
Новый материал подходит для заливки фундаментов, строительства дорог, ремонта мостов, тепловодов и железнодорожных путей, а также для монтажа промышленного оборудования. Исследование опубликовано в журнале «Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение».

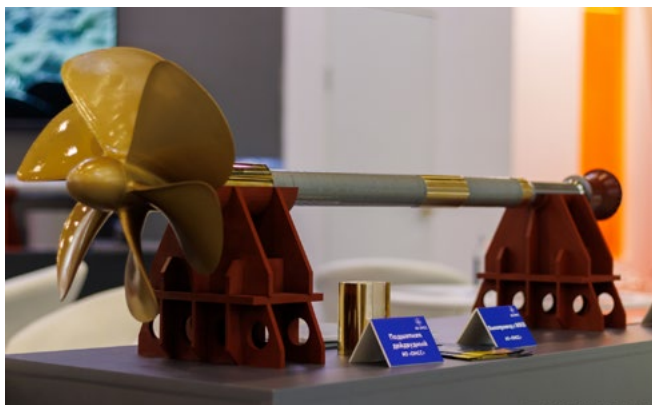
science.mail.ru

В ОСК обсудили замену материалов в подшипниках для отечественных судов

В ОСК состоялось совместное заседание секции 5 «Энергетические установки и судовое машиностроение» и секции 3 «Новые технологии, материалы, технологическое оборудование» научно-технического совета корпорации. Главной темой обсуждения стали разработка и изготовление дейдвудных подшипников — ключевых элементов конструкции, обеспечивающих работу гребного вала.

Как отметили участники заседания, в настоящее время в дейдвудных устройствах активно внедряются подшипники скольжения с водяной смазкой, вкладыши которых изготавливаются из полимерных композиционных материалов. Это позволяет заме-





смазки различного исполнения для отечественных кораблей и судов. Отдельное внимание было уделено вопросам обеспечения производства необходимыми испытательными стендами для проверки качества и надежности выпускаемой продукции, сообщает ОСК.

www.korabel.ru

Компания «Татнефть-Пресскомполит» разработала стеклопластиковый корпус для блока гребёнок

нять традиционные вкладыши из бакаута (ценной и труднозаменяемой древесины тропических пород).

Использование новых полимерных подшипников полностью соответствует требованиям классификационных обществ по снижению опасных сбросов в окружающую морскую среду. Кроме того, как подчеркнули специалисты, такие решения обеспечивают высокий уровень надежности дейдвудных устройств.

Вместе с тем, в ходе заседания были выявлены и существующие ограничения. Применение данных подшипников для гребных валов, имеющих высокие массогабаритные характеристики, в частности для судов ледового класса, сопряжено с рядом технических сложностей. Эти вопросы требуют дополнительных конструкторских и технологических решений.

По итогам заседания участники сформулировали конкретные предложения, направленные на решение проблем конструирования, изготовления и поставки материалов для дейдвудных подшипников с водяной

ООО «Татнефть-Пресскомполит» (Республика Татарстан) внедрило новый композитный корпус для блока гребёнок — критически важного элемента систем распределения флюидов в нефтегазовой отрасли. Изделие изготавливается из стеклопластиковых листов и профилей и призвано заменить традиционные металлические аналоги, подверженные коррозии.

Как сообщили в компании, основным преимуществом стеклопластика является устойчивость к агрессивным средам — сероводороду, пластovým водам с высокой минерализацией и химическим реагентам. В отличие от металла, композит не требует катодной защиты и регулярной окраски, что особенно актуально для удалённых объектов: монтаж такого корпуса позволяет реализовать принцип «установил и забыл», минимизируя выезды ремонтных бригад.

Кроме того, масса композитного корпуса в 3–4 раза меньше стального аналога, что упрощает логистику и снижает нагрузку на платформы. Материал не проводит электрический ток, повышая безопасность



ООО Специальное конструкторское бюро «Мысль»

ООО СКБ «Мысль»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ РЕМОНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ И ЕМКОСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

СПЕЦИАЛЬНЫМИ ПОЛИМЕРНЫМИ КОМПОЗИТАМИ

ТР 28.14.99-018-20616938-2025

- порядок оценки технического состояния оборудования
- квалификационные требования к персоналу
- методика расчета толщины бандажа
- технология выполнения ремонтно-восстановительных работ полимерными композитами
- требования по пожарной безопасности и охране окружающей среды
- методы контроля качества и расчета прочности защитного бандажа
- допустимые уровни дефектов при визуальном контроле
- действия при аварийных ситуациях и выводе из эксплуатации
- состав исполнительной и эксплуатационной документации
- прогнозирование остаточного ресурса и ремонта бандажа

Регламент предназначен для эксплуатирующих и ремонтных организаций нефтегазовой, ЖКХ, химической, энергетической и смежных отраслей



во взрывоопасных зонах. Расчётный срок службы изделий — до 50 лет.

В компании подчеркивают, что корпус уже успешно прошёл предварительные испытания в условиях реального месторождения. Внедрение композитных решений позволяет сократить расходы на техобслуживание подобных узлов до 40% — главным образом за счёт исключения работ по восстановлению защитных покрытий и снижения логистических издержек.

Изделия производятся методом непрерывной ламинации из отечественных материалов, что соответствует стратегии импортозамещения в ТЭК. Локализация производства в Татарстане, по данным компании, обеспечивает оперативную сервисную поддержку и сокращает сроки поставки для нефтегазовых предприятий региона и страны.

nprom.online

Компаунд из волокон северной сосны и полимеров для литья представлен в России

Компания «КОМПОЗИТНЫЕ ПОЛИМЕРЫ» (г. Санкт-Петербург) представила на российском рынке новый материал, представляющий собой композит из натуральных очищенных волокон северной сосны и первичных полимеров. Материал имеет пищевые сертификаты, малую усадку, возможность вариативности толщины стенок для высокоточного литья и доступен для вторичной переработки.

Поставляемые древесно-полимерные композиты предназначены для выпуска широкого перечня композитных изделий: от товаров для дома, товаров для детей, спортивных товаров, музыкальных инструментов, а также упаковки косметических товаров, автомобильной и телекоммуникационной промышленности, интерьерных решений, электроприборов, строительных инструментов и многих других отраслей применения.

В компании отмечают, что поставляемая продукция открывает новые возможности для производства экологически чистых композитных изделий методом литья под давлением, имеющих уникальный рисунок без дополнительной обработки поверхности, с тактильными, механическими и теплопроводными свойствами, максимально близкими к натураль-

ной древесине, что принципиально отличает его от аналогов, в которых традиционно используется древесная мука.

«Приглашаем к сотрудничеству новых партнеров-производителей, желающих повысить качество выпускаемой продукции и предложить своим покупателям новые товары, не имеющие аналогов на рынке ЕАЭС. Ознакомиться с техническими характеристиками материала, запросить консультацию и оформить заказ можно на сайте компании», — сообщили в «КОМПОЗИТНЫЕ ПОЛИМЕРЫ».

plastinfo.ru

Дом на колесах: ставка на стеклопластиковый корпус

Современные дома на колесах все чаще используют стеклопластик, и не случайно: этот материал доказал свою надежность временем. Один из флагманских кемперов выделяется не только прочностью, но и уникальной конструкцией, что делает его особенно актуальным для российских автолюбителей. Эксперты отмечают, что такие решения способны изменить представление о комфорте и безопасности в путешествиях.

В последние годы рынок домов на колесах переживает настоящий бум, и все больше производителей делают ставку на инновационные материалы. Одной из самых передовых тенденций стало использование цельного стеклопластика для изготовления корпусов кемперов. Такой подход не только увеличивает срок службы техники, но и обеспечивает дополнительную защиту от влаги, повреждений корпуса и механических повреждений.

Особое внимание уделено флагману одного из брендов, который неожиданно оказался в числе лидеров по прочности. Его корпус выполнен из цельного стеклопластика, что позволяет избежать слабых мест, характерных для сборных конструкций. Благодаря этому даже при длительной эксплуатации в сложных климатических условиях такие корпуса сохраняют герметичность и не теряют своих эксплуатационных качеств. Это особенно важно для российских автолюбителей, которые часто сталкиваются с резкими перепадами температуры и повышенной влажностью.

Инженеры отмечают, что цельнолитой корпус не



**КОМПЗИТ
ИЗДЕЛИЯ**

РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СОСТАВЫ



ЛИКВИСПЛИТ ППР-01 – Базовый однокомпонентный жидкий полупостоянный разделительный

ЛИКВИСПЛИТ ППР-02 - Двухкомпонентный жидкий полупостоянный разделительный состав с функцией порозаполнителя

ЛИКВИСПЛИТ 505 – Однокомпонентный жидкий полупостоянный разделительный состав с ускоренным высыханием

СПЛИТ-ВАКС – Базовый однокомпонентный разделительный воск

СПЛИТ-ВАКС-ВТ – Высокотемпературный однокомпонентный разделительный воск

+7 499 281 66 37

info@cp-vm.ru

119435, г. Москва,
пер. Б. Саввинский, 12с8



только упрощает обслуживание, но и оптимизирует общий вес конструкции, что положительно влияет на расход топлива и управляемость. Внутри таких «домов на колесах» могут быть установлены современные системы отопления, вентиляции и шумоизоляции. Кроме того, производители уделяют внимание эргономике и комфорту, тщательно продумывают планировку и качество отделочных материалов.

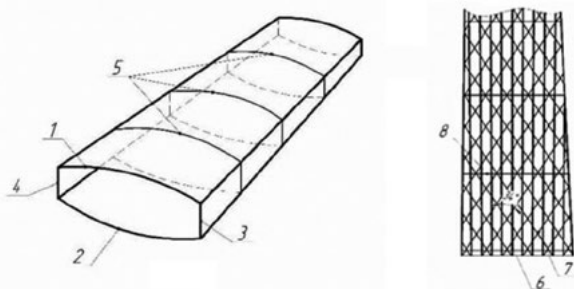
Интересно, что подобные решения находят отклик не только у опытных путешественников, но и у тех, кто только начинает открывать для себя мир автотуризма. Надежность и простота обслуживания становятся ключевыми аргументами при выборе именно таких моделей. На фоне растущего интереса к мобильному образу жизни эксперты прогнозируют дальнейшее развитие технологий в этом сегменте.

110km.ru

Самолёты будущего: сетчатый кессон заменит тяжёлые композитные панели

Учёные Сколковского института науки и технологий (Сколтех) разработали инновационную конструкцию крыла для беспилотного самолёта нового поколения, в которой традиционные композитные панели заменены на сетчатый кессон. Соответствующий патент уже зарегистрирован в базе данных ФИПС.

Предложенный подход позволяет сделать крыло одновременно легче и прочнее. В новой конструкции верхняя и нижняя панели, лонжероны и нервюры объединены в единые каркасы, содержащие продольные, диагональные и поперечные рёбра. Такая архитектура специально рассчитана на эффективное восприятие изгибающих и сдвиговых нагрузок, возникающих в полёте.



Оптимальные углы наклона рёбер подобраны на основе расчётов: диагональные рёбра верхней и нижней панели установлены под углом 30–35°, а лонжероны и нервюры — под углом 40–50°. Такое решение обеспечивает максимальную жёсткость конструкции при минимальной массе. По оценкам разработчиков, сетчатый кессон позволяет снизить массу крыла на 15% и одновременно повысить его структурную прочность по сравнению с классическими композитными аналогами.

Сборка крыла ведётся на специальной технологической оснастке. Процесс включает несколько этапов: сначала изготавливаются каркасы, затем производится закрепление рёбер, после чего на конструкцию наносится обшивка из термоусадочной ткани. Финальное формование деталей осуществляется методом термокомпрессии, что обеспечивает высокую точность геометрии и стабильность свойств готового изделия.

Разработка открывает новые перспективы для создания лёгких и жёстких несущих конструкций не только в беспилотной авиации, но и, в перспективе, в пилотируемой авиации и космической технике.

www1.ru

Российские высокотемпературные композиты: рывок в авиастроении

В начале весны 2026 года компания «ИТЕКМА» завершила разработку и запустила серийное производство полной линейки отечественных высокотемпературных композиционных материалов для ключевых программ российского авиастроения: ПД-8, ПД-14 и МС-21-310.

Разработка велась при поддержке Центра поддержки инжиниринга и инноваций (ЦПИИ) на полностью отечественном оборудовании. Компания полностью контролирует производственную цепочку: и армирующая углеродная основа, и полимерные связующие выпускаются на собственных мощностях. Это гарантирует стабильность свойств и независимость от внешних поставок.

В основе новых материалов — препреги (полуфабрикаты из высокопрочного углеродного волокна, пропитанного полимерным связующим). Их температурный диапазон впечатляет: от криогенных температур (до -190°С) до +450°С, что критически



важно для деталей, работающих вблизи горячего тракта двигателя. Такой широкий диапазон достигнут благодаря использованию трёх типов связующих: эпоксидных, бисмалеимидных и инновационных фталонитрильных смол (последние позволяют работать при температурах до +350°С длительное время).

Сырьевую основу обеспечивает компания «ЮМА-ТЕКС» (входит в Росатом) — единственный в России крупнотоннажный производитель углеродного волокна, что обеспечивает полную технологическую независимость всей цепочки.

Поставки препрегов для МС-21 ведутся с 2023 года с применением двух технологических подходов:

На казанском предприятии «КАПО-Композит» элементы механизации крыла (закрылки, предкрылки) изготавливают методом автоклавного формования, обеспечивающим максимальные прочностные характеристики.

На ульяновском предприятии «АэроКомпозит» консоли крыла и центроплан производят методом вакуумной инфузии (пропитка сухого углеродного волокна жидким связующим под вакуумом), что оптимально для крупногабаритных деталей.

Такое разделение технологий позволяет снизить стоимость конечных изделий и учитывает разные требования к зонам самолёта.

Появление отечественного производства высокотемпературных препрегов и освоение передовых методов формования — важный шаг для российского материаловедения и авиапромышленности.

tehnoomsk.ru

Новый композит из «зеленых» пластиков и растительных отходов полностью разлагается в почве за несколько месяцев

Выпуск синтетических пластиков в 2025 году достиг 450 миллионов тонн, большая часть которых сохраняется в окружающей среде сотни лет. Учитывая объемы производства и потребления синтетических неразлагаемых пластмасс и необходимость перехода к экологически чистым материалам, особую актуальность приобретают разработка биоразлагаемых альтернатив и расширение ассортимента так называемых «зеленых» полимеров. Одним из многообещающих классов таких материалов считаются полигидроксиканоаты (ПГА) — биополимеры, которые синтезируют микроорганизмы. Но увеличение объемов их производства и расширение областей применения ограничено высокой стоимостью. Высокие потребительские свойства делают эти полимеры перспективной альтернативой традиционным пластикам, получаемым из нефти.

Ученые Красноярского научного центра СО РАН разработали технологию получения полностью биоразлагаемых полимерных композитов на основе ПГА и растительных наполнителей — древесной муки, костры и волокон технической конопли. Такие композиты являются экологически чистыми и полностью



биоразлагаемыми. Разработанная технология имеет потенциал для промышленного внедрения.

Технология включает в себя несколько стадий. Для начала специалисты синтезировали полимер по ранее разработанной методике с использованием оработанного жира, извлеченного из остатков переработки балтийской кильки. Эти отходы консервного производства обычно отправляются на свалки, однако в лаборатории они стали питательной средой для бактерий, которые производят полимер. Затем полученный полимер смешивали с растительными наполнителями: древесной мукой березы, кострой (одревесневшими частями стебля) и волокнами технической конопли. Выбор растительных наполнителей обоснован тем, что отходы березы — это возобновляемое и доступное сырье с высоким содержанием целлюлозы, образуемое в больших количествах в регионах с развитой лесопереработкой. Конопля характеризуется быстрым ростом и высокой урожайностью, состоит из волокон высокой прочности и долговечности; она легче и гибче древесины, что позволяет создавать более легкие и одновременно прочные изделия. Из сформированных смесей полимера и наполнителя методом горячего прессования были получены образцы новых композитных материалов.

Свойства полимерных композитов определяются типом растительного наполнителя и его количеством. Меняя сырье и его долю, можно регулировать характеристики композитов: от влагостойких и механически прочных до быстро разлагающихся в естественной среде. Так, добавление древесных или травянистых отходов позволяет получать полностью разрушаемые композиты, по прочности сопоставимые с коммерческими не разрушаемыми древесно-стружечными композитными материалами, в которых в качестве связующей основы использованы токсичные формальдегидные смолы или полиолефины (полиэтилен или полипропилен). Конопляная костра повышает кристалличность полимера и увеличивает его механическую прочность. Наполнители из древесной муки и костры делают поверхность материала более плотной и водоотталкивающей, что повышает его устойчивость к влаге, однако замедляют разложение полимера. Конопляное волокно, напротив, увеличивает поглощение воды композитом. Это ускоряет разрушение полимера в почве, что важно для утилизации отслуживших свой срок материалов

и изделий при вывозе на полигоны твердых отходов.

«Для получения высококачественных композитов критически важно добиться однородности смесей. Просто смешать порошки — недостаточно. Волокна и частицы растительного наполнителя сбиваются в агломераты, из-за чего материал получается неоднородным. Это приводит к ухудшению свойств конечного изделия. Чтобы решить эту проблему, мы применили растворный метод: наполнитель смешивают с полимером, растворенным в органическом растворителе, затем полученную смесь осаждают этанолом и высушивают. Это позволило добиться равномерного распределения компонентов и получить композиты с древесной мукой и кострой конопли почти монолитными, с минимумом дефектов. С волокном конопли, из-за большей длины волокон, структура получалась более дефектной. При высокой доле наполнителя возрастало количество трещин и микрополостей, которые нарушали однородность поверхности и приводили к снижению гидрофобности. Это отражалось на скорости разрушения композитов в почве. Микрополости работают как каналы для проникновения влаги и микроорганизмов, давая им большую площадь для заселения, из-за чего образцы разлагаются в почве быстрее», — рассказывает Наталья Ипатова, аспирантка Сибирского федерального университета и инженер Института биофизики СО РАН, которая успешно выполняет диссертационное исследование по данной теме.

Лабораторные испытания подтвердили высокую биоразлагаемость новых композитов. Образцы с высоким содержанием растительных наполнителей разрушались быстрее чистого полимера. Например, композит с 70% содержанием волокон конопли терял более половины своей массы всего за три месяца, а с 50% наполнителя — за 4 месяца. Таким образом, изменяя тип и количество растительной добавки, можно задавать свойства композита: например, повышать его прочность или, наоборот, создавать композитные материалы с ускоренной биоразлагаемостью.

«Ключевая проблема для более активного внедрения биоразлагаемых ПГА — их высокая стоимость, которая в зависимости от объемов производства и типа сырья в 2-2,5 раза превышает сегодня стоимость полилактида и в 3-4 раза — стоимость полиолефинов. При этом сегмент ПГА в сфере производства разрушаемых полимерных материалов показывает самый быстрый рост, который, по прогнозам, в период 2024-2030 составит до 16,4% в год. Жир, полученный из голов копченой кильки, стоит примерно 35 рублей за килограмм, что вдвое ниже стоимости глюкозы. С учетом снижения затрат на субстрат в случае применения жира удельные затраты на углеродный субстрат снижаются от 2.5 до 3.5 раз. В результате стоимость ПГА становится сопоставимой с полилактидами. Это делает сконструированные композиты конкурентоспособными и открывает перспективы для их массового производства. Синтез ПГА из отходов не только снижает стоимость полимеров, но и расширяет их применение: от медицины до сельского хозяйства, технических областей, строительства,

мебельной промышленности. В зависимости от назначения можно выбирать подходящий источник сырья, оптимизируя стоимость и качество полимера. Также важно, что эта технология подталкивает нас к переходу к экономике замкнутого цикла, где отходы одного производства становятся востребованным сырьем для другого», — резюмирует руководитель работы доктор биологических наук профессор Татьяна Волова, заведующая лабораторией Института биофизики СО РАН.

scientificrussia.ru

Новосибирские ученые запатентовали способ получения ключевого компонента антипиренов для композитных материалов

Ученые Новосибирского государственного университета (НГУ) разработали и получили патент на способ синтеза вещества, которое служит ключевым компонентом антипиренов - добавок, уменьшающих горючесть современных композитных материалов.

Один из разработчиков отметил, что сейчас активно внедряются новые композитные материалы, поскольку они позволяют существенно снизить массу конструкции и повышают экономичность использования транспорта, а также обладают хорошими эксплуатационными свойствами. При этом такие материалы более горючи по сравнению с металлическими сплавами и при возгорании могут выделять токсичные продукты.

Для решения этой проблемы ученые разрабатывают специальные добавки - антипирены. В основе многих современных антипиренов лежит ключевой структурный фрагмент под названием DOPO. Он представляет собой базу, к которой можно добавлять другие компоненты, от чего, соответственно, будут меняться свойства добавки, например, совместимость антипирена с той или иной полимерной основой композитного материала. Производство DOPO требует доступного и эффективного сырья, именно для его получения и был разработан запатентованный способ синтеза.

Заведующий лабораторией фторированных соединений Новосибирского института органической химии им. Н. Ворожцова СО РАН Д. Ок Тон объяснил,



что речь идет о создании более удобной и технологичной схемы получения предшественника DOPO. Исследователи улучшили известный метод синтеза, заменив труднодоступные и ограниченные в обороте реагенты на более дешевые и доступные аналоги без потери эффективности. Кроме того, ученым удалось масштабировать процесс — от лабораторных условий до реактора объемом 20 л.

По словам исследователей, в рамках проекта уже разработаны временные технологические регламенты, а также получены и испытаны на огнестойкость первые образцы полимерных связующих с новыми антипиренами. М. Ядренкин подчеркнул, что задача коллектива - не только синтезировать новые вещества, но и довести технологии до уровня, когда их можно масштабировать и внедрять в промышленность.

Разработка имеет важное значение для российской промышленности, где производство современных антипиренов пока развито ограниченно. Новые технологии позволяют создавать материалы с пониженной горючестью для авиации, железнодорожного транспорта и других отраслей, где требования к безопасности особенно высоки.

DOPO (9,10-дигидро-9-окса-10-фосфафенантрен-10-оксид) представляет собой фосфорорганическое соединение. В мировой практике оно широко применяется в качестве реактивного или добавляемого антипирена для полимеров, включая эпоксидные смолы, полиамиды и полиэфиры. Благодаря своей структуре DOPO позволяет создавать негорючие материалы без существенного ухудшения их механических свойств и считается одним из наиболее эффективных и экологически безопасных замедлителей горения.

neftegaz.ru

«Яковлев» завершил импортозамещение композитного хвоста для МС-21

ПАО «Яковлев» (входит в Объединенную авиационную корпорацию «Ростеха») сделало значительный шаг в программе импортозамещения среднемагистрального лайнера МС-21. Компания получила официальное одобрение главного изменения сертификата типа от авиационных властей. Этот документ легализует применение отечественных полимерных композиционных материалов (ПКМ) в конструкции хвостового оперения самолета.

Ранее панели и силовые элементы киля и стабилизатора МС-21 производились исключительно с использованием импортных композитов. После введения санкций и ограничений на поставки высокотехнологичных материалов для российской авиационной промышленности вопрос перехода на собственные композиты стал критически важным для серийного выпуска. Полученное одобрение фактически снимает зависимость от иностранных поставщиков в этой части конструкции.

Производство композитных деталей хвостового оперения решено перенести на мощности казанского филиала компании «АэроКомпозит». Это предприятие уже имеет опыт выпуска композитных крыльев для МС-21 и теперь расширяет свою номенклатуру. В Казани будут изготавливать как крупногабаритные панели, так и силовые элементы (лонжероны, нервюры) вертикального и горизонтального оперения.

Глава казанского филиала «АэроКомпозита» Николай Кладницкий прокомментировал свойства нового материала. По его словам, разработанный российскими химиками полимерный композит не просто заменяет импортный аналог, но и превосходит его по ряду физико-механических параметров. Речь идет об удельной прочности, жесткости и устойчивости к циклическим нагрузкам, что напрямую влияет на ресурс и надежность конструкции.

В ПАО «Яковлев» не намерены останавливаться на достигнутом. В ближайших планах разработчиков — внедрение роботизированной выкладки композитных материалов. Эта технология позволит повысить повторяемость качества и снизить влияние человеческого фактора при производстве сложных деталей. Кроме того, компания намерена расширить сферу применения отечественных ПКМ: в перспективе российские композиты появятся в элементах фюзеляжа МС-21, что еще больше увеличит долю отечественных материалов в планере самолета.

Несмотря на технологические успехи, глава Минпромторга Антон Алиханов ранее не исключал вероятного сдвига финальных сроков сертификации МС-21. Это связано с комплексным характером работ по замещению критического импорта. Тем не менее, по последнему заявлению Росавиации, сделанному в конце марта, ожидается, что самолет получит сертификат типа в октябре 2026 года. Полученное одобрение на композитный хвост — один из ключевых этапов на пути к этой дате.

www1.ru



Ученые Пермского Политеха разработали технологию получения реагента для производства пенопласта

Химическая промышленность — основа многих секторов: строительства, машиностроения, сельского хозяйства. Именно поэтому сегодня особенно остро стоит вопрос импортозамещения не просто готовых продуктов, а рецептур, составов, процессов, которые десятилетиями формировались за рубежом.

Стратегически значимыми продуктами химической отрасли сегодня являются полимерные материалы, которые в виде легких гранул используются для многих задач: производства тепло- и звукоизоляции, легких бетонов и упаковок. К таким материалам относятся, например, пенопласт, различные виды пластмасс и полимерные композиты. Спрос на них в России стабильно высок, и они входят в перечень продукции, критически важной для развития городской инфраструктуры.

Однако производство полимерных материалов — технологически сложный процесс. Исходное сырье необходимо превратить в твердые гранулы строго заданного размера и структуры. Любое отклонение от режима приводит к браку: вместо однородных частиц образуются комки (разноразмерные или дефектные), непригодные для дальнейшего использования.

Результат определяется многими факторами и зависит в том числе от состава применяемых стабилизирующих компонентов и добавок, которые могут влиять на качество продукта. Проблема в том, что до сих пор их отечественных аналогов не существует. В России проводились отдельные исследования в этой области, однако полученных результатов было недостаточно для создания полноценной технологии производства.

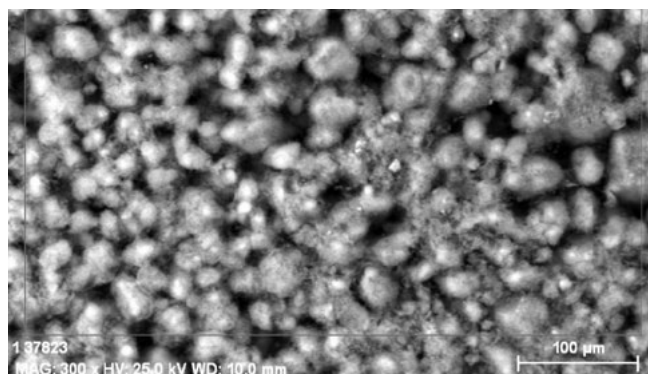
Главная проблема в том, что скопировать иностранную методологию невозможно: свойства отечественных материалов могут отличаться, и требуется собственная настройка всех параметров.

Ученые Пермского Политеха впервые в России исследовали способы получения стабилизирующих компонентов, которые могут быть использованы при производстве пенопласта. Они разработали технологию, которая позволит применять доступные отечественные материалы и заместить импортные компоненты.

Работа началась с выбора сырья: ученые взяли за основу соединения кальция и фосфора, то есть использовали доступные аналоги зарубежных реагентов, и изучили, как именно нужно подготовить их, чтобы получить продукт с нужными свойствами.

Однако подготовка сырья — лишь один из факторов, влияющих на результат. Не менее важно определить правильное соотношение компонентов. Для этого ученые провели серию экспериментов, в каждом из которых меняли ключевой параметр — концентрацию кальция и фосфора.

«Синтез образцов проходил в строго контролируемых условиях. Процесс проводили в жидкой фазе при перемешивании с последующим отделением продукта.



Полученные образцы проанализировали: измерили размер и форму частиц, а также химический состав», — отметила Асия Кобелева, кандидат технических наук, доцент кафедры «Химические технологии» ПНИПУ.

В ходе экспериментов ученые определили условия, при которых образуется продукт, схожий по свойствам и качеству с импортными аналогами, которые используются при производстве пенопласта. Они установили оптимальное соотношение кальция и фосфора, при котором образцы были наиболее близки к зарубежным материалам по своим характеристикам (размеру и однородности частиц).

Ученые также определили, как лучше всего подготовить один из ключевых компонентов сырья — карбонат кальция. Они сравнили два способа измельчения: ручную в ступке и в лабораторной мельнице. Измельчение в мельнице оказалось значительно эффективнее: гранулы получились в несколько раз мельче, чем при ручном способе, а их форма — более однородной.

«Полученный компонент выглядит как мелкий порошок, форма частиц которого близка к сферической. Если рассматривать их под микроскопом, видно, что каждая такая гранула собрана из более мелких игольчатых кристаллов. Благодаря такому строению площадь поверхности порошка получается очень большой — а чем она больше, тем активнее добавка работает, и тем меньше ее нужно для производства пенопласта», — дополнила Асия Кобелева.

Разработка позволяет наладить собственное производство стабилизирующих компонентов. Созданная добавка имеет подходящую структуру и размер частиц, а значит, может заменить импортные аналоги.

Результаты работы найдут применение на отечественных предприятиях. Данный состав добавки может использоваться при производстве полимерных материалов для утепления и звукоизоляции домов, трубопроводов, а также для создания сэндвич-композиций.

Кроме того, технология синтеза основана на доступном для России сырье и не требует сложного оборудования, что упрощает ее масштабирование до промышленных объемов. Это позволяет наладить производство пенопласта, снижая зависимость от импортных поставок и сокращая издержки, связанные с закупкой и логистикой зарубежных компонентов.

Пресс-релиз ПНИПУ



КОМПОЗИТ ИЗДЕЛИЯ

РЕЗИВЕР - КИ

Конструкционный
эпоксидный клей

ТУ 20.52.10-043-30189225



- Подходит для склеивания металлических и неметаллических материалов, в том числе и полимерных композиционных материалов
- Обладает высокой прочностью при высоких и низких температурах
- Отверждение осуществляется при комнатной температуре или умеренном нагреве
- Подходит для склеивания вертикальных поверхностей
- Хранится при комнатной температуре

ХАРАКТЕРИСТИКИ

Соотношение смешивания, масс.ч.	100/12,3
Жизнеспособность при 25° С (50-100 г) минут не менее	30-55
Время набора тех. прочности, ч	24
Время отверждения при температуре 25°С/60°С, ч	72/2
Твердость по Шору по методу А, не менее	60
Прочность при сдвиге, МПа, при температуре испытания, 20°С	20



Рынок полимерных композитов достиг \$71,7 млрд

Мировой рынок полимерных композитов демонстрирует устойчивый рост, который в ближайшие годы будет подкрепляться спросом со стороны авиационной, автомобилестроения и ветроэнергетики, однако отрасль сталкивается с рядом системных проблем, включая высокую стоимость материалов и нерешенные вопросы переработки.

Согласно данным исследовательских агентств, рынок полимерных матричных композитов в 2025 году оценивался примерно в 71,7 млрд долларов США и, по прогнозам, достигнет 144,5 млрд долларов к 2034 году при среднегодовом темпе роста (CAGR) около 8%.

Драйверами роста выступают авиационно-космическая отрасль, где композиты обеспечивают топливную эффективность и снижение веса конструкций, а также автомобилестроение, особенно сегмент электромобилей — производители всё чаще используют углеродное волокно для батарейных отсеков и кузовных панелей. Ветроэнергетика остаётся лидером по степени проникновения полимерных композитов, которые уже составляют 73% от всех используемых в отрасли материалов. Дополнительным импульсом служат инвестиции в инфраструктуру, развитие «зелёной» энергетики и программы снижения выбросов парниковых газов. Ещё одним ключевым трендом становится переход к экономике замкнутого цикла: компании активно разрабатывают биоразлагаемые и перерабатываемые полимеры, а также внедряют технологии вторичной переработки композитов, включая использование натуральных волокон и переработанного ПЭТ.

Несмотря на позитивную динамику, рынок сталки-

вается с серьёзными сложностями. Высокая стоимость сырья и энергоёмких производственных процессов остаётся главным барьером для масштабирования, особенно в ценовых сегментах. Ключевой технологической проблемой остаётся утилизация композитных изделий по окончании жизненного цикла: термореактивные полимеры крайне сложно перерабатывать, что создаёт экологические риски и требует новых подходов в области рециклинга. Геополитическая напряжённость и торговые пошлины также вносят неопределённость: по оценкам, введённые США тарифы могут замедлить рост рынка примерно на 0,3% в ближайшие пять лет, негативно отразившись на аэрокосмическом и автомобильном производстве.

В перспективе до 2035 года аналитики прогнозируют уверенный рост рынка: по консервативным оценкам, его объём может достичь 243 млрд долларов при среднегодовом темпе около 8,9%. Ключевыми направлениями развития станут создание лёгких решений для накопления водорода, внедрение полимеров для аддитивных технологий и расширение применения биосовместимых материалов в медицине. Производители инвестируют в автоматизацию производства (включая автоматическую выкладку волокна и пропитку под давлением) и разработку новых смоляных систем. Азиатско-Тихоокеанский регион останется локомотивом роста, на который к 2035 году будет приходиться около 46,5% мирового рынка — за счёт индустриализации, развития ветроэнергетики в Китае и автопрома в Индии. В этих условиях компании, сумевшие предложить экономически эффективные и экологичные решения, получат значительные конкурентные преимущества.

www.giiresearch.com



ПОЛИМЕРПРОМ

ПОЛИМЕРПРОМ

ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ПОЛИЭФИРНЫХ СМОЛ,

ГЕЛЬКОУТОВ, РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ

АГЕНТОВ, ОБОРУДОВАНИЯ

ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

СТЕКЛОПЛАСТИКА

Полупостоянные
разделительные составы:

ОЧИСТИТЕЛИ ПОРОЗАПОЛНИТЕЛИ РАЗДЕЛИТЕЛИ

Многочисленные циклы формования без повторного
нанесения

Идеальное извлечение изделий и высокое качество
их поверхности

Глянцевая поверхность детали без полировки

Для изделий любых форм и размеров



Полимер



Полимергель



Поливоск



Полипигмент



Полиактив



Полиадгезив



Оборудование МВП



Главный офис:

г. Нижний Новгород,
ул. Нефтегазовая, 1А
тел.: +7 (831) 243-10-00
polymerprom-nn.ru
polymerprom@polymerprom-nn.ru

Филиалы:

- Москва
- Санкт-Петербург
- Казань
- Краснодар
- Новороссийск



Развитие технологий и компетенций в области высокотехнологичных полимерных композиционных материалов

carbonstudio.ru
apgroup-tech.ru
compositesolutions.ru

Производство российских препрегов

Производственно-инжиниринговая компания ООО «ГК «АПГРУПП-СМТ» (Carbon Studio) уже более 18 лет является одним из ключевых игроков на российском рынке современных мировых технологий в области полимерных композиционных материалов (ПКМ) и оборудования.

Компания обладает значительным опытом в области разработки, технологической подготовки производства и изготовления высокотехнологичных полимерных композиционных материалов. Основные направления деятельности включают проведение совместных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), поставки оборудования и материалов, а также внедрение инновационных технологий в различных отраслях промышленности.

В рамках реализации своих задач наша компания

предоставляет полный спектр услуг, начиная от разработки технологических процессов и проектирования изделий на основе моделирования, до проведения испытаний в соответствии с международными стандартами (ГОСТ, ASTM).

Наши компетенции в сфере ПКМ включают в себя:

- Проектирование и производство оборудования для работы с ПКМ;
- Разработку и производство деталей и узлов из ПКМ, технологической формообразующей оснастки;
- Инжиниринг, модернизацию и автоматизацию оборудования, пусконаладочные работы;
- Поставки промышленного и лабораторного оборудования;
- Поставки полимерных композиционных материалов;



- Разработку новых полимерных композитных материалов;
- Производство высококачественных препрегов на основе синтезированных и фенольных связующих;
- Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИР и НИОКР);
- Трансфер передовых зарубежных технологий;
- Консалтинг и обучение персонала.

В числе ключевых компетенций — подбор и поставка материалов и оборудования от ведущих мировых производителей. Доступ к современным технологиям и материалам позволяет обеспечивать высокое качество продукции и соответствие современным требованиям заказчиков, а также расширять возможности для реализации сложных проектов.

На сегодняшний день компания активно участвует в работе композитного Кластера и Центра Кластерного развития г. Санкт-Петербурга, выполняя весь спектр работ в области полимерных композиционных материалов.

В недавнем времени мы приняли решение сконцентрироваться на производстве препрегов — композиционных материалов, предварительно пропитанных полимерными связующими.

В октябре 2025 года в г. Санкт-Петербурге на базе одной из наших компаний ООО «ГК «Композитные решения» мы запустили собственную производственную линию препрегов на основе углеродных тканей и стеклотканей.

Для производства препрегов мы используем собственную высокотехнологичную линию Hot-Melt, которая состоит из двух составных частей: установки для нанесения покрытия и пропиточной машины. Метод производства Hot-Melt предполагает нанесение расплавленной термопластичной смолы на бумажную антиадгезионную подложку, с которой впоследствии связующее полностью переходит на волокна, за счет тепла и давления уплотняющих валов.

Мы считаем данный метод наиболее передовым,



поскольку он позволяет добиться улучшенных механических свойств препрега за счет высокой степени пропитки, превышающих показатели растворных методов. Кроме того, он обеспечивает равномерную пропитку армирующего материала благодаря высокой точности дозирования смолы в расплавленном состоянии. Отсутствие растворителей делает производство экологичным и безопасным, исключая вредные испарения.

Основу нашей продукции составляют тканые препреги из углеродного волокна (1К, 3К, 6К, 12К) саржевого (twill), полотняного (plain) и атласного (satin) типов плетения.

Плотность армирующего материала в таких препрегах варьируется от 80 до 600 г/м², содержание связующего контролируется в диапазоне 40–42%.

Также наши производственные мощности позволяют выпускать стеклопрепреги с плотностью от 24 до 1200 г/м², UD-препреги — в диапазоне 100–600 г/м и арамидные препреги высочайшего качества.

Важно отметить, что вес волокна и содержание связующего могут быть изменены в соответствии с запросами клиента.

Вместе с тем, помимо пропитки углетканей, стеклотканей и других волокон, мы также имеем возможность производить различные клеевые составы.

Вся продукция сертифицирована в соответствии с ТУ.

В феврале 2026 года в рамках премии «ДронТех. Код будущего» компания — производитель российского препрега ООО «ГК «Композитные решения» в лице Carbon Studio была удостоена заслуженной награды в номинации «Абсолютный компонент».

Сегодня нам доверяют крупнейшие российские государственные корпорации и предприятия, такие как: АО «ОДК», АО «ОСК», ПАО «ОАК», российский вертолетный холдинг «Вертолеты России», ОАО «РЖД» и многие другие.

Развитие компетенций в области трансфера технологий и металлозамещения позволяет нам не только укреплять свои позиции на внутреннем рынке, но и расширять присутствие на международной арене, что в свою очередь способствует повышению конкурентоспособности российских предприятий на мировом рынке.

Головной офис компании ООО «ГК «АПГРУПП-СМТ» (Carbon Studio), расположен в Санкт-Петербурге. Компания имеет также представительства в Москве и Республике Беларусь. **КМ**





Лента Абрис А: 25 лет надежной герметизации в вакуумном формовании



В производстве композитных изделий успех технологического цикла часто зависит от простых, но критически важных элементов. Одним из них является герметизирующая лента — материал, от качества которого напрямую зависит стабильность вакуума под формовочной пленкой и, как следствие, отсутствие брака в готовой детали.

Лента Абрис А применяется в отраслях, где требования к надежности максимальны: в авиастроении, космической промышленности, судостроении и производстве ответственных композитных конструкций. С 2000 года ООО «Завод герметизирующих материалов» поставил более 10 миллионов погонных метров этой ленты предприятиям, для которых ошибка на этапе герметизации недопустима.

Назначение и условия работы

Лента Абрис А — самоклеящийся герметизирующий жгут, предназначенный для создания замкнутого контура при вакуумном формовании композитов. Она обеспечивает герметичность стыка между оснасткой и полиамидной пленкой в следующих технологиях:

- автоклавное и печное формование,
- вакуумная инфузия,
- вакуумирование заготовок.

Материал рассчитан на работу в жестких условиях: температурный диапазон от +90°C до +205°C, давление от 2,5 до 8 атм. Такие параметры позволяют использовать ленту в вакуумных процессах без потери герметичности.

Практические преимущества

Стабильная герметизация. Даже при экстремальных температурах и давлении лента сохраняет эластичность и плотное прилегание к поверхности оснастки — металлической, стеклопластиковой или углепластиковой. Это исключает подсос воздуха, который может привести к расслоению композита или деформации изделия.

Экономия времени на подготовке и демонтаже. Самоклеящаяся основа ленты Абрис А позволяет быстро уложить ленту по периметру формы без дополнительных клеев. После остывания она удаляется целиком, не оставляя остатков и не требуя механической очистки оснастки — это сокращает простои между циклами.

Надежность поставок. Производство ленты Абрис А базируется на компонентах российского происхождения или материалах проверенных поставщиков. Это обеспечивает стабильность поставок даже в условиях изменчивой внешней конъюнктуры — фактор, важный для предприятий с непрерывным циклом производства.

Подтвержденное применение

Лента прошла испытания и рекомендована к применению на серийных производствах ряда авиационных заводов и конструкторских бюро России. Такая практика — не формальность: для предприятий оборонно-промышленного комплекса допуск нового материала в технологический процесс требует многократной верификации в реальных условиях. Факт многолетнего использования Абрис А говорит сам за себя.

ООО «Завод герметизирующих материалов» осуществляет полный цикл производства — от разработки рецептуры до выпуска готовой ленты. Специалисты предприятия участвуют в сопровождении внедрения материала на производстве заказчика, помогая подобрать оптимальный режим применения под конкретные задачи формования.

Герметизация в вакуумных технологиях редко привлекает внимание — пока не возникает проблема. Лента Абрис А за 25 лет доказала свою способность работать незаметно, но надежно: удерживать вакуум там, где это критично, и не требовать дополнительных усилий там, где важна скорость. Для технолога, отвечающего за качество композитной детали, такой материал становится не расходником, а элементом контроля процесса.

Для подбора решения под ваши задачи вакуумного формования специалисты ООО «ЗГМ» готовы предоставить образцы для испытаний и техническую консультацию. **КМ**

Применение герметизирующей ленты Абрис А



Препреги с ультракоротким циклом отверждения на основе эпоксидного связующего расплавного типа

Багинская А.И., к.х.н.

info@cp-vm.ru
cp-vm.ru

В настоящей работе представлены результаты разработки препрегов с ультракоротким циклом отверждения на основе эпоксидного связующего расплавного типа. Актуальность темы обусловлена необходимостью локализации производства композитных материалов в рамках Постановления Правительства РФ от 23 декабря 2024 г. N 1875 «О мерах по предоставлению национального режима при осуществлении закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд, закупок товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц», а также растущим спросом на высокоэффективные композиты с сокращённым временем формования в различных отраслях промышленности. Статья ориентирована на технических специалистов, занимающихся разработкой и производством композитных материалов.

В связи с развитием рынка полимерных композиционных материалов (ПКМ) в последние десятилетия, объем их производства и потребления увеличился кратно. В связи с технологическим прогрессом во всех отраслях промышленности наблюдаются тенденции к повышению эффективности и производительности труда, сокращению производственного цикла и издержек на промышленных предприятиях. Сокращение производственного цикла напрямую повышает производительность по нескольким направлениям. С этой целью во всем мире стали разрабатываться новые материалы, в том числе быстроотверждаемые связующие и препреги, которые позволяют сократить в разы цикл производства.

В условиях импортозамещения и реализации Постановления Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2024 г. N 1875 «О мерах по предоставлению национального режима при осуществлении закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд, закупок товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц», компания ООО «Композит-Изделия» осуществила локализацию выпуска препрегов на собственной производственной линии. Сотрудниками научно-исследовательского центра (НИЦ) компании ООО «Композит-Изделия» был разработан ряд продуктов на основе эпоксидных связующих расплавного типа, а также налажен полный цикл производства: от масштабирования производства эпоксидных связующих до изготовления препрегов. Ключевым достижением стало освоение производства препрегов с ультракоротким циклом отверждения на

основе эпоксидного связующего расплавного типа, что позволяет снизить зависимость от зарубежных поставщиков и обеспечить российские предприятия современными композиционными материалами.

Производственная линия включает: участок смешения и модификации эпоксидных олигомеров модификаторами и добавками различной химической природы для придания конечному продукту (связующему) уникальных характеристик; линию нанесения связующего на армирующий наполнитель методом расплавной технологии; оборудование для контроля качества и упаковки готовой продукции.

Ключевым продуктом линейки быстроотверждающихся материалов стал препрег на основе связующего CP1515 и углеродного волокна. Основной сложностью было создание материала, который бы удовлетворял требованиям как вакуумного формования, так и прессования, при этом сохраняя короткий цикл отверждения и видовые характеристики (прозрачность).

Правильный выбор технологического режима отверждения критически важен для достижения оптимальных свойств композиционного материала. Отклонение от рекомендованных параметров может привести к таким негативным последствиям, как неполная полимеризация связующего, остаточные напряжения в материале, низкая адгезия между слоями (при недостаточных температурах), термическая деструкция связующего, образование микротрещин и повышенная хрупкость (при повышенных температурах), пористость, непропитанные

Таблица 1. Различия в реакционной способности системы отвердителей

Тип компоненты системы отвердителей	Температура активации процесса	Комментарии
Быстроотверждающие компоненты (активаторы)	100–120°С	- обеспечивают начальное схватывание препрега в течение 1–2 минут; - позволяют проводить предварительную фиксацию формы изделия.
Основные отвердители (катализаторы средней активности)	130–140°С	- отвечают за основную фазу полимеризации; - формируют пространственную сетку полимера с высокой плотностью сшивки.
Высокотемпературные отвердители	145–160°С	- завершают процесс отверждения; - повышают теплостойкость и химическую стойкость композита.

зоны (недостаточное давление), выдавливание связующего, нарушение соотношения волокно/матрица (избыточное давление).

Оптимальный режим отверждения обеспечивает:

- максимальную степень полимеризации связующего;
- минимальное количество дефектов структуры;
- равномерное распределение напряжений;
- достижение заявленных прочностных и эксплуатационных характеристик.

ООО «Композит-Изделия» разработало уникальную систему отвердителей для связующего CP1515, которая позволяет гибко настраивать режим отверждения под конкретные производственные задачи и оборудование заказчика.

Основа решения — многокомпонентная система отвердителей с различной реакционной способностью (таблица 1).

Регулирование режима отверждения достигается за счёт: вариации соотношения компонентов системы отвердителей (изменение пропорций позволяет смещать температурный диапазон и скорость отверждения), использования добавок-регуляторов скорости (специальные модификаторы замедляют или ускоряют отдельные стадии полимеризации), оптимизации температурно-временных параметров.

Было разработано несколько стандартных режимов отверждения под разные типы оборудования, данные по которым представлены в таблице 2.

Необходимо отметить, что вязкость связующего поддерживается на оптимальном уровне на всех стадиях процесса производства, что обеспечивает равномерное пропитывание волокна и минимизирует образование пор.

Применение уникальной системы отвердителей и

автоматизированного контроля на производственном участке (рисунок 1) позволило достичь гибкости настройки режима отверждения под разные задачи, воспроизводимости свойств композита от партии к партии, сокращения брака до 0,5 % за счёт точного соблюдения параметров, возможности адаптации под оборудование заказчика без потери качества, расширения диапазона возможности применения препрегов CP1515 в различных отраслях. Из рисунка 16 видно, что полученный препрег будет оптимизированным решением для видового использования в деталях различного применения.

На основе данной марки связующего и армирующего наполнителя саржевого и однонаправленного типов был получен пластик по стандартному режиму формования

(150°С 15 минут, вакуумное формование). Сравнительные физико-механические характеристики приведены в таблице 3.

Дополнительно проводилось изучение влияния климатических факторов на эксплуатационные характеристики полученных материалов. Установлено, что температурно-влажностные условия существенно влияют на реологические свойства связующего, скорость отверждения и адгезионные характеристики материала. Для обеспечения воспроизводимости результатов и корректной интерпретации данных критически важно учитывать климатические параметры при проведении испытаний и моделировании поведения препрегов в реальных условиях эксплуатации. Подробные данные о результатах климатических испытаний, а также расширенные технические характеристики исследованных препрегов предоставляются по индивидуальному запросу в виде справочных таблиц и протоколов испытаний НИЦ КИ.

Таблица 2. Стандартные режимы отверждения препрегов на основе связующего CP1515

№	Режим	T, °С	Время, мин	Давление, МПа	Применение
1	Ультрабыстрый	150	5	≤ 3	Мелкосерийное производство, прототипирование
2	Стандартный	140–150	15	≤ 1	Серийное производство деталей средней сложности
3	Энергосберегающий	120–130	20	≤ 1	Крупногабаритные изделия, ограничение по энергопотреблению
4	Высокотемпературный	160–180	3–5	≤ 3	Детали с повышенными требованиями к теплостойкости

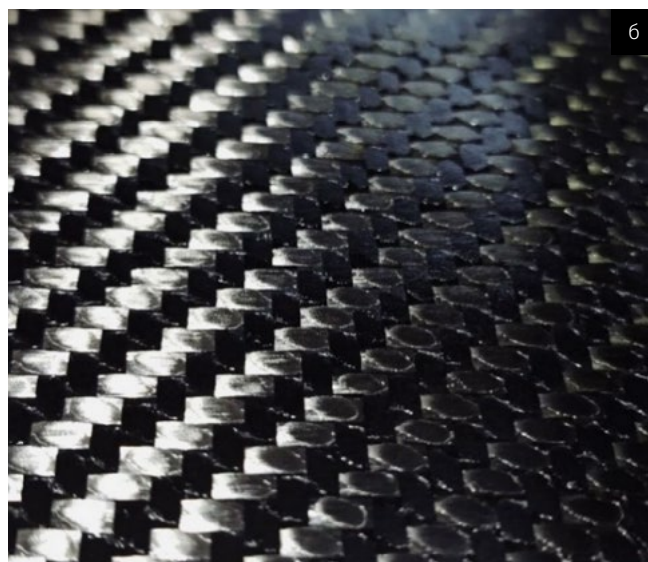
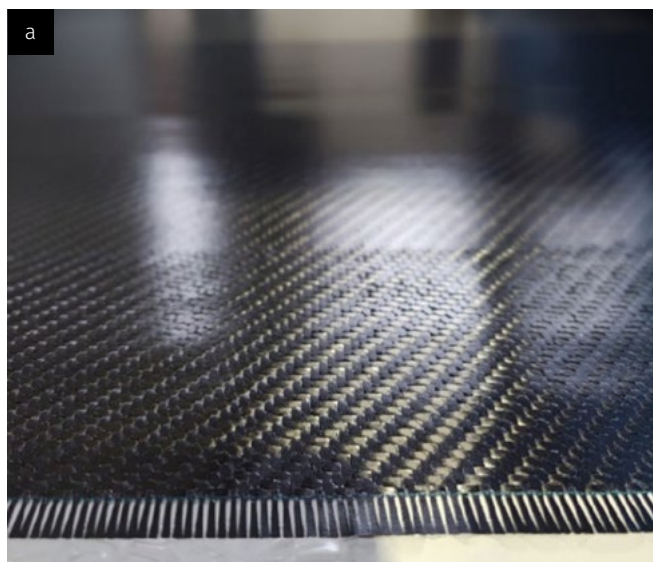


Рисунок 1. Внешний вид препрега на основе связующего CP1515 и углеродной ткани саржевого типа плетения:
а — общий вид материала, б — увеличение x4

Таблица 3. Технические характеристики препрега на основе эпоксидного связующего CP1515 и углеродного наполнителя

№	Параметр	CP1515-C200T	CP1515-C130UD
1	Тип наполнителя	Саржа	Однонаправленный
2	Поверхностная плотность, г/м ²	200 ±10	130 ±8
3	Предел прочности при растяжении, МПа, не менее [0]	1700	2100
4	Модуль упругости при растяжении, ГПа, не менее [0]	120	180
5	Прочность на межслойный сдвиг, МПа, не менее	65	75
6	Температура стеклования, °С, не менее	120	120
7	Жизнеспособность при -18°С, мес	6	6

В рамках развития компетенций в области композиционных материалов на базе НИЦ КИ функционирует специализированный обучающий центр по обучению работы и процессам производства полимерных композиционных материалов (ПКМ). Центр реализует программы обучения для инженеров и технологов, охватывающие полный цикл процессов: от подготовки препрегов и выбора режимов формования до контроля качества готовых изделий. В ходе практических занятий слушатели осваивают современные методы работы с ПКМ, включая вакуумное формование, инфузионные технологии и методы непрерывного производства. Полученные знания позволяют специалистам учитывать климатические и технологические факторы, влияющие на конечные свойства композитов, что напрямую способствует повышению надёжности и воспроизводимости производственных процессов.

Заключение

Из вышеописанных данных очевидно, что разработанное связующее не только обеспечивает ультракороткое время формования, но и даёт возможность гибко регулировать процесс под конкретные производственные условия, что повышает конкурентоспособность продукции ООО «Композит-Изделия» и его клиентов, а также способствует

успешной реализации программы локализации по постановлению № 1875.

Таким образом, разработанные ООО «Композит-Изделия» препреги на основе связующего CP1515 демонстрируют высокие эксплуатационные характеристики и отвечают требованиям локализации производства, установленным постановлением Правительства РФ № 719. Ключевые преимущества разработанного материала:

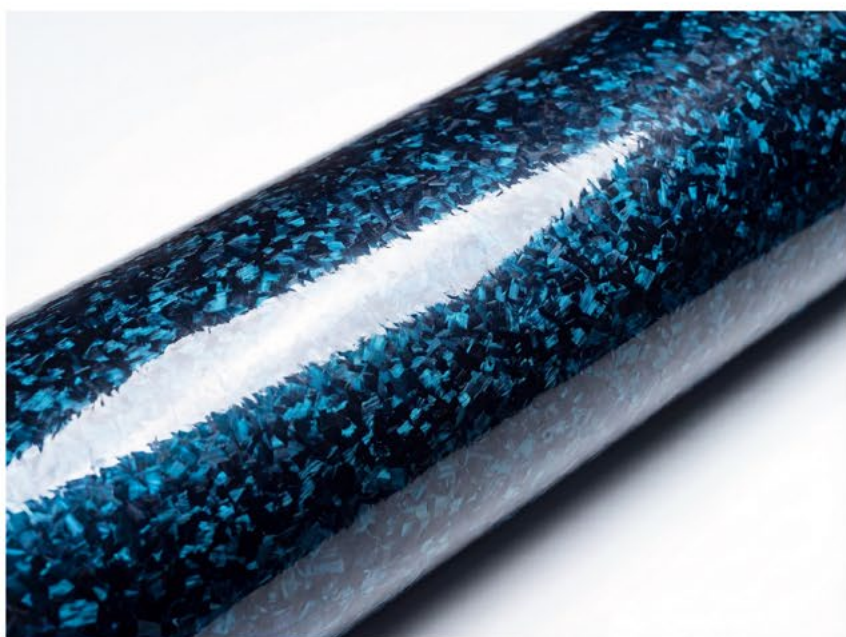
- ультракороткий цикл отверждения (от 5 минут), позволяющий сократить время производства и затраты на серийное производство;
- возможность гибкой регулировки процесса отверждения, что даёт возможность интегрировать материал в технологический процесс любого производства;
- высокие эксплуатационные свойства и конкурентоспособность по сравнению с зарубежными и отечественными аналогами;
- широкий спектр применения в высокотехнологичных отраслях.

Внедрение данных препрегов в производство способствует развитию отечественной промышленности композиционных материалов, снижению зависимости от импорта и созданию новых изделий с улучшенными характеристиками и сокращению затрат на их производство. **КМ**



CARBO CARBO
КОМПОЗИТНЫЙ СУПЕРМАРКЕТ

Эпоксидный SMC-препрег Resifibe 1430



- ✓ Высокая технологичность процесса;
- ✓ Быстрый цикл отверждения - 30 минут при 140°C;
- ✓ Подходит под различные методы безавтоклавного формования (вакуумно-печное формование и прямое прессование);
- ✓ Изделия обладают высокой прочностью и жесткостью, огнестойкостью;
- ✓ Подходит для изготовления деталей авто- и железнодорожного транспорта, авиационного назначения, электротехнических изделий и др.

Армирующий наполнитель		Полимерная матрица	
Материал	Поверхностная плотность, г/м ²	Масс. доля, %	T, °C
Углеродное волокно	520	48	120



+7(499)281-66-33

E-mail : info@carbocarbo.ru
carbocarbo.ru



Прочность, долговечность и радиопрозрачность

Гладунова О. И.
Ахметзянова Л. Н.
СПбГУПТД
sutd.ru

Для современных материалов все чаще требуется не одно, а сразу несколько выдающихся качеств. Например, корпус корабля, самолета или антенна радара должны быть одновременно прочными, легкими, стойкими к атмосферным воздействиям и пропускать радиосигналы. Создать такой универсальный материал можно, если искусно собрать его из разных компонентов.

Именно такую задачу решают ученые кафедры НВКМ, разрабатывая новое поколение эпоксидного стеклопластика. Этот композит сам по себе очень хорош: армирующее стекловолокно придает ему прочность, а полимерная матрица на основе эпоксидной смолы связывает все воедино. Но современные технологии требуют большего, и тут на помощь приходит особая «приправа» — комбинированные наполнители. Введение в состав связующего всего трех компонентов — диоксида кремния, тригидрата алюминия и полых стеклянных микросфер — способно превратить обычный стеклопластик в материал с поистине уникальными характеристиками.

Маленькие частицы для большой прочности и технологичности

Начнем с, казалось бы, парадоксального ингреди-

ента — аэросила. Это белый, невесомый, как дымка, порошок из наночастиц диоксида кремния (SiO_2). Его крошечные частицы (около 5–15 нм) обладают огромной суммарной площадью поверхности. Попадая в эпоксидную смолу, они активно взаимодействуют с ее молекулами.

Аэросил работает как «армирующий каркас» внутри самой смолы, многократно увеличивая количество связей между полимерными цепочками. В результате композит становится значительно прочнее и жестче. Кроме этого, добавление диоксида кремния делает жидкую смолу вязкой и тиксотропной. Это означает, что при перемешивании состав становится текучим, а в покое — густеет. Такое свойство незаменимо при создании стеклопластика: состав не стекает с вертикальных поверхностей и отлично заполняет сложные формы.

Тригидрат алюминия для долговечности и безопасности

Второй необходимыми ингредиент — тригидрат алюминия (ТГА). На вид это просто белый порошок, но его работа внутри композита напоминает работу интеллектуального теплохранителя. При нагреве до температур выше 180–200°C ТГА подвергается деги-

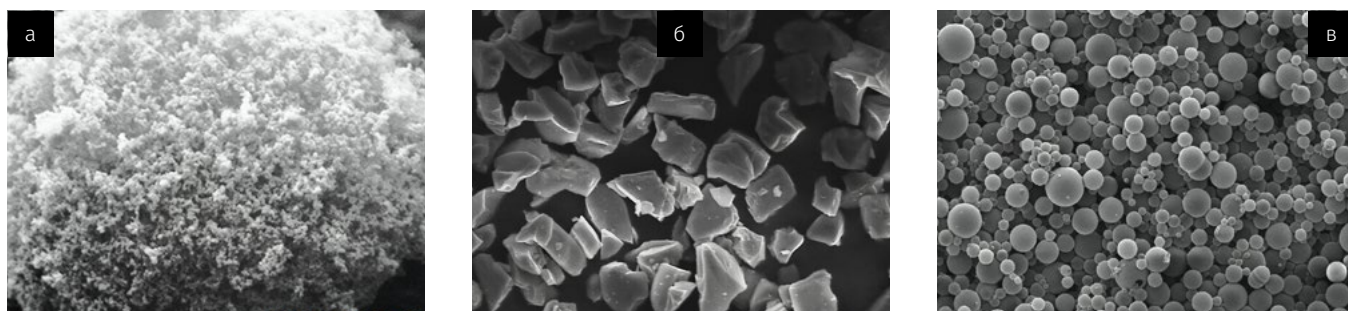


Рисунок 1. Электронная микроскопия: а) диоксид кремния, б) тригидрат алюминия, в) полые стеклянные микросферы

дратации. Процесс сопровождается поглощением значительного количества тепла. Выделяющийся водяной пар снижает парциальное давление кислорода в приповерхностной зоне материала, а также отводит тепловую энергию, что замедляет распространение пламени и увеличивает время до эвакуации. Помимо огнезащитного действия, введение ТГА повышает плотность и химическую стойкость композита, формируя эффективный барьер против проникновения влаги и воздействия агрессивных атмосферных факторов. Указанные свойства особенно важны для конструкций, эксплуатируемых на открытом воздухе в течение многих лет.

Полые стеклянные микросферы: невесомость для радиоволн

Третий компонент выглядит как настоящее чудо инженерной мысли — полые стеклянные микросферы. Представьте себе мельчайшие, невидимые глазу стеклянные шарики с очень тонкими стенками, внутри которых находится воздух. Это главный компонент, отвечающий за радиопрозрачность. Стекло по своей природе прекрасно пропускает радиоволны. Сферическая форма микросфер и наличие внутри воздуха создают структуру с чрезвычайно низкой диэлектрической проницаемостью. Радиосигнал проходит через такой материал почти без потерь и искажений. Это делает материал идеальным для антенных обтекателей и другой высокоточного оборудования.

Кроме того, каждая микросфера — это как мини-атюрный, полый внутри, но очень прочный «кирпичик». Заменяя собой тяжелую эпоксидную смолу, они радикально снижают общий вес изделия, при этом не ухудшая, а часто и улучшая его прочность и жесткость за счет равномерного распределения нагрузки.

Симбиоз трех компонентов

Основное преимущество такой комбинированной системы наполнителей заключается в синергетическом эффекте. Каждый из компонентов по отдельности решает частную задачу, однако их совместное присутствие в матрице обеспечивает материалу свойства,

превышающие аддитивную сумму индивидуальных характеристик:

- Механическая прочность и технологичность: введение аэросила упрочняет полимерную матрицу и улучшает перерабатываемость состава, позволяя формовать изделия любой геометрической сложности.
- Эксплуатационная стойкость и пожаробезопасность: тригидрат алюминия обеспечивает огнезащиту и устойчивость к атмосферным воздействиям.
- Радиопрозрачность и малая плотность: полые микросферы снижают диэлектрическую проницаемость и значительно уменьшают вес композита.

Однако простое механическое смешение трёх наполнителей недостаточно — необходима их гомогенизация в эпоксидной смоле, чтобы каждый компонент раскрыл свой потенциал полностью. Для этого применяются специализированные методы диспергирования. Чтобы предотвратить агломерацию наночастиц диоксида кремния и тригидрата алюминия и равномерно распределить их по объёму полимера, используются высокоскоростные смесители или ультразвуковые диспергаторы. Они генерируют интенсивные микропотоки, разрушающие агрегаты частиц.

Порядок введения компонентов также жёстко регламентирован: режимы и очередность подбираются так, чтобы гарантировать сохранность всех типов частиц, особенно наименее прочных из них, которые обрабатываются в самом конце на пониженных скоростях смешения.

В итоге формируется однородная композиция, в которой каждый из трёх функциональных наполнителей занимает своё место и подготавливается к последующему армированию стекловолокном.

Использование трехкомпонентного наполнителя — это яркий пример того, как современная химия и материаловедение решают сложные инженерные задачи. Благодаря продуманному сочетанию аэросила, тригидрата алюминия и полых стеклянных микросфер ученые могут создавать композиты с заранее заданными, уникальными свойствами. Это открывает дорогу к созданию еще более совершенных, легких, надежных и безопасных конструкций, которые будут работать там, где от них зависит будущее технологий. **КМ**

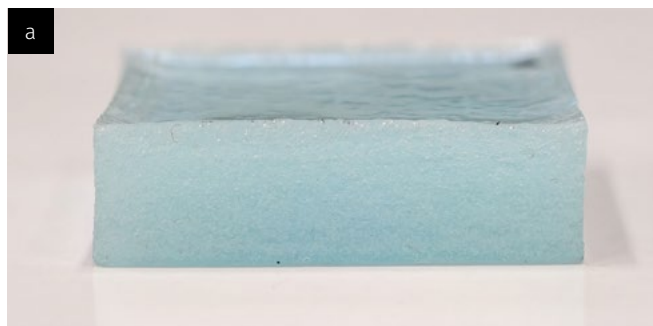


Рисунок 2. Образцы эпоксидного композита с трехкомпонентным наполнителем:

а) образец композита с равномерным распределением наполнителей, при правильном, последовательном диспергировании компонентов; б) образец композита с неоднородным распределением компонентов — в нижней части слой чистой смолы, сверху легкие полые стеклянные микросферы и диоксид кремния



ПА 6-211-ДС: советский фундамент для российских крыльев

Искать замену металлу среди композитов начали не вчера. Стеклонаполненные полиамиды появились в середине прошлого века как закономерное развитие двух технологических линий: с одной стороны, промышленного производства полиамидов (DuPont), с другой — освоения выпуска стекловолокна (Owens-Corning). В 1940-е годы стеклопластики активно разрабатывались для авиации и радиоэлектроники.

Идея оказалась рабочей: материалы этого класса заняли свою нишу в авиации, электротехнике, машиностроении. К 1950-м стеклонаполненные термопласты вышли на коммерческий рынок. Наибольшее распространение получила технология производства стеклонаполненного полиамида методом компаундирования — а этот метод имеет серьезный недостаток.

Зачем вообще заменять металл композитным материалом?

В авиастроении и производстве электронного оборудования детали часто оказываются в сложных условиях. Перепады температур, вибрация, удар — и все это должно сочетаться с жесткими требованиями к массе. Чем легче конструкция, тем меньше топлива тратит самолет. В космической технике стоимость вывода килограмма на орбиту измеряется тысячами долларов, поэтому облегчение конструкции дает колоссальную экономию. В производстве робото-

техники легкие компоненты позволяют увеличить время автономной работы и грузоподъемность.

Кроме того, металл проводит ток, экранирует радиоволны, магнитится, корродирует. Для антенных обтекателей крепеж должен быть радиопрозрачным. В медицинских томографах нужны детали, не искажающие магнитное поле. В электротехнике требуются изоляторы, которые при этом выдерживают механические нагрузки.

Отечественное сырье

После санкций 2022 года российская авиапромышленность столкнулась с необходимостью замещения импортных компонентов. ВИАМ по запросам ОАК и ОДК разработал более 40 композитов взамен зарубежных. Сегодня киль и стабилизатор МС-21 делают из отечественных материалов. В этом контексте стеклонаполненные полиамиды российского производства оказываются базовым решением.

Два пути: короткое стекло и длинное стекло

Есть два принципиально разных типа гранул этого композита: с коротким стекловолокном и с длинным. Ключевое различие кроется в технологии производства — в том, что происходит со стекловолокном на каждом этапе переработки. И, как следствие, в свойствах, которые проявляет готовый материал.

Как устроено типовое производство стеклонаполненных полиамидов

В традиционном процессе гранулы получают методом компаундирования: расплав полимера смешивают со стекловолокном в экструдере. Шнек интенсивно перемешивает композицию, но при этом неизбежно ломает стеклянные нити. На выходе получают гранулы, внутри которых находится уже достаточно короткие обломки волокна. Затем производитель готовых изделий берет эти гранулы, загружает их в литьевую машину или экструдер, и при повторном перемешивании шнеком волокно ломается снова, становясь ещё короче. В итоге в готовой детали стекловолокно превращается скорее в дисперсный наполнитель, чем в полноценный армирующий.





Старая школа: принципиально иной подход

ПА 6-211-ДС производится по другой схеме — и в строгом соответствии с ГОСТ 17648. Патент на эту технологию был получен в СССР еще в 1966 году, в том мире, где технологии и продукция были рассчитаны на десятилетия актуального применения.

Процесс напоминает изготовление электрического кабеля, где на медную жилу наносят расплав полимера. Только здесь роль жилы играет непрерывное стекловолокно — ровинг. Расплав полиамида подается на движущуюся стеклонить, обволакивает её, пропитывает, и после охлаждения полученная стренга разрезается на гранулы. Длина гранулы составляет от 5 до 7,5 мм, но главное — внутри каждой гранулы находится цельное стекловолокно, длина которого точно равна длине самой гранулы. Никакого разрушения стекла на этом этапе не происходит.

Когда такая гранула поступает на литье изделия в качестве сырья, стекловолокно, конечно же, подвергается механическому воздействию в цилиндре литьевой машины. Но это происходит единственный раз — непосредственно при формовании изделия. Разрушение волокна в этом случае минимально, и в готовой детали сохраняются длинные армирующие элементы с высоким отношением длины к диаметру. Чем выше это отношение, тем эффективнее волокно



передает нагрузку с полимерной матрицы на себя, и тем большее напряжение способна выдержать деталь до разрушения.

Такая технология производства отточена десятилетиями. Она не устарела, потому как надежна и эффективна.

Физика армирования и практические следствия

Именно благодаря сохранению длины волокна ПА 6-211-ДС демонстрирует качественно иные показатели: повышенную прочность при растяжении и изгибе, высокую ударную вязкость, устойчивость к деформациям при нагреве. Температура изгиба под нагрузкой достигает 190–200°С — это означает, что деталь не потеряет форму даже вблизи горячих узлов авиационного двигателя или в условиях интенсивной эксплуатации.

Для авиастроения снижение массы на 25–30 % по сравнению с металлами дает прямую экономию топлива и увеличивает полезную нагрузку. Но не менее важна усталостная стойкость: длинное волокно эффективно сопротивляется циклическим нагрузкам и вибрациям, предотвращая рост микротрещин. Коррозионная стойкость и диэлектрические свойства полиамида позволяют интегрировать такие детали с бортовой электроникой без дополнительной изоляции.

Что это меняет в отрасли

Технология производства ПА 6-211-ДС возвращает специалистов к пониманию того, что классические принципы армирования еще не исчерпали себя. Вместо того чтобы усложнять химию матрицы или вводить дорогостоящие добавки, можно сохранить целостность волокна на всех этапах переработки, что приводит к совершенно другому качеству материала. Эта технология сложнее и дороже общепринятой, но дает предсказуемый и воспроизводимый результат, который особенно ценен при проектировании узлов с длительным сроком службы и высокими требованиями к безопасности.

И вчера, и сегодня, ПА 6-211-ДС - отличное решение для замены металлических деталей в нагруженных изделиях и ответственных проектах. Это проверенный и стабильный материал, на который можно положиться. **КМ**

Открытие новой линии производства препрегов по расплавной технологии

А.И. Багинская, к.х.н.
Ф.С. Власенко, к.т.н.
А.В. Семеняка
Н.В. Хлебников
ООО «Композит Изделия»
info@cp-vm.ru | cp-vm.ru

В настоящей статье представлен обзор новой производственной линии компании ООО «Композит-Изделия», предназначенной для изготовления препрегов с использованием расплавной технологии. В работе освещены ключевые особенности двухстадийного производства на линии «Tape Line» и «Film Line», её технологические возможности, перспективы применения производимых материалов в различных отраслях промышленности, а также комплексный подход компании к производству и сопровождению продукции. Статья ориентирована на технических специалистов, занимающихся разработкой и производством композитных материалов.

В последние десятилетия в различных отраслях промышленности активно развивается направление применения полимерных композиционных материалов (ПКМ), как альтернативы металлам и тяжелым пластикам. Это обусловлено рядом их ключевых преимуществ:

- высоким соотношением прочности к массе — конструкции из ПКМ получаются значительно легче металлических при сопоставимых или даже лучших прочностных характеристиках;
- стойкостью к коррозии и химическому воздействию — в отличие от металлов, ПКМ не подвержены ржавчине и устойчивы ко многим агрессивным средам;
- возможностью проектирования свойств — за счёт выбора наполнителя и связующего можно «настраивать» материал под конкретные эксплуатационные требования;
- управляемой анизотропией — ориентация армирующих волокон позволяет добиться максимальной прочности в направлениях действия основных нагрузок;
- широкими возможностями формообразования — ПКМ позволяют создавать сложные интегральные конструкции, сокращая число деталей и сборочных операций.

Особенно активно ПКМ внедряются в таких высокотехнологичных отраслях, как авиация и космонавтика (элементы планеров, лопасти вертолётов, детали двигателей), автомобилестроение (кузовные панели, элементы шасси и интерьера), ветроэнергетика (лопасти ветрогенераторов), судостроение (корпуса маломерных судов, надстройки), строительство (ар-

матура, элементы мостовых конструкций, фасадные элементы).

Одними из наиболее перспективных полуфабрикатов на основе ПКМ являются препреги (от англ. pre-impregnated — предварительно пропитанные). Препреги представляют собой армирующие материалы (стеклоткани, углеродные или арамидные волокна), предварительно пропитанные полимерным связующим (эпоксидным, фенольным, цианатэфирным и др.) и частично отверждённые (до стадии B-stage).

- Ключевыми особенностями препрегов являются:
- готовая к переработке форма — не требуют дополнительной пропитки связующим на этапе формования изделия;
 - стабильность свойств — равномерное распределение связующего и точное соотношение «волокно/смола» обеспечивают воспроизводимость характеристик;
 - удобство хранения и транспортировки — поставляются в рулонах или листах с защитной плёнкой, могут храниться при низких температурах до нескольких месяцев;
 - широкий выбор армирующих наполнителей — стекло-, угле-, органические и их гибриды;
 - разнообразие связующих — термореактивные (эпоксидные, полиэфирные) и термопластичные матрицы под разные температурные режимы эксплуатации.

Применение препрегов позволяет существенно сократить цикл изготовления изделий (в 2–3 раза по сравнению с традиционными методами), снизить трудоёмкость (на 40–50 % для сотовых панелей) и



Рисунок 1. Общий вид препреговой линии компании ООО «Композит Изделия»

уменьшить массу изделий (на 30–50 % за счёт сочетания с лёгкими заполнителями). Это делает их незаменимыми при производстве высоконагруженных деталей, где критичны вес, прочность и надёжность — например, в гражданской авиации (панели интерьера, элементы крыла) и ветроэнергетике.

В связи с вышеописанными тенденциями и активным развитием рынка композиционных материалов, сотрудники компании ООО «Композит-Изделия» спроектировали и ввели в эксплуатацию современную двухстадийную линию по производству препрегов (рис. 1), состоящую из модулей «Tape Line» и «Film Line». Линия была спроектирована для работы по расплавной технологии. Расплавная технология производства препрега — это метод изготовления препрега путём пропитки волокнистого армирующего наполнителя расплавленным связующим веществом.

Данная расплавная линия обеспечивает:

- высокую равномерность распределения связующего;
- точное дозирование компонентов;
- минимизацию содержания летучих веществ;
- стабильное качество конечного продукта.

Описание стадий производства

На первой стадии происходит производство пленки связующего «Film Line», схематичное изображение которой представлено на рисунке 2.

Данный модуль предназначен для нанесения расплава связующего требуемой поверхностной плотности на подложку (например, силиконизированную бумагу) и последующей намотки в рулон.

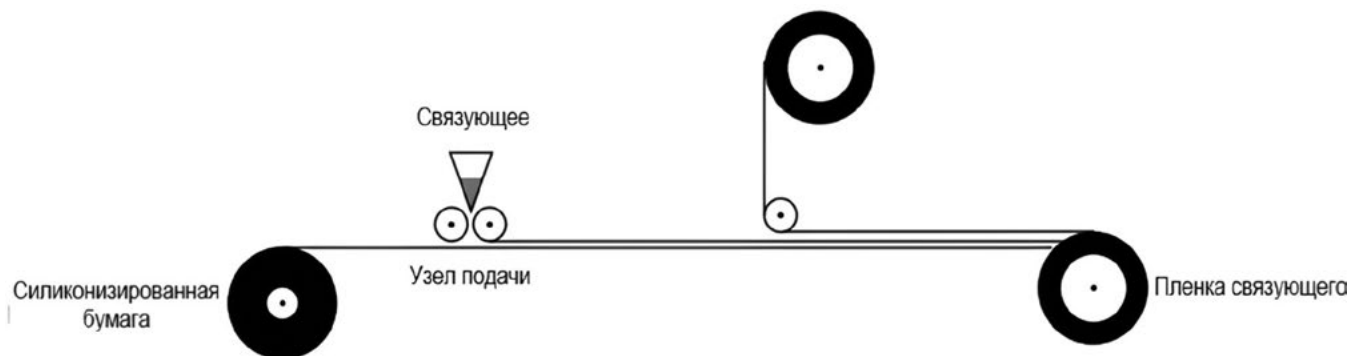


Рисунок 2. Схема первой стадии производства пленки связующего «Film Line»

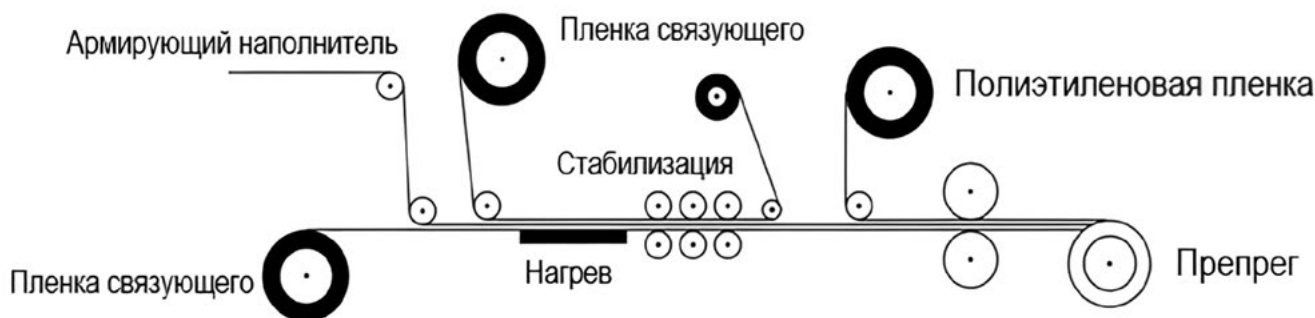


Рисунок 3. Схема второй стадии производства препрега «Tape Line»

Параметры процесса на стадии «Film Line»:

- температура: 60–80 °С;
- скорость линии: от 10 м/мин.

На второй стадии производства препрега проводится пропитка армирующего наполнителя «Tape Line», схематичное изображение которой представлено на рисунке 3.

Данный модуль предназначен для пропитки армирующего наполнителя и получения готового полуфабриката — препрега. Пленка связующего накладывается на армирующий наполнитель и с помощью многостадийного процесса прохождения через обогреваемые каландры, нагревательные и охлаждающие столы происходит его пропитка. Поверхность препрега покрывается защитной пленкой.

Ключевые параметры процесса на стадии «Tape Line»:

- температура расплава: в зависимости от типа связующего;
- давление пропитки в среднем 0,6 МПа;
- скорость подачи наполнителя в среднем 8 м/мин.

Новая линия позволяет изготавливать препреги на основе различных армирующих наполнителей и связующих. В настоящее время в научно-исследовательском центре компании «Композит-Изделия» (НИЦ КИ) разработаны несколько типов расплавных связующих:

- эпоксидное связующее CP 1515 с ультракоротким циклом отверждения (15 минут при 150 °С при вакуумном формовании. Возможно сокращение цикла при формовании в прессовом оборудовании при температурах 160-170 °С);
- эпоксидное связующее CP1212, CP1360 с классическим режимом отверждения, предназначенное для применения в изделиях, подвергающихся конструкционным нагрузкам и периодическим циклическим деформациям;
- фенольные связующие CPF16015 с ультракоротким режимом отверждения (15 минут при 160 °С при вакуумном формовании);
- фенольное связующее CPF20030 для автоклавного формования с «классическим» режимом отверждения, имеющее температуру стеклования на уровне не менее 320 °С;

Таблица 1. Линейка связующих, разработанных в НИЦ КИ

Наименование	CP1515	CP1212	CP1306	CPF16015	CPF20030	CPF1802
Тип связующего	Эпоксидное			Фенольное		
Поверхностная плотность препрега	От 30 г/кв.м.			От 30 г/кв.м.		
Автоклав	+	+	+	+	+	+
Вакуум	+	+	+	+	-	+
Пресс	+	+	+	+	+	+
Назначение	малая авиация (бас), спорт, медицина, промышленное назначение			интерьеры ж/д транспорта, авиа и автотранспорта, космос		
Tg, не менее °С	120	130	130	320	350	320

Таблица 2. Технологические возможности оборудования

№	Тип связующего	Тип наполнителя
1	Эпоксидные связующие (CP1515, CP1212, CP1360)	- стеклоткань (от 30 г/кв.м.); - углеродное волокно (от 50 г/кв.м.); - углеродная ткань (от 30 г/кв.м.); - арамидная ткань и проч.
2	Фенольные связующие (CPF16015, CPF1802, CPF20030)	- стеклоткань (от 30 г/кв.м.); - углеродное волокно (от 50 г/кв.м.); - углеродная ткань (от 30 г/кв.м.); - арамидная ткань и проч.
3	Возможно осуществление процессинга на различных типах связующих расплавленного типа: цианатэфирные связующие, винилэфирные связующие и проч.	

- фенольное связующее CPF1802 для автоклавного и вакуумного формования с «классическим» режимом отверждения.

В таблице 1 приведены основные характеристики разработанных в НИЦ КИ связующих:

Возможности производства препрегов с использованием различных типов наполнителя на основе разработанных связующих на представленном оборудовании приведены в таблице 2.

Компания «Композит-Изделия» придерживается комплексного подхода к производству и техническому сопровождению своих продуктов:

1. Экономическая эффективность:

- оптимизация рецептур связующих для снижения себестоимости без потери качества;
- минимизация отходов за счёт точного дозирования и автоматизированного контроля;
- гибкое планирование производства для сокращения сроков выполнения заказов;
- использование энергоэффективного оборудования.

2. Тестирование в инжиниринговом центре:

- моделирование поведения композита в реальных условиях эксплуатации (нагрузки, температуры, агрессивные среды);
- оптимизация параметров формования для конкретных изделий заказчика;
- разработка индивидуальных решений под специфические задачи.

3. Испытания в собственном НИЦ КИ:

- входной контроль сырья (армирующих волокон, связующих);
- контроль качества на всех этапах производства (толщина, содержание связующего, равномерность пропитки);
- финальные испытания готовых препрегов и готовых образцов пластика (механические

испытания (сраст, сизг, межслоевой сдвиг), термический анализ (ДСК), определение влагопоглощения, оценка адгезионной прочности).

4. Обучение работе и помощь в выборе материала и технологии:

- консультации по подбору типа препрега (углеродный, стеклянный, арамидный, гибридный) и связующего (эпоксидное, фенольное, цианатэфирное и т.д.) под конкретные задачи;
- обучение работе с препрегами (хранение, раскрой, укладка, формование, отверждение);
- предоставление технологических карт и рекомендаций по переработке.

5. Сопровождение внедрения:

- техническая поддержка на этапе внедрения препрегов в производственный цикл заказчика;
- помощь в настройке оборудования и оптимизации режимов формования;
- анализ и устранение возможных проблем при переработке.

Заключение

Таким образом, новая производственная линия ООО «Композит Изделия» не только отвечает современным требованиям к качеству и эффективности производства препрегов, но и создаёт основу для технологического прорыва в области композиционных материалов в России. Комплексный подход компании — сочетание передовых технологий, строгого контроля качества и всесторонней поддержки заказчиков — позволяет предлагать не просто материалы, а готовые решения для реализации самых сложных инженерных задач.

Реализация данного проекта укрепляет позиции отечественной промышленности в сфере композитов и открывает новые возможности для импортозамещения в стратегически важных отраслях. **КМ**

Ремонт трубопроводов и промышленного оборудования полимерными композитами

Холодников Ю.В., к.т.н.
директор ООО СКБ «Мысль»
г. Екатеринбург

На промышленных предприятиях многие технологические и межцеховые трубопроводы и другое емкостное оборудование эксплуатируются более 20 лет. При этом должны соблюдаться требования Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности», утвержденные приказом ФСЭТАН от 20.10.2020 г. № 420 (именуются далее по тексту «ФНП 420»), Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасной эксплуатации технологических трубопроводов», утверждены приказом ФСЭТАН от 21 декабря 2021 г. №444 (именуются далее по тексту «ФНП 444»). Вопросы надежной, безаварийной эксплуатации технологического оборудования решаются соблюдением норм его качественного обслуживания и своевременного ремонта.

Ремонт технологического трубопровода и основного емкостного оборудования предлагается решать посредством нанесения на поврежденный участок банджа из полимерных композиционных материалов. При этом важным аспектом рассматриваемой в технологическом регламенте (далее – ТР [1]), является вопрос оценки остаточного эксплуатационного ресурса отремонтированного оборудования, в соответствии с требованиями пунктов 25, 36 ФНП 420.

В соответствии с требованиями пункта 161 Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», утвержденных приказом ФСЭТАН от 15.12.2020 г. № 533, для основного оборудования, к которому относятся и технологические трубопроводы (а также мерники, чаны, сосуды, резервуары, буллиты и т.п.), необходимо устанавливать допустимые сроки службы.

Оценка остаточного ресурса действующего технологического оборудования базируется на основе последних достижений в области механики разрушения, материаловедения, неразрушающих методов контроля, действующих норм расчетов на прочность и включает в себя изучение технической документации и условий эксплуатации, обследование технического состояния с использованием толщинометрии, дефектоскопии, химического состава компо-

зита, оценку фактической нагруженности элементов оборудования, испытание на прочность, химическую стойкость и плотность.

В разработанном в ООО СКБ «Мысль» ТР вопросы, связанные с нанесением ремонтного банджа из полимерных композиционных материалов по технологии «мокрого ламинирования», диагностика технического состояния композитного банджа и оценка его остаточного ресурса, рассмотрены на примере технологических трубопроводов различного производственно-технического назначения.

Диагностика композитных конструкций и покрытий, применённых при ремонте трубопроводов на опасных производственных объектах разработана в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53006-2008 «Оценка ресурса потенциально опасных объектов на основе экспресс-методов. Общие требования» в целях содействия соблюдению требований Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности», утвержденных приказом Ростехнадзора от 20 октября 2020 г. № 420, зарегистрированным в Минюсте России 11 декабря 2020 г., регистрационный № 61962.

Основные подходы к оценке технического состояния изделий из полимерных композиционных материалов, предназначенных для ремонта основного технологического оборудования [2] распространяются, в том числе и, на трубопроводы V категории по ГОСТ 32569-2013 транспортирующие газообразные, парообразные, жидкие и сыпучие среды, а также емкостное технологическое оборудование, работа-



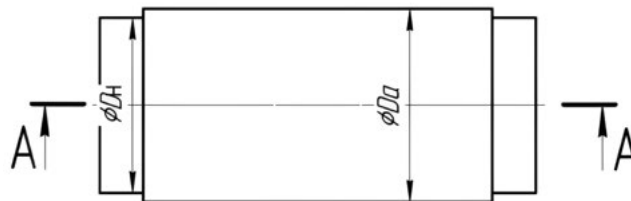
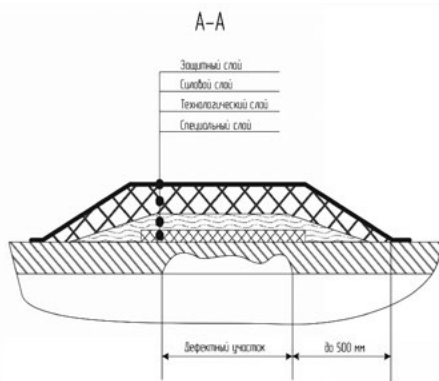


Схема бандажа из полимерного композита (D_n — наружный диаметр трубы; D_a — диаметр бандажа)

ющее в диапазоне давлений: от вакуума 0,08 МПа (остаточное абсолютное давление 0,0213 МПа) до избыточного давления 1,6 МПа и температур: от минус 40 до плюс 120°С.

Предлагаемые в ТР положения разработаны в развитие ГОСТ Р 55073-2012 «Химостойкие полимерные композиты для ремонта технологических трубопроводов. Общие технические условия» [3] в целях выполнения требований промышленной безопасности при эксплуатации трубопроводов, отремонтированных при помощи композитных материалов, на опасных производственных объектах.

ТР дополняет методики проведения экспертизы промышленной безопасности и технического диагностирования трубопроводов в части технического диагностирования композитных конструкций и покрытий, применённых при ремонте трубопроводов опасных производственных объектов.

Техническое диагностирование композитных конструкций и покрытий проводится совместно с техническим диагностированием трубопроводов в целях оценки технического состояния, определения остаточного ресурса, возможности и сроков дальнейшей безопасной эксплуатации композитных конструкций и покрытий трубопроводов.

ТР, помимо технологических вопросов проведения защитно-восстановительных работ полимерными композитами, определяет порядок проведения работ по техническому диагностированию, минимально необходимый объём работ для достижения целей технического диагностирования, устанавливает методы контроля и нормы отбраковки, а также порядок определения остаточного ресурса композитных конструкций и покрытий трубопроводов.

Организация работ по техническому диагностированию композитных конструкций и покрытий трубопроводов осуществляется организацией, эксплуатирующей данные трубопроводы.

Проведение работ по техническому диагностированию композитных конструкций и покрытий осуществляется организациями, имеющими в своем составе квалифицированный персонал и аттестованную лабораторию неразрушающего контроля, в составе которой имеется необходимое оборудование для проведения указанных работ.

Источником исходных данных для технического диагностирования является ремонтная документа-

ция, оформляемая на композитные конструкции и покрытия по ГОСТ Р 55073-2012.

Результаты технического диагностирования композитных конструкций и покрытий используются при проведении экспертизы промышленной безопасности трубопровода, на котором они установлены, для оценки работоспособности и определения его остаточного ресурса.

В предлагаемом технологическом регламенте рассмотрены следующие практические вопросы реализации стратегии быстрого и качественного ремонта емкостного оборудования с помощью полимерных композиционных материалов:

- оценка состояния оборудования;
- технология производства ремонтно-восстановительных работ полимерными композитами;
- контроль качества;
- расчет прочности защитного бандажа;
- прогнозирование остаточного ресурса;
- ремонт защитного бандажа;
- квалификационные требования при работах на опасных производственных объектах;
- пожарная безопасность;
- охрана окружающей среды;
- аварийные ситуации;
- вывод из эксплуатации;
- допустимые уровни дефектов при визуальном контроле;
- жизненный цикл ремонтного бандажа;
- методика расчета толщины бандажа;
- сертификат соответствия (ГОСТ Р 53603-2020).

В настоящее время ведутся работы по практическому внедрению положений ТР на промышленных предприятиях различной хозяйственной деятельности. **КМ**

Литература

1. ТР 28.14.99-018-20616938-2025
2. Холодников Ю.В. и др. «Промышленные композиты: возможности и перспективы» // Изд. LAP LAMBERT Academic Publishing – OmniScriprium GmbH & Co KG. Германия., 2016 г. – 455 с.
3. ГОСТ Р 55073-2012 «Химостойкие полимерные композиты для ремонта технологических трубопроводов».



«Фонтанка-NEO»: как ретрофутуризм и композиты определяют будущее речных прогулок

В 1935 году в США спустили на воду паром Kalakala — он выглядел как космический корабль из фантастического фильма, став первенцем ар-деко в кораблестроении. Спустя 90 лет российское конструкторское бюро возвращает эту эстетику на воду с проектом речного пассажирского судна «Фонтанка-NEO».

«Фонтанка-NEO» — это дизайн-проект, разработанный московским конструкторским бюро «АН Марин Консалтинг» и защищённый патентом. Судно призвано заменить существующие металлические

теплоходы типа «Фонтанка», десятилетиями курсирующих по рекам и каналам Санкт-Петербурга. Разработчики сочетают отсылки к историческому облику города с футуристичными технологиями — корпус из полимерных композитов и полностью электрическую силовую установку.

От советского теплохода к неофутуристическому судну

Оригинальные теплоходы «Фонтанка» были созданы в 1970-е годы для экскурсий по сложной сети петербургских водных путей с их низкими мостами, малой глубиной и крутыми поворотами. Эти суда стали символом городского туризма — с 1974 по 1988 год было построено 14 таких теплоходов, а после 2001 года производство возобновилось, и общее число судов достигло порядка 80.

Новый проект «Фонтанка-NEO» сохраняет основные эксплуатационные параметры, позволяющие работать в тех же стеснённых условиях. При длине 20,3 метра и ширине 5,4 метра судно сможет перевозить от 42 до 70 пассажиров. Однако вместо стального корпуса и дизельного двигателя разработчики предлагают принципиально иные решения.

Ключевая философская и эстетическая идея про-



MV Kalakala — паром в стиле ар-деко, который курсировал в заливе Пьюджет-Саунд в американском штате Вашингтон с 1935 до 1967 года



«Фонтанка» — серия однопалубных пассажирских теплоходов с малой осадкой. Первое судно построили в 1974 году в Ленинграде; оно дало название серии. Созданы для экскурсий по рекам и каналам Санкт-Петербурга

екта — стиль «ретрофутуризм». Это направление, зародившееся в эпоху ар-деко 1930-х годов, стремилось представить будущее через призму современной ему эстетики. Яркими морскими примерами были паромы Kalakala (1935 г.) и Admiral (1940 г.), чьи обтекаемые, «инопланетные» формы контрастировали с угловатыми силуэтами кораблей того времени.

«Фонтанка-NEO» наследует эту традицию, создавая запоминающийся образ, созвучный историческому центру Санкт-Петербурга, но устремлённый в будущее. Разработчики намеренно отказываются от образа привычных «стальных каракатиц» в пользу элегантности и премиальной эстетики, которую характеризуют как «яхтенно-лимузинную».

Революция в материалах: почему корпус будет из композитов

Решение строить корпус из полимерных композиционных материалов — не дань моде, а технически и экономически обоснованный выбор. Композиты — это материалы, состоящие из армирующих элементов (например, стеклянных или углеродных волокон) и полимерной матрицы (связующего, например, эпоксидной смолы).

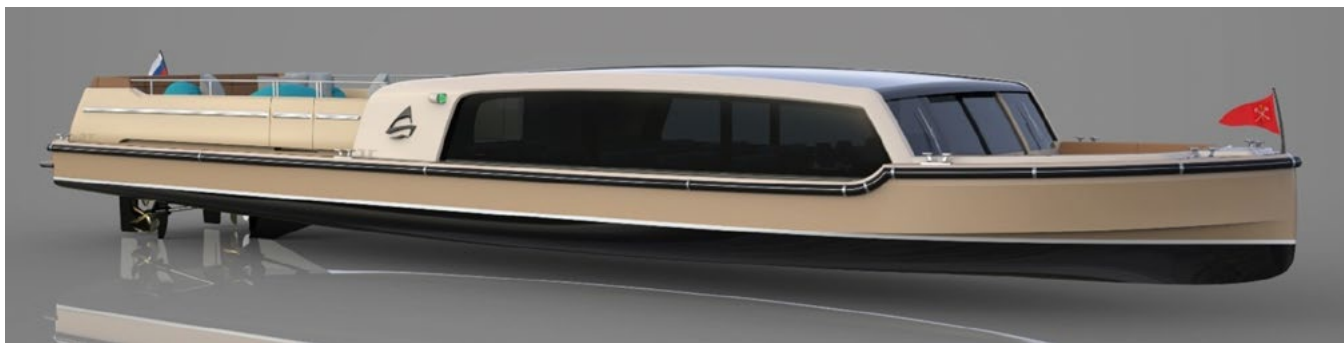
Преимущества композитного корпуса для «Фонтанки-NEO»:

- Лёгкость и прочность: Композитные материалы легче стали. Это снижает массу судна и позволяет экономить энергию.
- Долговечность и стойкость: Композиты не подвержены коррозии в водной среде. Их расчётный срок службы превышает 100 лет, что значительно больше, чем у стали.
- Гибкость производства: Формы для композитных корпусов проще и дешевле изготовить, что идеально подходит для серийного строительства. Методы вакуумной инфузии и ручного формования позволяют создавать сложные обтекаемые формы, задуманные дизайнерами.
- Немагнитность: Это свойство критически важно для военных судов (например, тральщиков), но и в гражданском судоходстве упрощает установку электронного оборудования.

Опыт применения композитов в России богат. Ещё в 1964 году на Средне-Невском судостроительном заводе был построен первый в мире корабль со стеклопластиковым корпусом — тральщик «Изумруд». Сегодня российское композитное судостроение со-



Проект Фонтанка-NEO в развитии — новое решение для каналов Санкт-Петербурга



Бесшумность, нулевые выбросы и премиальная эстетика — основные преимущества новой разработки. Фото: АН Марин Консалтинг

средоточено на сегменте маломерных судов длиной до 35 метров, где накоплен значительный опыт.

Тихая сила: экологичное электродвижение

Второй технологический прорыв проекта — полностью электрическая силовая установка. Два электродвигателя мощностью по 75 кВт обеспечат судну ход до 17 км/ч. Переход на электродвижение решает несколько острых проблем городского водного транспорта:

- Нулевые выбросы: Полное отсутствие вредных выхлопов особенно важно для экскурсионных маршрутов в историческом центре города.
- Минимальный шум: Электродвигатели работают практически бесшумно по сравнению с дизельными агрегатами, что повышает комфорт пассажиров во время экскурсий и не нарушает акустическую среду города.
- Простота эксплуатации: Электрические двигатели требуют меньше обслуживания, чем двигатели внутреннего сгорания.

Путь от проекта до воды

Несмотря на преимущества, путь «Фонтанки-NEO» к серийному производству связан с преодолением ряда барьеров, характерных для инновационного судостроения.

1. Сертификация в Российском морском регистре судоходства (РМРС). Все суда, строящиеся в России, должны получить класс РМРС. Для композитных судов действуют специальные Правила части XVI, регламентирующие конструкцию и прочность судов из полимерных композиционных материалов. Процесс одобрения материалов и технологий мо-

жет занимать 1–2 года, так как требует проведения многочисленных испытаний, включая проверки на водопоглощение и пожарную безопасность.

2. Пожарная безопасность. Полимерные композиты, в отличие от стали, могут гореть. Поэтому материалы для судна должны пройти обязательную проверку и получить Свидетельство о типовом одобрении противопожарной конструкции (СТПК), подтверждающее соответствие строгим нормативам по горючести, дымообразованию и токсичности.
3. Длительный цикл внедрения. Освоение новой композитной технологии — процесс, занимающий несколько лет, от разработки документации до накопления опыта эксплуатации. Однако, КБ «АН Марин Консалтинг» уже имеет положительный опыт взаимодействия с РМРС, получив в 2025 году принципиальное одобрение эскизного проекта композитного катамарана К12 «Пингвин».

Проект «Фонтанка-NEO» — это не просто новая лодка. Это симбиоз эстетической философии, передовых материалов и экологических технологий. Он предлагает модель обновления целого пласта городского транспортно-туристического флота.

Если проекту удастся успешно пройти сертификацию и выйти на серийное производство, он может стать тем самым «китом» Нормана Бел Геддеса из 1930-х — утопическим проектом, который, вдохновив современников, в итоге определил облик целой эпохи, но на этот раз — воплощённым в реальности. Санкт-Петербург, чьи реки и каналы стали колыбелью оригинальных «Фонтанок», имеет все шансы снова стать полигоном для внедрения футуристичного, тихого и чистого речного транспорта будущего. **КМ**



«Кит» (Whale) — проект океанского лайнера, разработанный американским промышленным дизайнером Норманом Бел Геддесом в 1930-х годах. Это одна из самых известных нереализованных работ дизайнера, которая стала иконой ретрофутуризма.

ТЕХ ТЕКСТИЛЬ КОМПОЗИТ 2026 ПОЛИМЕР

22-я Международная межотраслевая выставка
технического текстиля, композитных материалов,
полимеров и оборудования для их производства
и обработки

Совместно
с выставками

rosmould

rosplast

3D-TECH
by rosmould

**НОВЫЕ
ДАТЫ**

16–19.06.2026

МВЦ «Крокус Экспо»
Москва

ТЕХТЕКСТИЛЬ

ТЕХКОМПОЗИТ

ТЕХПОЛИМЕР

Организатор:
ООО «Гефера Медиа»
+7 495 649-87-75



ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ В ВЫСТАВКЕ

Поризованный силикон- графеновый композит с ионами серебра



Маслов А. С., к.т.н.
Кривуляк М. Ю., к.ф.н.



Рис. 1. Макроструктура поризованного силикон-графенового композита



Рис. 2. Микроструктура композита: система направленных пор с графеновым наполнителем

Актуальность. Почему протезированию нужен новый материал

В современном протезировании конечностей сложилось противоречие: несмотря на огромные успехи в области электронных приводов и управляющих систем, узел сопряжения протеза с телом пациента остаётся самым архаичным элементом. Приёмочная гильза и лайнер (внутренний вкладыш) до сих пор выполняются из ортокриловых пластмасс и углеволокна, что влечёт за собой типичные проблемы: застой пота, раздражение и потёртости, опрелости, повреждение мягких тканей, а также постепенное уменьшение объёма культи («усыхание»).

В рамках задачи по снижению стоимости протезирования был создан инновационный биоинтегрируемый композит. Его основа — пористый силикон, модифицированный графеном с борной и азотной допировкой, дополнительно содержащий ионы серебра и нитрид бора. Данный материал уже проходит этап практических испытаний. Из него можно изготавливать как серийные, так и индивидуальные культеприёмные гильзы и лайнеры, полностью подготовленные к установке на протез.

Механизм работы допированного графена с ионами серебра

Допирование графена бором и азотом: зачем это нужно

Допирование — целенаправленное введение гетероатомов в sp^2 -решётку графена — является ключом к превращению инертной углеродной поверхности в активную платформу для закрепления функциональных компонентов. Атом бора, имеющий на один электрон меньше, чем углерод, при замещении создаёт акцепторные (р-тип) уровни и зоны с положительной плотностью заряда. Атом азота, напротив, обладает более высокой электроотрицательностью (3,04 против 2,55 у углерода) и привносит донорные (п-тип) электронные состояния. Совместное В,N-содопирование

формирует мозаику электронно-различных участков решётки, что критически важно для дальнейшей функционализации.

Экспериментальные и теоретические расчёты подтверждают, что допирование создаёт многочисленные активные центры с изменённой локальной зарядовой и спиновой плотностью углеродной сети. Именно эти центры становятся точками нуклеации и прочной привязки наночастиц металлов. Допированный графен обеспечивает значительно более сильное взаимодействие с наночастицами серебра по сравнению с недопированным аналогом, что повышает стабильность всей системы.

Ключевой эффект допирования

Введение гетероатомов в структуру графена усиливает адгезию наночастиц металла к графеновой поверхности, что способствует росту их каталитической активности и долговременной стабильности. В таких гибридах наночастицы серебра выполняют также функцию разделителей (спейсеров), препятствуя агрегации графеновых слоёв и тем самым сохраняя высокую удельную поверхность материала.

Важным следствием допирования бором является стабильность электрических свойств полученного материала. В отличие от N-допированного графена, электрические характеристики которого чувствительны к адсорбции кислорода и воды из атмосферы, В-допированные наноструктуры демонстрируют надёжные и воспроизводимые свойства вне зависимости от условий окружающей среды. Это делает их особенно пригодными для медицинских изделий, работающих в условиях повышенной влажности и биологически активных сред.

Синергия графена и серебра: антибактериальный механизм

Антимикробное действие гибридного материала на основе графена и серебра обусловлено комбинированием двух различных путей уничтожения бактерий.

Острые края графеновых наночастиц действуют как микроскальпели: при соприкосновении с бактериальной оболочкой они механически нарушают её целостность, разрывают мембрану и проникают внутрь клетки. Параллельно наночастицы серебра продуцируют реактивные формы кислорода, запуская окислительный стресс. При этом серебро воздействует на клетку комплексно: подавляет работу дыхательной цепи, связывается с молекулами ДНК, дезактивирует ферменты, отвечающие за энергетический обмен, и разрушает дисульфидные связи в структуре белков.

Именно многоцелевой механизм действия серебра делает развитие бактериальной резистентности крайне затруднительным — в отличие от традиционных антибиотиков, воздействующих, как правило, на одну мишень. Экспериментальные данные подтверждают: нанокompозит rGO-Ag при концентрации 100 мкг/мл значительно более эффективен против *S. aureus*, *E. coli* и *P. mirabilis*, чем каждый из компонентов по отдельности. Скорость подавления патогенов у нанокompозита превышает таковую у системного антибиотика нитрофурантоина.

Важно, что графеновая подложка выполняет не только роль носителя: она обеспечивает иммобилизацию серебра, предотвращая его агломерацию и неконтролируемое высвобождение, что повышает безопасность материала для клеток человека. Композит GO-Ag подавляет рост *E. coli* на 88,6%, *S. aureus* на 79,6%, *S. epidermidis* на 76,5% и *Candida albicans* на 77,5%, одновременно предотвращая формирование биоплёнок.

Роль нитрида бора: теплопроводность и скользкость

Нитрид бора (hBN), также называемый «белым графеном», играет в композите двойную роль. Во-первых, его введение совместно с графеном обеспечивает эффективные пути фононного транспорта: гибриды RGO-hBN в силиконовой матрице демонстрирует теплопроводность значительно выше, чем при использовании каждого наполнителя по отдельности. Наночастицы серебра, осаждённые на нитриде бора, обеспечивают сшивку между соседними листами BN, формируя непрерывную теплопроводящую сеть. При



Рис. 3. Пористая структура композита при увеличении

содержании AgNPs всего 2,5% от массы BN теплопроводность композита возрастает примерно на 184%.

Второе важное свойство гексагонального нитрида бора (hBN) — аномально низкая фрикционная способность. Данная характеристика позволяет повысить гладкость как наружной поверхности силикона, так и стенок внутренних капилляров, что способствует более лёгкому перемещению жидкости по сети ориентированных каналов.

Кроме того, hBN проявляет эффект блокировки электронов: в паре с графеном он значительно подавляет перенос заряда между графеновыми слоями. Для композита BN-графен/силикон с содержанием наполнителя 10 масс.% теплопроводность возрастает на 475% относительно чистого силикона, при этом высокое удельное объёмное сопротивление сохраняется. Благодаря этому удаётся изготавливать конструкции, которые хорошо отводят тепло, но остаются электрически изолированными.

Свойства композитного материала

Для изготовления заготовки будущего изделия, компоненты поставляются в виде отдельных составов, которые предназначены для механического смешивания и не требуют специального оснащения. В качестве связующего используется литьевой силикон с низкотемпературным отверждением на платиновом катализаторе. Наполнитель представляет собой высококочистый наноразмерный графен (преимущественно двух- и трёхслойная гофрированная структура без острых кромок и без включений оксида графена), легированный бором и азотом с осаждёнными на его поверхность ионами серебра. Для улучшения антифрикционных свойств внутренней пористой структуры в состав дополнительно введён нитрид бора.

Механические характеристики

Кожа вместе с мягкими тканями представляет собой среду, обладающую свойствами одновременно жидкости и твёрдого тела. Силиконовая матрица композита обладает аналогичной реологией: при нагрузке сдвигается вместе с кожей без изменения объёма, а при снятии — возвращается в прежнюю форму. Введение допированного графена повышает модуль упругости и прочность на разрыв, сохраняя эластичность для конформного облегания культы. Варьируя содержание наполнителя и степень поризации, можно целенаправленно задавать жёсткость — от мягких лайнерных составов до жёстких гильз для высоких нагрузок.

Организованная пористость: три вида пор

Капиллярные поры — основные каналы транспорта жидкости конусной структуры. В объёме силикона соединяются со «складками» в «чешуйках» графена, образуя нанопоры. Обеспечивают однонаправленный транспорт пота от кожи к внешней поверхности.

Каплевидные микропоры — обладают мембранной-

Свойство	Характеристика композита
Матрица	Литьевой силикон на платиновом катализаторе, низкотемпературное отверждение
Наполнитель	B,N-допированный графен (2–3 слоя, «гармошка»), ионы Ag, нитрид бора
Пористость	Три типа: капиллярные, каплевидные микро- и нанопоры
Паропроницаемость	Однонаправленная: от кожи наружу (градиент T и давления)
Бактерицидность	Постоянная, синергия графен+Ag; ионы не вымываются
Биосовместимость	Тканевая и гемосовместимость, физиологическая инертность
Теплопроводность	Рост до 475% за счёт гибрида BN-графен
Адсорбция	Тяжёлые металлы на B,N-допированном графене; органика в порах
Технологичность	Смешивание без спецоборудования; литьё, формование, 3D-печать

ми свойствами: накапливают пот, обеспечивают его испарение в массе материала и вывод газообразных продуктов наружу.

Нанопоры — формируются в складках графеновых «чешуек». Служат зонами адсорбции тяжёлых металлов за счёт активных центров, созданных B,N-допированием. Тяжёлые металлы нестойко присоединяются к поверхности допированного графена и удаляются при промывке.

Однонаправленность транспорта основана на градиенте температур между поверхностью кожи и внешней стороной конструкции, а также на разнице парциального давления. Отвод пота осуществляется за счёт естественных физических механизмов без дополнительных устройств.

Бактерицидность и биосовместимость

Газопроницаемость, химическая стойкость, физиологическая инертность, тканевая и гемосовместимость силиконовой матрицы на платиновой основе доказаны многолетней практикой. В новом композите ионы серебра «пришиты» к допированному графену через активные центры, созданные B,N-допированием. Благодаря усиленной адгезии ионы серебра прочно удерживаются на поверхности графена и не вымываются при ежедневной эксплуатации и обработке специальным моющим средством.

Многоцелевой бактерицидный механизм обеспечивает постоянную защиту от широкого спектра грамположительных и грамотрицательных бактерий, грибков и вирусов. Микро- и наноразмерная шероховатость поверхности стимулирует отторжение омертвевшего эпидермиса и в сочетании с ионами серебра создаёт эффект обновления кожи.

Преимущество перед антибиотиками

Серебро атакует бактерию по нескольким направлениям одновременно — блокирует дыхание, связывается с ДНК, инактивирует ферменты, разрушает белковые структуры. Это делает развитие бактериальной резистентности крайне затруднительным, в отличие от традиционных антибиотиков, воздействующих на одну мишень.

Практическое применение в протезировании

Протез конечности — частичный экзоскелет, защитный панцирь для культы с прикреплённым исполнительным устройством. Культеприёмная гильза «переворачивает» кость как опору, выводя её поверх мягких тканей. При этом функции живых тканей — амортизация, терморегуляция, паропроницаемость — должны сохраняться.

Лайнер нового поколения

Лайнер — переходный слой между кожей и гильзой. Классические силиконовые лайнеры не справляются с отводом пота: жидкость скапливается между кожей и лайнером, нарушает адгезию, провоцирует натирание и создаёт среду для патогенов. Новый поризованный композит решает проблему комплексно: система направленных пор адсорбирует пот, ионы серебра на допированном графене дезактивируют его, а продукты испарения выводятся наружу. Полный механический контакт лайнера с кожей сохраняется — силикон движется вместе с кожей, исключая проскальзывание.

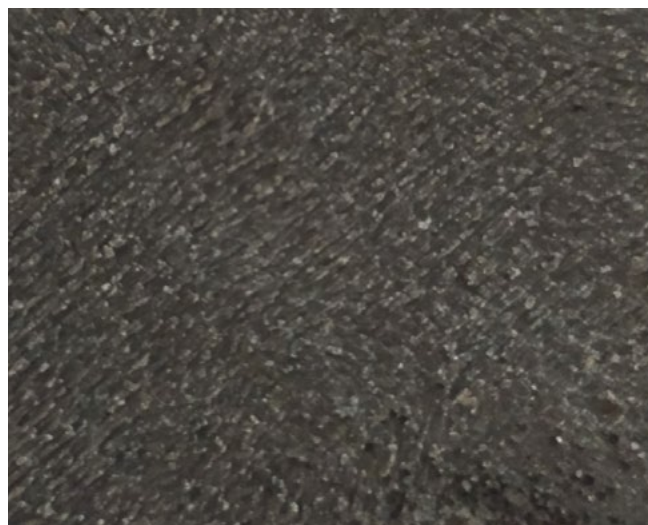


Рис. 4. Поверхность поризованного композита: текстура контактного слоя

Культеприёмная гильза

Для жёсткой гильзы создан конструктивный вариант с повышенным содержанием допированного графена для высоких нагрузок. Материал позволяет полностью отказаться от ортокриловых смол и углеродного волокна. Многослойная монолитная конструкция даёт возможность изготовить полностью готовую к монтажу гильзу, интегрирующую лайнер и несущую оболочку в едином технологическом цикле.

Обслуживание

Разработано специальное моющее средство профессионального класса для промывки пор, дезактивации тяжёлых металлов, удаления продуктов распада бактерий, грибков и токсинов. Ионы серебра при обработке не вымываются, сохраняя бактерицидные свойства на протяжении всего срока службы.

Преимущества для пациента и протезиста

- **Самоочищающийся лайнер.** Пот адсорбируется, дезактивируется и выводится через направленные поры без скопления жидкости между кожей и протезом. Исключается главная причина дискомфорта и деградации культи.
- **Защита от инфекций без антибиотиков.** Постоянная бактерицидная, противогрибковая и антивирусная активность за счёт синергии графена и серебра. Многоцелевой механизм не позволяет патогенам развить резистентность.
- **Длительный срок службы.** Ионы серебра прочно связаны с допированным графеном через активные центры и не вымываются при ежедневной обработке. Адсорбционная ёмкость пор восстанавливается промывкой.
- **Комфорт при ношении.** Силиконовая матрица движется вместе с кожей. Повышенная теплопроводность (BN-графеновый гибриды) предотвращает перегрев. Нитрид бора обеспечивает скользкость, облегчая надевание протеза.
- **Регенерация кожи.** Микрорельеф поверхности стимулирует обновление эпидермиса, а ионы серебра поддерживают эффект «молодой кожи».
- **Доступность технологии.** Изготовление не требует специального оборудования: механическое смешивание двух компонентов доступно в обычном протезном центре. Это кардинально снижает стоимость и упрощает процесс протезирования.

Перспективные направления применения

- **Ортопедия и реабилитация.** Ортезы, бандажи, корректирующие устройства с активным отводом влаги и бактерицидной защитой для длительного ношения в любых климатических условиях.
- **Раневые повязки.** Контролируемое антибактериальное действие серебра в биосовместимой

силиконовой матрице для лечения хронических ран, трофических язв и ожоговых поверхностей.

- **Имплантируемые сенсоры.** Перколяционная сеть допированного графена в силиконе создаёт предпосылки для встроенного мониторинга давления, температуры и влажности в зоне контакта протеза с кожей.
- **Тканевая инженерия.** Управляемая пористость и биосовместимость позволяют создавать скаффолды для регенерации мягких тканей с электростимуляцией через графеновую сеть.
- **Гибкая электроника и робототехника.** Пьезорезистивные свойства композита применимы для «электронной кожи» роботизированных протезов, обеспечивающей обратную связь по давлению и деформации.
- **Термоинтерфейсные материалы.** Гибрид BN-графен в силиконе обеспечивает высокую теплопроводность при электрической изоляции для систем охлаждения электроники нового поколения.
- **Антибактериальный текстиль.** Покрывания для медицинских тканей и униформы на основе нанокompозита графен-серебро.
- **Очистка воды.** Адсорбция тяжёлых металлов на B,N-допированном графене с одновременной антибактериальной обработкой для портативных систем фильтрации.
- **Энергетика.** Анодные материалы для литий-ионных аккумуляторов на основе наночастиц серебра на B-допированном графене, демонстрирующие высокую обратимую ёмкость и стабильность циклирования.

Заключение

Разработанный поризованный композит на основе силикона, графена (допированного бором и азотом), ионов серебра и нитрида бора является принципиально новым материалом, чья научная состоятельность подкреплена многочисленными рецензируемыми работами. Введение атомов бора и азота в структуру графена обеспечивает надёжную фиксацию ионов серебра, неизменность электрофизических характеристик и высокую сорбционную способность. Совместное действие антимикробных факторов графена и серебра даёт результат, превышающий эффективность каждого из них по отдельности, и по скорости уничтожения микроорганизмов не уступает антибиотикам системного действия. Нитрид бора, в свою очередь, обеспечивает материалу теплопроводность, низкое трение и диэлектрические свойства.

В совокупности перечисленные научные решения нашли воплощение в практически полезном материале, который уже используется в области протезирования конечностей. Процесс его получения не требует специального оснащения и может быть реализован в любом типовом протезном центре. Широкий круг потенциальных областей применения — от медицинских повязок и датчиков до энергетических устройств и очистки воды — демонстрирует, что данный композит может служить многофункциональной платформой как для медицины, так и для технических отраслей. **КМ**



КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Восемнадцатая международная специализированная выставка

22 - 24 апреля 2026



Россия, Москва, МВЦ «Крокус-Экспо»,
павильон 3, зал 13

Основные разделы выставки:

- Сырье для производства композитных материалов, компоненты: смолы, добавки, термопластики, углеродное волокно и т.д.
- Наполнители и модификаторы
- Стеклопластик, углепластик, графитопластик, базальтопластик, базальтовые волокна, древесно-полимерный композит (ДПК) и т.д.
- Полуфабрикаты (препреги)
- Промышленные (готовые) изделия из композитных материалов
- Технологии производства композитных материалов со специальными и заданными свойствами
- Оборудование и технологическая оснастка для производства композитных материалов
- Инструмент для обработки композитных материалов
- Измерительное и испытательное оборудование
- Сертификация, технический регламент
- Компьютерное моделирование
- Утилизация

Специальный раздел:
КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ



выставка участник системы



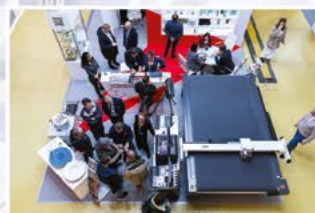
независимый выставочный аудит

Параллельно проводится выставка:



ПОЛИУРЕТАНЭКС

Семнадцатая международная специализированная выставка
www.polyurethanex.ru



Информационная поддержка:



Дирекция:

Выставочная Компания «Мир-Экспо»
Россия, Москва, Варшавское шоссе, дом 118, корпус 1, помещение 1/5
Телефоны: 8 800 333-78-25, 8 (495) 137-78-25
E-mail: info@composite-expo.ru | Сайт: www.composite-expo.ru

YouTube youtube.com/user/comproexporusia @comproexporus

Telegram-канал «Композиты»

@compro



Организатор:



Гладунова О. И.
Христофоров Д. Е.
СПбГУПТД
sutd.ru

Полимерные темплаты как средство направленного формирования пористой структуры углеродных материалов

Пористые углеродные материалы (ПУМ) представляют собой значимый класс функциональных систем, востребованных в разных областях техники — от роли подложек для катализаторов и высокоэффективных фильтров для жидкостей и газов до применения в качестве теплоизоляционных барьеров и электродных компонентов.

Одним из современных методов создания пористых углеродных материалов является метод темплатного синтеза (или «метод отливки по шаблону»), который позволяет точно воспроизводить заданную архитектуру пор в изделии на макро- и микроуровне. Метод темплатного синтеза подразумевает формирование материала в окружении структурообразующих агентов, известных как темплат, где шаблон служит центральным элементом для нанесения углеродсодержащего прекурсора, причем последующее устранение этого шаблона приводит к образованию в материале полостей, чьи морфологические и стереохимические характеристики копируют исходный темплат, а выбор подходящего шаблона напрямую определяет пористую структуру конечного углеродного материала. В качестве темплатов могут применяться органические вещества — полимеры в различной форме (порошковой, волокнистой, 3d структур), разлагающиеся при высокой температуре, и неорганические минеральные порошки (силикаты и др.). Полимерные темплаты позволяют создавать мезо- и макропористые структуры с высокой степенью однородности. Более жесткий контроль размера пор (до 50 нм) и их геометрии достигается при использовании неорганических темплатов.

Для получения пористого углеродного материала исходным углеродсодержащим прекурсором (например, фурфурольными или фенолформальдегидными смолами) пропитывают пространство предварительно сформированного темплата. Затем полученную заготовку карбонизируют в инертной среде в инертной атмосфере при высоких температурах (обычно от 700 до 1000 °С), при этом происходит плавление/пиролиз

шаблона с образованием соответствующих полостей, а углеродсодержащий прекурсор преобразуется в углеродный каркас, являющийся негативным отпечатком исходной структуры. В случае использования неорганических темплатов углеродный прекурсор осаждается внутри каналов или полостей жесткого минерального шаблона, а после карбонизации и получения углеродного каркаса неорганический шаблон вытравливается химическими реагентами.

Отдельно стоит выделить метод с использованием двойных темплатов (полимер/неорганический), позволяющий создавать иерархические структуры, сочетающие микропоры, мезопоры и макропоры, что критически важно для задач суперконденсаторов, аккумуляторов, адсорбции газов и катализа. Ключевыми преимуществами полимерных темплатов являются простота удаления и возможность формирования макропористых каркасов с сообщающимися порами, тогда как неорганические темплаты обеспечивают превосходную термическую стабильность, узкое распределение пор по размерам и кристаллоподобную упорядоченность. Основные недостатки связаны с многостадийностью процесса, необходимостью агрессивного травления для неорганических матриц и ограничениями по толщине углеродного слоя.

Современные тенденции разработок в области темплатного синтеза пористых углеродных материалов направлены на повышение экологичности процесса, удешевление конечного продукта (использование альтернативных прекурсоров для получения углеродного каркаса — лигнина, пеков и др.), создание иерархических пористых структур и интеграцию метода с аддитивными технологиями.

Таким образом, темплатный синтез открывает путь к созданию углеродных материалов с предсказуемым дизайном пористой структуры, что позволяет независимо регулировать такие ключевые характеристики, как удельная поверхность, распределение пор по размерам и их геометрическая конфигурация. Такая степень контроля принципиально важна

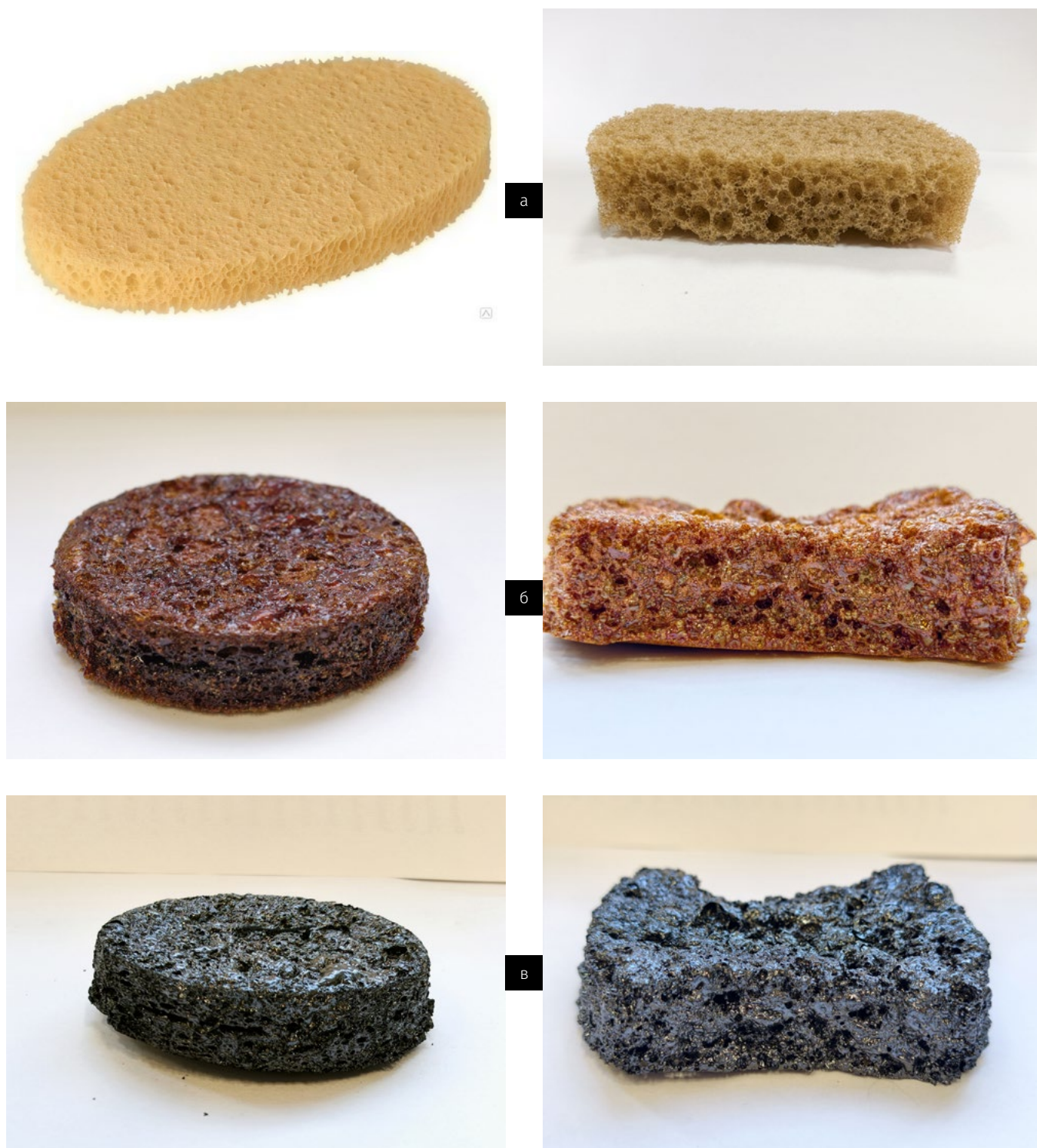


Рисунок 1. Основные этапы получения ПУМ путем темплатного иснтеза:
 а) 3d каркасный темплат (шаблон), б) полимер-полимерный композит после пропитки темплата фенольным связующим,
 в) готовый ПУМ после выжигания темплата и карбонизации фенольной матрицы

для фундаментальных исследований взаимосвязи «структура-свойство» и для промышленного производства углеродных материалов с оптимальными параметрами под конкретное применение.

На кафедре наноструктурных волокнистых и композиционных материалов им. А.И. Меоса (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна) ведутся исследования в области получения пористых углеродных материалов с использованием органических темплатов. В отличие

от методов, требующих агрессивного химического травления неорганических шаблонов из углеродного блока, данный подход основан на применении пиролизирующихся в процессе карбонизации порошкообразных и гранулированных полимеров, а также полимерных губчатых трехмерных каркасов в качестве легко удаляемых структурообразующих агентов.

Темплатами выступают доступные промышленно выпускаемые термопластичные полимеры и материалы на их основе: сверхвысокомолекулярный полиэтилен



Рисунок 2. В качестве темплатов могут выступать некоторые термопластичные полимеры:
 а) полиамид (ПА), б) сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ), в) поливиниловый спирт (ПВС), г) ПЭТ флекса

(СВМПЭ), поливиниловый спирт (ПВС), полиэтилен-терефталат (ПЭТ), полиамид (ПА), полиуретан (ПУ). Выбор этих материалов обусловлен их термической стабильностью в заданном диапазоне температур (температурах сшивки фенольного связующего), химической инертностью по отношению к углерод-содержащим прекурсорам, а также способностью к полному разложению при нагреве выше 400–500°С без образования коксовых остатков, что обеспечивает формирование чистой пористой структуры.

Технологическая схема включает следующие этапы: смешение (мокрое — спиртовым раствором, или сухое) углеродного прекурсора (фенольной смолы) с полимерным шаблоном, формование полимер-полимерного композита (прессование, экструзия, заливка), термическая обработка заготовки в инертной атмосфере (азот) при температуре 800–1000°С с сопутствующим выжиганием полимерного темплата и карбонизацией фенольной матрицы.

Ключевым результатом является возможность направленного регулирования пористости и размера пор в широких пределах. В зависимости от объемной доли полимерного темплата в исходной смеси пористость конечного углеродного материала варьируется от 50 до 90%. Такая высокая пористость (до 90%) характерна для структур с сообщающимися-

ся макропорами, близкими к пеноподобным или губчатым материалам. Размер пор, определяемый фракционным составом полимерного порошка или гранул, может быть настроен от 100 микрон до 4–5 миллиметров (при введении крупных гранул). Это перекрывает диапазон от тонких макропор до каналов и полостей, видимых невооруженным глазом. Важно отметить, что форма пор наследуется от формы исходных полимерных частиц. При использовании сферических гранул СВМПЭ или ПА формируются изолированные или частично сообщающиеся сферические полости, тогда как применение дробленых частиц ПЭТ с неправильной формой создает поры сложной, часто щелевидной конфигурации. А при получении пористого материала по объемному непрерывному темплату создается единая система нитевидных пор (каналов).

Необходимо отметить, что форма, размер и природа темплата напрямую влияет на свойства конечного углеродного продукта. Так в таблице 1 представлены экспериментальные данные, иллюстрирующие влияние природы полимерного темплата на некоторые характеристики получаемых пористых углеродных материалов, отражающие характер внутренней структуры ПУМа — общую пористость, объем сорбционного

Таблица 1. Свойства некоторых образцов ПУМ, полученных темплатным методом

Тип темплата	Пористость, %	Объем сорбционного пространства по толуолу, см ³ /г	Маслоемкость, %
3d полиуретановый каркас	90	0,015	5,3
Гранулы полиамидные	80	0,015	5,1
Порошок СВМПЭ	75	0,050	1,2
Флекса полиэтилентерефталата	70	0,060	1,0
3d целлюлозный каркас	65	0,090	0,7

пространства по толуолу (малые по размеру поры) и маслоемкость (крупные поры, полости, каналы).

Анализ приведенных результатов показывает, что максимальная пористость (90%) была достигнута при использовании трехмерного полиуретанового каркаса в качестве темплата. Однако, несмотря на высокую пористость, данный материал демонстрирует наименьший объем сорбционного пространства по толуолу — всего 0,015 см³/г, что свидетельствует о преобладании крупных макропор и каналов и, как следствие, невысокой удельной поверхности материала в целом. Маслоемкость при этом составляет 5,3% — самая высокая величина из представленных в таблице — поскольку такие крупные полости обеспечивают более свободное насыщение материала вязкими органическими жидкостями.

Близкие значения сорбционной емкости по толуолу (0,015 см³/г) и маслоемкости (5,1%) демонстрирует углеродный материал, полученный с использованием крупно-гранулированного полиамидного темплата при пористости 80%, поскольку полиамидные гранулы формируют поровую структуру, с преобладанием крупных сферических сообщающихся полостей.

ПУМы, полученные с использованием мелкодисперсного порошка СВМПЭ и флексы ПЭТ (чешуйчатой структуры) при более низкой общей пористости (75 и 70% соответственно) показывают значительно высокий объем сорбционного пространства по толуолу — 0,050 и 0,060 см³/г, что в 3–4 раза превышает показатели предыдущих материалов. Маслоемкость при этом снижается до 1,2% для СВМПЭ и 1,0% для ПЭТ. Такое соотношение характеристик указывает на формирование более мелких и развитых пор, эффективно удерживающих толуол, но менее склонных к поглощению вязких масляных жидкостей.

Наибольший объем сорбционного пространства по толуолу (0,090 см³/г) зафиксирован для образца, полученного с использованием трехмерного целлюлозного каркаса, при минимальной среди представленных образцов общей пористости (65%).

Маслоемкость при этом составляет всего 0,7%. Данный результат позволяет заключить, что целлюлозный темплат формирует преимущественно мелкопористую структуру с более высокой удельной поверхностью, большим сродством к низкомолекулярным органическим соединениям (толуолу) и низкой доступностью для крупных молекул масляных компонентов.

Представленные результаты подтверждают, что метод темплатного синтеза с использованием полимерных шаблонов является перспективным и технологически гибким инструментом создания пористых углеродных материалов с заданной архитектурой пор. Варьируя природу, форму и размер полимерного темплата (от тонкодисперсных порошков до трехмерных каркасов), можно в широких пределах управлять общей пористостью (от 65 до 90%), размером пор и соотношением крупных макрополостей к мелкопористой фракции. Это позволяет направленно формировать материалы либо с высокой маслоемкостью, либо с развитой сорбционной способностью по отношению к низкомолекулярным органическим соединениям.

Благодаря простоте удаления полимерного шаблона (без агрессивного химического травления), доступности исходных полимеров и возможности масштабирования, метод открывает широкие перспективы для промышленного производства углеродных материалов, настраиваемых под конкретные задачи. Основные области применения таких ПУМ включают: сорбционную очистку воды и воздуха от нефтепродуктов и летучих органических соединений, создание носителей катализаторов, электродных материалов для суперконденсаторов и аккумуляторов, а также теплоизоляционных и фильтрующих элементов. Дальнейшее развитие метода связывается с использованием альтернативных углеродных прекурсоров (лигнин, пеки) и интеграцией с аддитивными технологиями для создания иерархических пористых структур. **KM**

Отраслевые мероприятия 2026

14–16 апреля

HI-TECH 2026 — международная выставка инноваций и конкурс научных разработок, Санкт-Петербург | hitech-expo.ru

Петербургская техническая ярмарка, Санкт-Петербург | ptfair.ru

22–24 апреля

Композит-Экспо — международная выставка: композитные материалы, технологии производства, оборудование, изделия из композиционных материалов
Москва | www.composite-expo.ru

Полиуретанэкс — международная выставка: полиуретаны, полиуретановые материалы, технологии производства, сферы использования
Москва | www.polyurethanex.ru

10–11 июня

SLS Russia — маломерное и малотоннажное судостроение России
Калининград | sls.restec.ru

16–19 июня

Rosplast — специализированная выставка сырья, оборудования и технологий для производства изделий из пластмасс
Москва | rosplast-expo.ru

Rosmould & 3D-TECH — специализированная выставка формообразующей оснастки, Аддитивные технологии и 3D-печать, Москва | rosmould.ru

16–19 июня

Techtextile, Techcomposite, Techpolymer 2026 — 22-я Международная межотраслевая выставка технического текстиля, композитных материалов, полимеров и оборудования для их производства и обработки, Москва | tech-textile.ru

5–10 июля

Международная научно-практическая конференция
«Новые полимерные композиционные материалы»
п. Эльбрус, Кабардино-Балкария | npcm-conference.ru

7–11 сентября

Всероссийская конференция **«Актуальные проблемы создания бронезащитных и конструкционных композитных материалов и изделий»**
Республика Крым | www.guraran.ru

14–16 октября

Выставка **«Полимеры и композиты»**
Беларусь, Минск | polymerexpo.by

22–24 октября

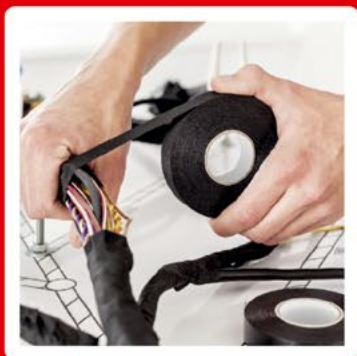
Международный форум-выставка
«Российский промышленник»
Санкт-Петербург | promexpo.expoforum.ru

ноябрь

Петербургский Международный Научно-промышленный Композитный Форум
Санкт-Петербург | www.cclspb.ru

FORIN

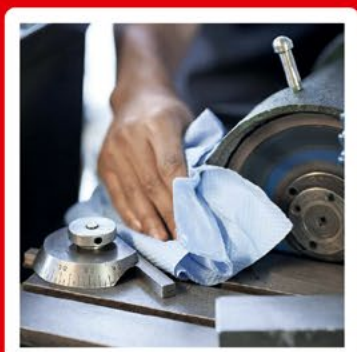
НАДЕЖНЫЕ РЕШЕНИЯ
ДЛЯ ВАШЕГО БИЗНЕСА



КЛЕЙКИЕ И ИЗОЛЯЦИОННЫЕ
ЛЕНТЫ



КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ



ПРОТИРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ
ЗАЩИТЫ



РАЗМЕТОЧНЫЕ
И ПРОТИВОСКОЛЬЗАЮЩИЕ ЛЕНТЫ





**КОМПОЗИТ
ИЗДЕЛИЯ**



ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ ДИЛЕРОВ



 cp-vm.ru
 +7 499 281 66 37
 info@cp-vm.ru

АНКЕТА ДИЛЕРА

119435, г. Москва,
пер. Б. Саввинский, 12с8