

# КОМПОЗИТНЫЙ МИР

#3 (116)  
2026**КОМПОЗИТ  
ИЗДЕЛИЯ**

## ЛИНЕЙКА ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ РЕЗИКАРБ

**ШИРОКИЙ  
ВЫБОР**под любые задачи  
композитного  
производства**СТАБИЛЬНОЕ  
КАЧЕСТВО**строгий контроль  
на всех этапах  
производства**ВЫСОКАЯ  
СОВМЕСТИМОСТЬ**с различными  
наполнителями**ОПТИМАЛЬНЫЕ  
СВОЙСТВА**прочность, адгезия,  
термо- и  
зимостойкость**СДЕЛАНО В РОССИИ****АВИАЦИЯ****ТРАНСПОРТ****ЭНЕРГЕТИКА****СУДОСТРОЕНИЕ****КОСМОС****СПОРТ**



# Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## Институт прикладной химии и экологии

Кафедра наноструктурных, волокнистых  
и композиционных материалов (НВКМ)  
имени А. И. Меоса



Кафедра НВКМ приглашает выпускников средних школ, гимназий, лицеев, профессионально-технических училищ, колледжей на обучение с профилированием студентов в следующих областях знаний:

### Направление «Химическая технология»

**Бакалавры:** профиль подготовки «Наноинженерия, композиты и биоматериалы»

**Магистры:** профиль подготовки «Технологии получения полимерных композиционных и нанокomпозиционных материалов»

Студенты кафедры изучают:

- нанотехнологии и полимерные нанокomпозиты;
- химические волокна, в том числе углеродные, и материалы на их основе;
- полимерные композиционные материалы и технологии их получения;
- полимеры и биоматериалы в медицине;
- полимерные материалы в экологии;
- современные инструментальные методы исследования полимеров, волокон и композиционных материалов

На кафедре НВКМ осуществляется также подготовка в аспирантуре кадров высшей квалификации по направлению «Химическая технология», профиль подготовки: «Технология и переработка полимеров и композитов»

Студенты и аспиранты кафедры ежегодно участвуют в различных международных и всероссийских конференциях, проходят стажировки и практику на предприятиях отрасли.



**Получи востребованную  
профессию химика-технолога!**

191186, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 18, ауд. 212  
тел./факс: +7 (812) 315-06-92  
тел.: +7 (812) 315-02-56  
e-mail: [thvkm@yandex.ru](mailto:thvkm@yandex.ru)





В этом номере мы подводим промежуточные итоги года, который стал для отрасли поворотным. Еще пару лет назад главным вопросом на отраслевых мероприятиях было «как выжить?». Сегодня, оглядываясь вокруг, мы слышим другое: «как успеть?». Успеть нарастить мощности, освоить новые технологии, подготовить кадры, закрыть критические позиции по сырью. Этот номер — попытка зафиксировать тот самый момент, когда российская композитная индустрия перестала оглядываться на импорт и начала строить собственное будущее.

2026 год наглядно показывает: технологический суверенитет — не просто лозунг, а условие существования. Мы видим это на примерах, которые вошли в номер. «Росатом» строит новую линию углеволокна. Компания «ИТЕКМА» запускает серию высокотемпературных препрегов для ПД-8 и МС-21.

Но есть и тревожный сигнал. Как справедливо отметили на панельной сессии выставки «Техтекстиль/Техкомпозит», мы существенно отстаем в серийном производстве отечественных высокопрочных волокон — арамидов, СВМПЭ. Пока в Китае запускают линии мощностью 140 тысяч тонн за 16 месяцев, у нас уникальные, еще советские разработки годами не могут перешагнуть порог опытных установок. Если не решить этот вопрос, самые совершенные связующие останутся всего лишь полуфабрикатами без эффективных армирующих наполнителей.

Именно поэтому в этом выпуске мы ушли от общих рассуждений в сторону конкретики. Сегодня отрасли нужны не прогнозы, а работающие схемы.

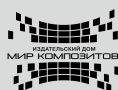
Вот лишь два примера. Пермские ученые выяснили: вмятина от удара птицы сокращает ресурс композитной детали в 14 раз. Это не лабораторный курьез, а готовый инструмент для авиаинженеров — как считать остаточный ресурс и не закладывать лишний вес «на всякий случай». Или исследование специалистов «Композит-Изделия»: они показали, что в SMC-материалах длина волокна решает всё. 2,5 см — для текучести и сложных форм, 5,0 см — для максимальной прочности. Никакой магии, только инженерия и цифры.

Еще одна сквозная тема номера — переработка углепластиков. Вопрос на вырост, но решать его надо уже сейчас. Пока промышленного рециклинга в России нет, но фундамент закладывается — в университетских лабораториях и на экспериментальных карбоновых полигонах.

Особенно радует молодежь. Конференция в ПРОМТЕХДИЗАЙН показала: студенты и аспиранты перестали делать «учебные» работы. Они выходят с готовыми прототипами для судостроения, авиации, энергетики. Именно эти ребята, занявшие призовые места за разработки радиопрозрачных покрытий и гибридных тканей, и есть наш главный стратегический ресурс. И индустрия это видит. В Казани за одним столом собрались Ростех, руководство Татарстана и два десятка вузов — чтобы обсуждать не меморандумы, а реальные проекты. Это и есть формула успеха.

**Читайте с пользой!**

*С уважением, Ольга Гладунова,  
старший преподаватель кафедры НВКМ*



Научно-популярный журнал  
**Композитный мир**  
**#3 (116) 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](http://www.compositeworld.ru)

**Директор:** Сергей Gladunov  
[gladunov@kompomir.ru](mailto:gladunov@kompomir.ru)

**Главный редактор:** Ольга Gladunova  
[o.gladunova@kompomir.ru](mailto:o.gladunova@kompomir.ru)

**Вёрстка и дизайн:**  
[design@compositeworld.ru](mailto:design@compositeworld.ru)

**По вопросам сотрудничества:**  
[info@kompomir.ru](mailto:info@kompomir.ru)

**По вопросам размещения рекламы:**  
[o.gladunova@kompomir.ru](mailto:o.gladunova@kompomir.ru)

Номер подписан в печать 20.07.2026

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

## Событие

Техтекстиль 2026:  
Форум инновационных  
материалов и технологий ..... 24

18-я международная выставка  
Композит-Экспо 2026 ..... 26

Композиты нового поколения:  
молодые учёные принимают вызов ..... 34

## Материалы

Зависимость свойств  
пресс-материалов на основе  
SMC-препрегов от длины волокна ..... 38

Инновационное высокотемпературное  
связующее для технологической  
оснастки «РЕЗИКАРБ МОЛД» ..... 42





## Технологии

Применение композитных материалов  
при ремонте технологических  
трубопроводов..... 46

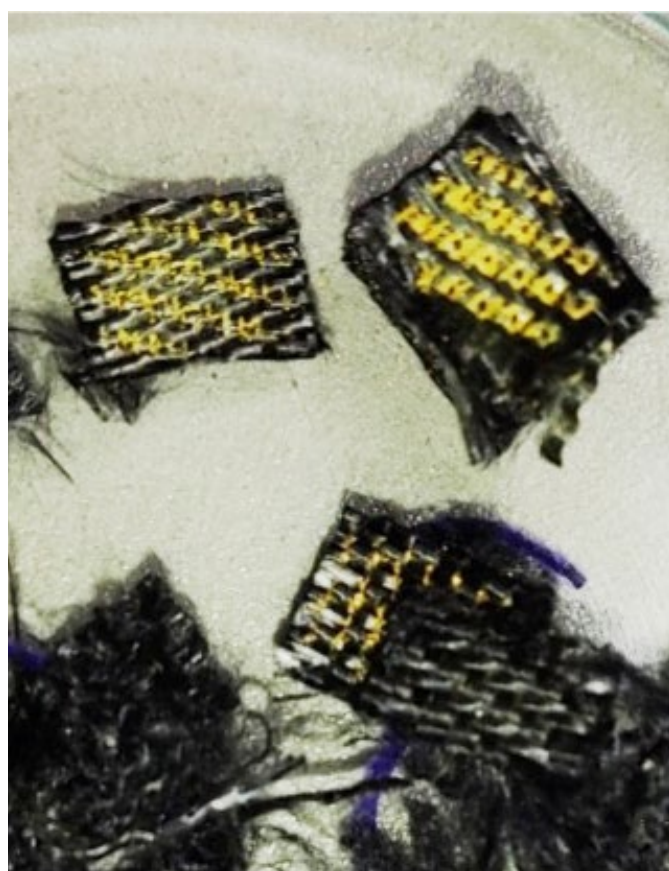
ООО «НПП «СВОИ КОМПОЗИТЫ».  
Материалы, механообработка  
и испытания — всё на одной площадке..... 48

Переработка углепластиков:  
проблемы рекуперации волокна  
и переход к экономике замкнутого цикла..... 50

## Применение

Сажа. Наноматериал через тысячелетия..... 54

Отраслевые мероприятия ..... 58





## «Татнефть» запустила первый в России цельнокомпозитный автодорожный мост

Компания «Татнефть» завершила реализацию первого в России автодорожного моста, полностью выполненного из композитных материалов. Объект был построен через реку Дымка в зоне ответственности НГДУ «Бавлынефть» и стал примером инновационного цикла от идеи до эксплуатации.

Проект начался с поручения раиса Татарстана Рустама Минниханова в 2021 году о разработке и строительстве моста с использованием композитов. В 2023 году Дмитрий Ерохин, сотрудник Центра технологического развития «Татнефти», представил свои наработки в рамках программы «Студенческий стартап» и получил грант в размере 1 млн рублей. После одобрения руководства компании он возглавил работы по созданию мостового перехода.

Новое сооружение обеспечило круглогодичное сообщение с производственными объектами «Бавлынефти», сократив путь для транспорта на 12 км. Масса композитного пролёта составляет около 25 тонн, что почти в два раза легче аналогичной железобетонной конструкции. Композитные материалы не подвержены коррозии и требуют минимальных затрат на эксплуатацию.

Пролётное строение было изготовлено на мощностях ООО «Татнефть-Пресскомпозит». После установки мост испытали колёсной нагрузкой, что подтвердило соответствие нормам несущей способности, и он рассчитан на дорожные нагрузки класса Н14.

В настоящее время «Татнефть» совместно с дорожными службами Татарстана рассматривает возможность применения композитных конструкций на других объектах, включая создание пешеходного моста с цельнокомпозитным пролётом.

[zur-kazan.ru](http://zur-kazan.ru)

## Представлен внешний вид кабины первого российского поезда для высокоскоростной магистрали

На заводе «Уральские локомотивы» завершился важный этап сборки высокоскоростного электропоезда для линии Москва — Петербург. Специалисты прове-



ли тестовую стыковку головного модуля и носового обтекателя, которые определяют аэродинамику и визуальный стиль будущего состава.

Помимо создания футуристического дизайна, эти детали решают важнейшие инженерные задачи. По словам специалистов, обтекатели снижают сопротивление воздуха, убирают лишний шум и экономят электричество. Так, головной модуль, выполненный из стеклопластика и металла, обеспечивает герметичность кабины машинистов на скорости до 400 км/ч. Носовая часть также получила специальный подвижный механизм для защиты сцепки от грязи и обледенения.

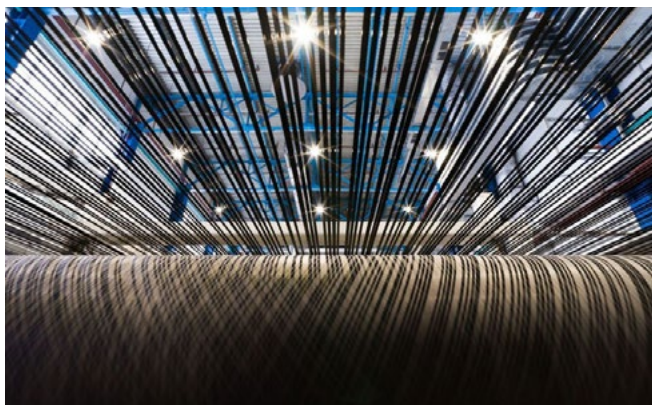
Конструкция носового модуля сочетает полимерные и металлические компоненты, включая статичный и подвижный каркасы, приводы и декоративные панели. Головной обтекатель выполнен из стеклопластика с металлическими закладными деталями, что позволяет добиться точного сопряжения с кузовом вагона и гарантировать надежную работу всех подвижных частей. Примерка — это не только проверка геометрии, но и важный этап подготовки к будущим испытаниям, где подтвердятся проектные параметры и эксплуатационные качества.

Важно отметить, что обтекатели уже окрашены в утвержденные цвета будущего поезда. Это не просто вопрос эстетики: дизайн выбран с учетом узнаваемости и современных тенденций в железнодорожном транспорте. По плану, первый российский высокоскоростной поезд сможет развивать скорость до 400 км/ч. Уже в 2027 году два первых состава отправятся на сертификационные испытания, а к 2030 году на маршруте Москва — Санкт-Петербург должно появиться 43 таких поезда.

[rosbalt.ru](http://rosbalt.ru)

## Композитный дивизион «Росатома» получил разрешение на строительство новой линии углеволокна

6 мая 2026 года управлением госэкспертизы и ценообразования Республики Татарстан по строительству и архитектуре получено положительное заключение на проект строительства новой производственной линии по выпуску углеродного волокна Композит-



ного дивизиона «Росатома». Новое производство рассчитано на выпуск широкой линейки углеволокна. Ориентировочный запуск запланирован на 2027-2028 год.

«Получение положительного заключения государственной экспертизы — важный этап в реализации проекта. Создание новой производственной линии позволит нам увеличить выпуск углеродного волокна, укрепить позиции Композитного дивизиона на российском рынке и обеспечить потребителей качественными материалами для решения широкого спектра промышленных задач. Мы последовательно развиваем производственную базу и создаем условия для дальнейшего роста отрасли композитов в России», — отметил генеральный директор Композитного дивизиона «Росатома» Александр Дмитриков.

Композитный дивизион госкорпорации «Росатом» — крупнейший производитель композитных материалов в России. Располагает масштабными мощностями от производства сырья до готовых изделий. Дивизион включает современный научно-исследовательский центр, промышленные производства ПАН-прекурсора, углеродного волокна, стекловолокна, тканей, препрегов, а также готовых изделий на их основе для различных отраслей промышленности.

[www.ruscable.ru](http://www.ruscable.ru)

### Корабль-невидимка из стеклопластика: экспортный тральщик «Александрит» представила ОСК

Объединённая судостроительная корпорация представила на Международном военно-морском салоне «Флот-2026» в Кронштадте противоминный корабль проекта 12701 «Александрит» в экспортном исполнении. Разработку выполнили специалисты конструкторского бюро «Алмаз» (входит в ОСК) на основе успешного проекта 12700.

Корабль предназначен для поиска, обнаружения и уничтожения мин и миноподобных предметов. Он обеспечивает противоминную оборону в прибрежной и ближней морской зонах, действуя самостоятельно или в составе корабельных тральных групп. На тральщике сформировали противоминный контур с гидроакустическими станциями, размещёнными



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](http://www.composite.ru)



[www.composite-shop.ru](http://www.composite-shop.ru)



как на самом корабле, так и на телеуправляемых и автономных подводных аппаратах. В корабль интегрировали мостиковую систему и главный командный пункт автоматизированной системы управления противоминными действиями.

Главная особенность — корпус из монолитного стеклопластика, созданный методом вакуумной инфузии. Это самый большой в мире композитный корпус такого типа. По сравнению со сталью, стеклопластик снизил массу конструкции, сохранив прочностные характеристики. Корабль не боится коррозии, а срок его службы при соблюдении норм эксплуатации практически не ограничен. Применение композиционных материалов также позволило понизить уровень физических полей — это критически важно при проведении минно-тральных операций.

При проектировании экспортного варианта конструкторы адаптировали корабль для эксплуатации в южных морях — в первую очередь в Красном и Средиземном, а также в Индийском океане. В периоды низкой вероятности минной угрозы корабли могут использоваться для охраны водного района и в учебных целях.

[www1.ru](http://www1.ru)

## Тяжелый кевлар уходит в прошлое? В Томске создают броню из алюминия и базальта

На протяжении последних пятидесяти лет кевлар оставался одним из символов современной индивидуальной защиты. Из него изготавливались бронезиловы, элементы бронетехники, авиационные панели и множество других изделий, где требовалось сочетание прочности и относительно небольшой массы. Однако у этого материала всегда был один серьезный недостаток — высокая стоимость. Сегодня российские ученые пытаются предложить альтернативу.

В Томском государственном университете создали бронезащитный материал нового поколения, способный изменить привычные стандарты. Первые испытания показали, что бронезиловы из нового материала могут стать в два-три раза легче, а их стоимость снизится в полтора-два раза. Композит подходит не только для защиты людей, но и для наземной, воздушной и морской техники, повышая мобильность, топливную эффективность и полезную нагрузку.

Материал создается из деформируемых алюминиевых сплавов, базальтовой ткани и полимерной связки. Получается уникальный «сэндвич» — прочная алюминиевая основа и эластичные прослойки, рассеивающие удар и равномерно распределяющие нагрузку. Испытания подтвердили, что композит выдерживает динамические воздействия, обеспечивая защиту уровня Бр3 — базового класса против автоматного оружия. Плотность алюминия всего 2,7 г/см<sup>3</sup>, что почти в два-три раза легче титана и стали, а использование базальта делает производство экономичным и доступным.

Бронепластина размером 250×350 мм стоит в полтора-два раза меньше аналогичного кевларового изделия. Материал легко масштабируется для бронетехники: вес броневоего покрытия можно снизить на 30–40%, а для самолетов Су-24 и Су-35 замена титана алюминиевым композитом сокращает нагрузку на сотни килограммов без потери защитных свойств.

Сейчас команда ТГУ анализирует результаты испытаний и создает математическую модель для расчета оптимальной конфигурации композита под конкретные задачи. Диапазон классов защиты — от Бр1 до Бр6, практически неприступного для любого стрелкового оружия. В планах — программный комплекс, который позволит рассчитывать количество слоев, их толщину и вес, адаптируя броню под конкретные условия. Следующий шаг — подтверждение классов защиты в аккредитованной лаборатории и выход на сотрудничество с производителями.

Разработка ФТФ ТГУ входит в работу Научного центра мирового уровня «Новые материалы специального назначения», объединяющего технологии композиционных, высокоэнергетических и биомедицинских материалов, а также инструменты искусственного интеллекта для их проектирования. Она демонстрирует, как инновации в материалах делают защиту людей и техники одновременно легче, прочнее и доступнее.

[science.mail.ru](http://science.mail.ru)

## Новые российские композиты для ПД-8, ПД-14 и МС-21 запущены в производство

Компания «ИТЕКМА» завершила разработку и запустила серийное производство полной линейки отечественных высокотемпературных композиционных



материалов — для ключевых программ российского авиастроения (ПД-8, ПД-14, МС-21-310).

Разработка велась при поддержке Центра поддержки инжиниринга и инноваций (ЦПИИ) на полностью отечественном оборудовании, созданном с нуля. Новая линейка материалов будет использоваться при производстве силовых элементов планера, узлов «горячих зон» новых авиадвигателей (ПД-8 и ПД-14), а также для изделий ракетно-космической техники. Особенность разработки в том, что компания полностью контролирует производственную цепочку: и армирующая углеродная основа, и полимерные связующие выпускаются на собственных мощностях предприятия, что гарантирует стабильность свойств и независимость от внешних поставок.

В основе новых материалов лежат препреги — полуфабрикаты, из которых в дальнейшем формуруют готовые детали. Технология их получения достаточно сложна: это листы или ленты, изготовленные из высокопрочного углеродного волокна, пропитанного специальным полимерным связующим. Именно на стадии пропитки закладываются будущие свойства композита. По сути, препрег — это «полуфабрикат высшей степени готовности»: из него уже можно выкладывать детали сложной конфигурации, укладывая слои в специальную форму (оснастку) в определенной последовательности. Затем эту заготовку вакуумируют для удаления воздуха и отправляют в автоклав — огромную печь, работающую под высоким давлением. Под воздействием температуры и давления связующее полимеризуется, намертво скрепляя волокна и формируя монолитную деталь с выдающимися прочностными характеристиками. Диапазон рабочих температур новых препрегов впечатляет: они сохраняют эксплуатационные свойства в интервале от криогенных температур (до минус 190°C) до экстремального нагрева, достигающего плюс 450°C, что критически важно для деталей, работающих вблизи горячего тракта двигателя.

Широкий температурный диапазон достигнут благодаря использованию целого семейства полимерных матриц. Линейка включает три типа связующих, каждое из которых оптимизировано под свои задачи: эпоксидные, бисмалеимидные и инновационные фталонитрильные смолы. Фталонитрильные смолы особенно интересны тем, что позволяют получать композиты, способные длительно работать при температурах до плюс 350 °C, открывая новые возмож-

ности для конструкторов авиационных двигателей.

Сырьевую основу для производства препрегов обеспечивает компания «ЮМАТЕКС» (входит в госкорпорацию «Росатом»). Использование отечественного высокопрочного углеродного волокна позволяет обеспечить полную технологическую независимость всей производственной цепочки — от исходного сырья до готового композитного изделия.

Фактически поставки препрегов для программы МС-21 ведутся уже с 2023 года, и здесь применяются два принципиально разных технологических подхода, распределенных между разными предприятиями. Часть агрегатов производится по традиционной для препрегов технологии автоклавного формования. Этим методом на казанском предприятии «КАПО-Композит» изготавливают элементы механизации крыла — закрылки, предкрылки и другие подвижные поверхности. Технология автоклавного формования обеспечивает наилучшие физико-механические характеристики деталей и минимальную пористость материала, что критически важно для силовых элементов конструкции.

В то же время консоли крыла (основная несущая часть) и центроплан (центральная секция, соединяющая крылья с фюзеляжем) производятся на ульяновском предприятии «АэроКомпозит» по альтернативной технологии — методом вакуумной инфузии. В этом случае используется не препрег, а сухое углеродное волокно, которое укладывают в форму и затем пропитывают жидким полимерным связующим под вакуумом. Этот метод позволяет создавать крупногабаритные детали с меньшими затратами, хотя и предъявляет особые требования к контролю процесса пропитки.

Такое разделение технологий не случайно: разные зоны самолета предъявляют различные требования к методам изготовления, и сочетание двух подходов позволяет оптимизировать производство и снизить стоимость конечных изделий.

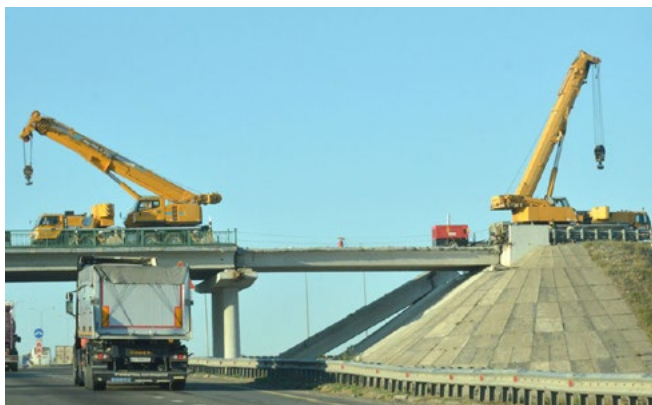
Появление отечественного производства высокотемпературных препрегов и освоение передовых методов формования — важно для материаловедения и отечественной авиапромышленности.

[tehnoomsk.ru](http://tehnoomsk.ru)

### **При реконструкции М-4 «Дон» применяют композитные карнизные блоки**

Композитные карнизные блоки, произведенные резидентом особой экономической зоны (ОЭЗ) «Технополис Москва», использовали при оснащении путепровода трассы М-4 «Дон» в Ростовской области.

«Резидент ОЭЗ Москвы выпускает изделия из новых материалов для строительной отрасли. Сегодня его продукцию применяют при возведении и реконструкции федеральных трасс, путепроводов и мостов. Производственная программа компании рассчитана на годы вперед. В том числе этому способствуют льготы, которые город предоставляет резидентам



ОЭЗ по поручению мэра Москвы Сергея Собянина. За последние годы предприятие расширило производственные площади более чем до 14 тысяч квадратных метров, а его выручка превысила 13,2 миллиарда рублей», — об этом сообщил заместитель мэра Москвы по вопросам транспорта и промышленности Максим Ликсутов.

Разработчиком и производителем композитных блоков выступила компания «Нанотехнологический центр композитов». Изделия применили на участке трассы с 933-го по 1024-й километр в рамках реконструкции.

Отмечается, что композитные блоки рассматривают как современную альтернативу металлическим решениям: со временем металл ржавеет и требует больше усилий при монтаже. Композит устойчив к перепадам температур и воздействию химии из противогололедных реагентов. Кроме того, изделия отличаются небольшим весом, удобством крепления и сроком службы более 30 лет при минимальных расходах на обслуживание.

Ранее на других участках М-4 «Дон» в Краснодарском крае уже применяли продукцию этой компании — перильные ограждения, лестничные сходы и водосточные лотки (более семи километров).

ОЭЗ «Технополис Москва» в 2026 году отмечает 20-летний юбилей. Сегодня на 10 площадках ОЭЗ общей площадью более 430 гектаров работают свыше 240 высокотехнологичных предприятий, развивающих микроэлектронику, приборостроение, биомедицину, ИТ-сферу и робототехнику.

[gazetapik.ru](http://gazetapik.ru)

### УАЗ «Буханка» получил затвердевающую на Солнце композитную броню

В Казани на профильной выставке «Дрон экспо — 2026» состоялась премьера УАЗ с нестандартной системой защиты. Внешне автомобиль не отличается от серийной «Буханки», однако его кузов обработан специальным составом на основе УФ-отверждаемого препрега. Технология позволяет наносить бронепокрытие на поверхности любой сложности без использования сварки, тяжёлых плит и крепёжных элементов.

Разработкой занималось НПО «Фотополимер». Принцип работы основан на полимеризации смолы под воздействием солнечного света или ультрафиолетового излучения. Материал адаптируется под форму кузова, будь то фургон или капот, и после отверждения образует защитный слой. По словам представителя предприятия, эта же технология применяется в армировании тканей для бронежилетов, но в данном случае она адаптирована для криволинейных панелей автомобиля.

Испытания, проведённые в АО «ЦНИИточмаш», подтвердили соответствие бронепокрытия классу защиты Бр5 — оно выдерживает попадание пуль калибра 7,62 мм, а также осколков (класс С2). Климатические тесты проводились в диапазоне температур от минус 50 до плюс 50 °С, влагозащита проверена путём полного погружения под воду.

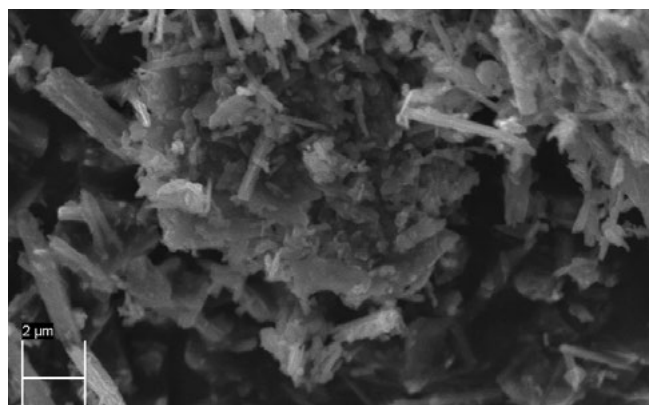
Разработка позволяет превратить стандартную «Буханку» в лёгкий броневик без необходимости отправлять машину на заводское бронирование. Защита может быть нанесена прямо в полевых условиях, что делает технологию применимой для военных и специальных подразделений.

[overclockers.ru](http://overclockers.ru)

### РОСТерм запускает производство труб БАЛТИЕЦ для судостроения

Компания РОСТерм, входящая в число крупнейших российских переработчиков полимерных материалов с более чем 20-летним опытом работы в сфере инженерных коммуникаций, объявила о запуске производства новой линейки труб и фитингов «БАЛТИЕЦ». Данный проект полностью ориентирован на развитие отечественных высокотехнологичных решений и импортозамещение зарубежной продукции в судостроительной и судоремонтной отраслях. Новая продукция разработана специально для применения на морских и речных судах, а также для возведения и модернизации береговых зданий и сооружений.

Запуск этого масштабного проекта обусловлен растущим спросом на локализованные материалы со стороны отечественных предприятий, которые сегодня сталкиваются с логистическими ограничениями, увеличенными сроками поставок и дефицитом технической поддержки со стороны иностран-



ных брендов. РОСТерм предлагает рынку надежную альтернативу, гарантируя стабильность поставок и полноценное инженерное сопровождение на всех этапах реализации проектов.

Новая линейка «БАЛТИЕЦ» изготавливается исключительно из высококачественного первичного сырья и полностью соответствует требованиям ГОСТ 32415-2013 и ГОСТ Р 53630-2015. В ассортимент выпускаемой продукции входят неармированные трубы PP-R, армированные стекловолокном трубы PP-RCT FRP, трубы с барьерным слоем и стекловолокном PP-R/EVON, а также соединительные фитинги PP-R, включая исполнение по SDR 5 для диаметров условного прохода свыше 50 мм. Весь трубный ряд производится в широком диапазоне диаметров от 20 до 315 мм с размерными отношениями SDR 6, 7,4, 9, 11 и 17, что позволяет закрывать самые разнообразные задачи при проектировании и монтаже судовых систем.

В рамках долгосрочной стратегии развития и интеграции в сектор гражданского кораблестроения компания РОСТерм уже запустила процедуру получения официального сертификата Российского морского регистра судоходства (РМРС). Успешное завершение этой сертификации позволит поставлять продукцию «БАЛТИЕЦ» непосредственно на объекты и суда, где строго требуется соответствие жестким стандартам Регистра. Параллельно с этим производитель инициировал процесс внесения новой номенклатуры в реестр Государственной информационной системы промышленности (ГИСП) Минпромторга России в рамках выполнения требований Постановления Правительства РФ №719, что дополнительно подтвердит глубокий уровень локализации производства и укрепит позиции бренда как ключевого партнера отечественной судостроительной индустрии.

[www.dp.ru](http://www.dp.ru)

## Эпоксидные смолы станут прочнее благодаря цеолитам Татарстана

Учёные из НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ и двух казанских университетов — Технологического и Технического имени Туполева — создали способ упрочнения эпоксидных смол с помощью волластонита, получаемого из российского сырья. Это

позволит не закупать материал в Китае и сократить производственные расходы.

Волластонит — это игольчатый силикат кальция, который при добавлении в эпоксидную смолу усиливает её антифрикционные и прочностные свойства. Поскольку собственные месторождения в России не разрабатывались, основным поставщиком был Китай. Чтобы решить проблему, исследователи обратились к цеолитсодержащей кремнистой породе (ЦКП) Татарско-Шатрашанского месторождения в Татарстане (там сосредоточено более 13% запасов природных цеолитов России). Из кальцита и аморфного кремнезёма, входящих в состав породы, синтезировали целевой продукт.

Эксперимент подтвердил, что полученный силикат кальция содержит β-волластонит в объёме, сравнимом с природным или синтезированным аналогом. При этом технология не требует отдельного получения оксида кальция из известняка, благодаря чему процесс становится менее энергозатратным и трудоёмким.

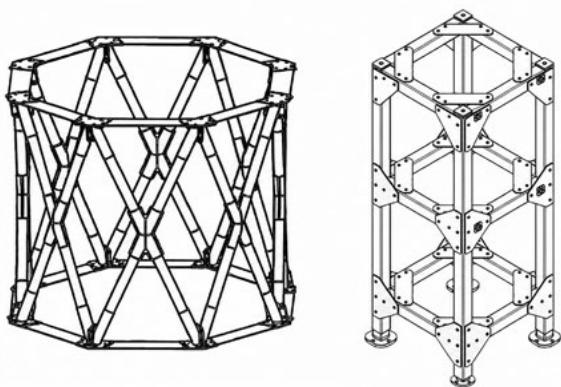
Как показали исследования, эпоксидные композиты с таким наполнителем отличаются повышенной твёрдостью, износостойкостью, хорошим сцеплением со сталью, а также стойкостью к химии, высоким температурам и ультрафиолету. Это делает их привлекательными для авиастроения — например, для производства деталей фюзеляжа, крыльев, хвостового оперения и защиты металла от коррозии. Ведущий инженер Кирилл Мишагин отмечает, что работа над улучшением методов получения волластонита из ЦКП продолжается.

[science.mail.ru](http://science.mail.ru)

## В России осваивают технологию создания сверхлёгких конструкций из полимерных композитов

Специалисты компании «РЕШЕТЕВ» разрабатывают новую технологию создания сверхлёгких спутниковых конструкций из полимерных композитов. Специалистам предстоит спроектировать и изготовить как опытные образцы изделий, так и оборудование для их производства и испытаний.

Полимерные композиты состоят из двух и более компонентов, где полимер служит связующей основой.



В космической отрасли они незаменимы: каждый сэкономленный килограмм массы значительно снижает стоимость запуска. Композиты гораздо легче металлов, но при этом обладают высокой прочностью и стойкостью к экстремальным перепадам температур, вакууму и радиации. Кроме того, отсутствие коррозии и возможность создавать сложные формы делают их идеальным материалом для корпусов спутников и каркасов солнечных батарей.

Чаще всего в космической отрасли используют такие композиты, как углепластики, стеклопластики и органопластики. Именно на создании сверхлёгких конструкций из таких материалов сосредоточились в АО «РЕШЕТНЁВ».

Для реализации проекта специалисты решают ряд ключевых задач:

- повышение геометрической точности формы конструкций в ходе изготовления;
- повышение их размерной стабильности в условиях эксплуатации;
- снижение массы.

Новая технология позволит снизить массу спутников, повысить точность формы деталей и их размерную стабильность в экстремальных условиях орбиты. Для отработки этих решений специалисты предприятия спроектируют и изготовят образцы ключевых узлов: несущие панели для прецизионного оборудования, силовой каркас аппарата и кронштейны для приборов. Параллельно на предприятии создадут собственное технологическое оборудование для производства и комплексных испытаний этих изделий.

[prokosmos.ru](http://prokosmos.ru)

### **ЛМС-901 «Байкал» — почему УЗГА не стал делать цельнокомпозитный самолёт**

При создании самолёта местных воздушных линий разработчики решают задачу, отличную от той, которая стоит перед создателями магистральных машин. Такой самолёт должен не только обеспечивать требуемые лётные характеристики, но и работать в условиях ограниченной инфраструктуры – с небольших аэродромов, при отсутствии крупных технических центров и с возможностью обслуживания в регионах эксплуатации.

Для ЛМС-901 «Байкал», создаваемого на замену Ан-2, эти требования стали главными факторами, определившими конструкцию самолёта. При выборе материалов учитывались не только масса конструкции и аэродинамические характеристики, но и технологичность производства, ремонтпригодность и возможность восстановления после эксплуатационных повреждений. В итоге «Байкал» получил смешанный планер.

Основная силовая конструкция самолёта выполнена из алюминиевых сплавов, а композиционные материалы применяются в отдельных элементах. Их использование позволяет снизить массу самолёта, повысить коррозионную стойкость и создавать элементы сложной формы там, где эти свойства дают практический эффект с учётом требований к производству и эксплуатации.

Опыт применения ПКМ в российском авиастроении показывает, что их роль зависит от класса самолёта и требований к его конструкции. На МС-21 композиты стали частью силовой схемы крыла, поскольку позволили реализовать конструкцию большого удлинения с повышенной аэродинамической эффективностью. Для ЛМС-901 разработчики решали другую задачу, им требовалось создать самолёт, рассчитанный на эксплуатацию с ограниченной инфраструктурой, где характеристики планера должны сочетаться с возможностью ремонта в «полевых» условиях.

Российская авиационная промышленность уже имеет опыт создания самолётов лёгкого класса с широким применением композиционных материалов. Проект СибНИА по ремоторизации Ан-2 привёл к созданию цельнокомпозитного демонстратора технологий ТВС-2ДТС. При этом опыт разработки показал, что применение ПКМ связано не столько с преимуществами материала, сколько с рядом практических ограничений.

Цельнокомпозитный самолёт, рассчитанный на перевозку 9 пассажиров с одним двигателем, получился сложным с точки зрения производства и требовал специализированных технологий изготовления и контроля качества. Дополнительным фактором стала зависимость от зарубежных материалов и оборудования, что после введения санкций создало дополнительные ограничения для реализации проекта. Для самолёта местных воздушных линий, который должен эксплуатироваться с неподготовленных аэродромов и

в удалённых регионах, подобные ограничения сильно влияют на выбор конструктивной схемы.

В конструкции ЛМС-901 применяются полимерные композиционные материалы на основе термореактивных и термопластичных связующих. По данным УЗГА, из ПКМ изготовлены отдельные элементы конструкции и интерьера самолёта, включая капоты, двери, полы, обтекатели и триммеры. Выбор таких материалов связан с возможностью управлять характеристиками детали ещё на этапе проектирования – направление армирующих волокон задаётся в соответствии с действующими нагрузками, что позволяет получать элементы с требуемым сочетанием прочности и массы.

aviation21.ru

## Подмосковный мастер Михаил Малевич создает киновселенные из стеклопластика

Пока одни режиссеры полагаются на компьютерную графику, другие делают ставку на реальность. В подмосковном Раменском развернулось производство, где сказки обретают плоть. Житель городского округа Михаил Малевич уже более десяти лет занимается созданием декораций, бутафории и масштабных арт-объектов из стеклопластика. Его работы украшают съемочные площадки российских кинопроектов и знаковые общественные пространства по всей стране.

Путь Михаила в профессию начался в 2012 году. За годы практики его мастерская превратилась в центр инженерно-художественной мысли. Одним из последних достижений команды Малевича стало участие в создании масштабной киноадаптации «Простоквашино». Специально для съемок мастера спроектировали и построили легендарный трактор «Тр-тр Митя». Это не просто статичный макет. Перед инженерами стояла задача: создать полностью функциональную, движущуюся машину, способную выдерживать реальные нагрузки на площадке и в точности повторять узнаваемый анимационный образ.

Выбор стеклопластика в качестве основного материала не случаен. По словам Михаила, он обладает уникальным сочетанием свойств, которые делают его незаменимым в индустрии. Он легкий, что важно при транспортировке и монтаже декораций в сжатые сроки. В то же время стеклопластик обладает высокой прочностью и устойчивостью к любым погодным условиям — от дождей до палящего солнца. Это позволяет использовать объекты в закрытых павильонах и на открытом воздухе без потери внешнего вида. Благодаря пластичности материал позволяет с точностью воспроизводить любые сложные текстуры: от камня и коры деревьев до обшивки космических кораблей.

Процесс создания каждого сложного арт-объекта объединяет цифровые технологии и кропотливый ручной труд. Сначала команда дизайнеров создает детальную 3D-модель будущего изделия на компьютере. С помощью фрезерных станков с ЧПУ изготавливается точная мастер-модель из пенопласта или МДФ. Далее



на основе этой модели отливается специальная матрица, в которую послойно укладываются стекломат и полиэфирная смола. После полного отверждения пластика начинается самый ответственный этап: ручная доводка, шлифовка, грунтовка и художественная роспись. Художники мастерской используют специальные техники окрашивания, чтобы придать готовому изделию реалистичный вид.

Проекты Михаила Малевича можно встретить далеко за пределами киностудий. Его команда создавала масштабные декорации и фигуры для Центрального детского магазина (ЦДМ) на Лубянке в Москве. Также в портфолио мастера — изготовление малых архитектурных форм для городских парков, фестивалей и серьезных мемориальных памятников. Высокое качество исполнения сделало раменского мастера востребованным специалистом в своей нише. Михаил признается, что каждый проект для него — это вызов, позволяющий раздвинуть границы привычного и доказать, что для современных технологий и фантазии нет ничего невозможного.

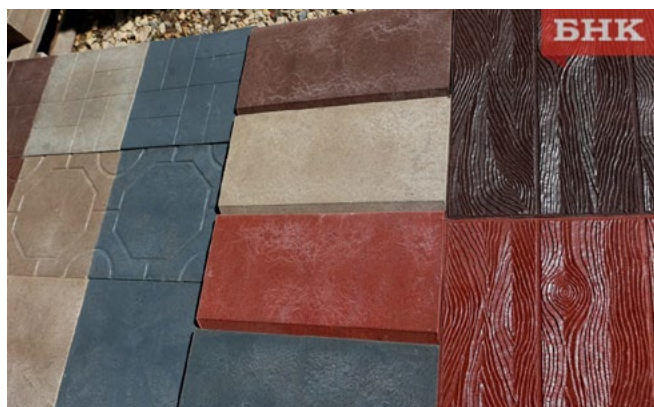
regions.ru

## «ГринТехКоми» превращает пластик в долговечную плитку

В Сыктывкаре предприниматель Анатолий Рубаняк уже десять лет доказывает, что даже то, что принято считать бесполезным мусором, может обрести вторую жизнь. Его производство «ГринТехКоми» перерабатывает пластик, который обычно отправляется в контейнеры, в плитку, бордюры, брусчатку, черепицу, водоотводные лотки и даже наградную атрибутику. За десятилетие работы предприятие превратило в полезную продукцию два миллиона килограммов полимеров.

Технология полимер-песчаных изделий была известна ещё в Советском Союзе, но именно Рубаняк возродил её и в 2016 году первым в Республике Коми начал применять на практике. До этого у него был другой предпринимательский опыт, однако именно «ГринТехКоми» позволила полностью раскрыть потенциал идеи.

Сейчас это полноценная производственная площадка в Сыктывкаре, где организован приём и переработка пластика. Процесс превращения бесполезного



сырья в полезную продукцию проходит несколько этапов. На предприятии принимают несколько видов пластика: твёрдый, мягкий, а также мягкую металлизированную упаковку. Таким образом, сырьё, которое могло бы загрязнять свалки и окружающую среду, начинает служить людям. Мягкий пластик измельчают до состояния мелких шариков. Твёрдый пластик отправляется в дробилку, где превращается в тонкую соломку. Полученную полимерную массу смешивают с песком, добавляют пигмент для окрашивания — и получают композит, основу всей продукции. Завершающий этап — экструзия, при которой пластик и песок окончательно сплавляются в однородный материал.

Технология постоянно совершенствуется: вводятся новые добавки, которые улучшают качество плитки, делают её более прочной. Главное преимущество изделий «ГринТехКоми» — выдающаяся морозостойчивость. Для северного региона, где классическая плитка разрушается из-за влаги и постоянных перепадов температур, это особенно важно. Полимер-песчаные изделия не боятся таких условий: они обладают повышенными механическими свойствами, их трудно сломать, они в меру эластичны и очень крепки. Кроме того, материал устойчив к агрессивным кислотно-щелочным средам, не впитывает масла и жидкости, что делает его идеальным для автосервисов и территорий с высоким уровнем загрязнения. Заявленная долговечность превышает 50 лет — песок и полимер плохо подвержены разрушению.

В 2026 году компания начала выпускать крупноформатную плитку размером 50 на 50 сантиметров, о которой просили клиенты, а также усиленные бордюры. Продукция теперь выдерживает вес грузовых автомобилей до двадцати тонн. Но даже если плитка ломается, она не идёт в отходы: предприятие работает по принципу «зелёного» производства, измельчая брак и возвращая его на линию переработки.

Экобордюры и плитку от «ГринТехКоми» можно увидеть на многих улицах городов и районов Коми — от отдалённых сёл Усть-Цилемского района до Воркуты. На федеральном уровне география доходит до Владивостока, а благодаря маркетплейсам продукция неоднократно отправлялась даже в Белоруссию. Приобрести её можно в крупных строительных магазинах или непосредственно на базе. Расширить географию продаж помог центр «Мой бизнес» Коми: предпринимателю предоставили поддержку по выходу на

электронные торговые площадки, создали кабинет, карточки товаров и настроили рекламу.

В планах у «ГринТехКоми» — расширение производственной площадки для масштабирования и увеличения объёмов переработки разных фракций пластика. Заинтересованные предприниматели могут обратиться в центр «Мой бизнес» Коми, где предоставляют широкий спектр услуг — от консультаций до продвижения.

[bnkomi.ru](http://bnkomi.ru)

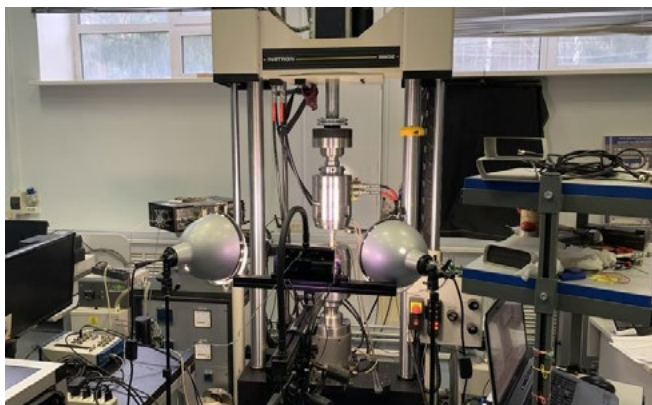
## Ученые ПНИПУ выяснили, что вмятина от удара птицы сокращает жизнь детали из стеклопластика в 14 раз

Стеклопластик встречается повсеместно — его используют при производстве авиалайнеров, железнодорожных составов, судов и автомобильных кузовов. По сути, это композитный материал, который состоит из двух компонентов: тонких стеклянных нитей и связующего полимера (смолы). Волокна отвечают за жёсткость и прочность, а смола удерживает их в единой структуре и равномерно перераспределяет механические нагрузки. Такой композит весит меньше металла, не подвержен коррозии и стоит недорого.

Однако при эксплуатации на стеклопластике неизбежно возникают дефекты: трещины, отслоения, царапины и вмятины. Многие из них трудно заметить невооружённым глазом, но под поверхностью материал уже начинает разрушаться.

В авиации действуют жесткие нормы прочности. При обнаружении царапины или вмятины на композитной детали инженеры не могут точно сказать, сколько она еще прослужит. Существующие методы контроля фиксируют дефект, но не могут предсказать, сколько еще проработает деталь в зависимости от того, как ее нагружают. Поэтому приходится закладывать завышенные запасы прочности — либо заменять деталь раньше реально необходимого срока, либо делать конструкцию тяжелее. Самолеты летают безопасно, но каждый лишний килограмм увеличивает расход топлива и выбросы CO<sub>2</sub>, а каждая преждевременная замена детали — затраты на обслуживание.

Ученые Пермского Политеха впервые провели комплексное исследование, в котором сравнили, как царапины и вмятины по-разному снижают прочность и срок службы стеклопластика. Специалисты сделали полный цикл испытаний на реальных нагрузках, возникающих в авиации. Они взяли стеклопластик — материал, из которого делают многие авиационные детали, — и воспроизвели на нем два самых частых повреждения. Царапины появляются при контакте с инструментом или деталью во время обслуживания: такую царапину наносили с усилием 1 кН, что соответствует гире весом 100 кг. Вмятины возникают от ударов камней, града или птиц. Ученые наносили их с усилием от 10 до 15 кН — именно такие нагрузки создает удар средних и крупных птиц. Для сравнения: птица весом 5 кг на скорости создает усилие более 13 тонн.



Ученые анализировали образцы трех типов: целые (без повреждений), с царапиной и с вмятинами разной силы. Затем эти образцы проверили в двух режимах.

Сначала их медленно нагружали до разрушения, чтобы понять, насколько царапина или вмятина снижают предельную прочность. Потом многократно нагружали и разгружали, имитируя взлеты и посадки, чтобы выяснить, сколько таких циклов выдержит поврежденная деталь. Все эксперименты провели на уникальной установке ПНИПУ, которая по своим возможностям не имеет аналогов в России и соответствует лучшим мировым лабораториям. Результаты оказались неожиданными.

«Когда образцы тянули до разрушения, царапина почти не повлияла на прочность: образец с царапиной порвался при той же нагрузке, что и целый. Вмятины оказались опаснее: слабая снизила прочность на 17%, средняя — на 25%, сильная — на 30%. Это значит, что если целая деталь была рассчитана на нагрузку 100 кг, то с сильной вмятиной она выдержит только 70 кг. При этом царапины и вмятины не снизили жесткость материала: поврежденный образец сопротивлялся изгибу так же, как целый. Это важный и тревожный вывод: если проверять деталь на упругость (например, пытаться согнуть), нельзя заметить, что она повреждена. Деталь может казаться исправной, но на самом деле ее ресурс уже снижен», — рассказывает Анастасия Лыкова, старший научный сотрудник Центра экспериментальной механики ПНИПУ, кандидат технических наук.

Самое важное открытие сделали при циклических испытаниях, когда образцы многократно нагружали и разгружали, имитируя взлеты и посадки. Целый образец выдержал больше 5000 циклов. Царапина сократила ресурс почти наполовину: образец с царапиной выдержал около 2800 циклов. Это все еще много, то есть деталь с царапиной прослужит достаточно долго. Но с сильной вмятиной картина радикально иная: такой образец выдержал всего 368 циклов. Это на 93% меньше, чем у целого. Иными словами, деталь с сильной вмятиной служит в 14 раз меньше. Если целая проработает 14 лет, эта сломается через год.

Но и это не все. Ученые сравнили вмятины разной силы и обнаружили, что их опасность зависит от того, как эксплуатируется деталь. Слабая вмятина сильнее всего вредит при долгой спокойной рабо-

те, когда нагрузок много, но они небольшие, как у пассажирского самолета, который летает каждый день. В таком режиме деталь со слабой вмятиной выдерживает в 4 раза меньше циклов, чем целая. Сильная вмятина, напротив, опаснее при резких перегрузках, когда нагрузок мало, но каждая очень сильная, как у военного истребителя. Здесь деталь с сильной вмятиной выдерживает в 50 раз меньше циклов, чем со слабой.

«Почему так происходит? С помощью высокоточных камер мы зафиксировали, что при слабой вмятине страдает смола, скрепляющая волокна. Она не ломается сразу, но постепенно разрушается от долгой работы. При сильной вмятине рвутся сами волокна — деталь не выдерживает даже нескольких сильных нагрузок», — объясняет Дмитрий Лобанов, старший научный сотрудник Центра экспериментальной механики ПНИПУ, кандидат технических наук.

Результаты исследования позволяют инженерам точнее определять допустимые пределы повреждений. Вместо того чтобы закладывать избыточные допуски «на всякий случай», они могут опираться на количественные оценки: сколько именно циклов выдержит деталь с конкретным дефектом при конкретном режиме эксплуатации. Это дает возможность снижать вес самолетов (а значит, расход топлива и выбросы), продлевать реальный срок службы деталей (не менять их раньше времени) и тратить деньги не на перестраховку, а на реальную безопасность.

[scientificrussia.ru](http://scientificrussia.ru)

## Ростех подключит ВУЗы к созданию прорывных технологий и материалов

Госкорпорация Ростех, Министерство науки и высшего образования РФ, Правительство Республики Татарстан и ведущие технические вузы объединили усилия для развития новых материалов и химических технологий — направлений, которые сегодня во многом определяют темпы технологического роста, укрепление суверенитета и конкурентоспособность российской промышленности. Эти вопросы стали центральной темой стратегической сессии «Новые материалы и химия», прошедшей в Казани.

Ключевым событием стала пленарная дискуссия с участием генерального директора Госкорпорации Ростех Сергея Чemezова, Раиса Республики Татарстан Рустама Минниханова и представителей свыше 20 университетов и 25 промышленных организаций.

Приветствие участникам сессии направил глава Минобрнауки России Валерий Фальков. Он поблагодарил команду Ростеха, руководство Республики Татарстан и университеты за активное участие в создании прочных кооперационных цепочек между наукой и промышленностью. Министр отметил, что для решения этих задач реализуются флагманские проекты и госпрограммы Минобрнауки. Среди них — «Приоритет-2030», «Передовые инженерные школы», «Госзадание 2.0», производственная аспирантура.



Для развития химии и новых материалов с 2025 года реализуется национальный проект «Новые материалы и химия», один из главных приоритетов которого — создание современной системы подготовки соответствующих специалистов.

Особое внимание было уделено сотрудничеству между наукой и бизнесом, что является залогом успешного внедрения инноваций.

«Татарстан закономерно выбран площадкой для проведения стратегической сессии по кооперации науки и бизнеса «Новые материалы и химия». Мы уделяем особое внимание вопросам взаимодействия научно-образовательного комплекса и реального сектора экономики. Вузы и другие образовательные организации региона активно включились в реализацию национального проекта технологического лидерства «Новые материалы и химия». И мы не планируем останавливаться на достигнутом. Для успешного продолжения в этом направлении у нас есть главное — человеческий капитал. В Татарстане создана сквозная система формирования исследовательских и инженерных компетенций — от уровня общего образования и до вуза. Уверен, что вместе мы можем многое сделать для обеспечения технологического лидерства России», — отметил Раис Республики Татарстан Рустам Минниханов.

Участники также обсудили актуальные задачи, стоящие перед индустрией. Среди них — ориентация научных исследований на нужды авиации, вертолетостроения, двигателестроения и транспорта. Кроме того, были затронуты вопросы развития инфраструктуры, промышленного дизайна, распределения прав на интеллектуальную собственность.

«Ряд наших предприятий создает новые материалы и химические технологии для медицины, машиностроения, фармацевтики, авиации, строительства, энергетики и других отраслей. Для достижения прорывных результатов Корпорация развивает сотрудничество с ведущими университетами страны. Мы планируем совместные разработки в самых разных областях, от микроэлектроники до аддитивных, композитных и цифровых технологий. Только в 2025 году инвестиции Ростеха на научные исследования в партнерстве с вузами и НИИ превысили 19 млрд рублей. Особое значение для нас имеет партнерство с Республикой Татарстан — одним из ключевых промышленных и научно-образовательных центров России. Регион играет важную роль в развитии как оборонной, так и гражданской продукции», — сказал генеральный директор Госкорпорации Ростех Сергей Чemezov.

Елена Дружинина, управляющий директор по кооперации науки и бизнеса и модератор дискуссий, отметила, что такие встречи дают возможность лично познакомиться с ведущими учеными и инженерами, обменяться идеями и найти команды для реализации проектов. Она подчеркнула, что решения, принятые на таких встречах, уже сегодня позволяют лучше понимать и решать проблемы взаимодействия науки и бизнеса.

rostec.ru

## Учёные белгородского университета улучшили технологию производства стекловолокна

Учёные Белгородского государственного технологического университета имени В. Г. Шухова запатентовали технологию производства стекловолокна, которая позволит снизить себестоимость отечественных композитных материалов и уменьшить зависимость от импортного сырья.

Проект реализуется в рамках программы Минобрнауки России «Приоритет-2030» национального проекта «Молодёжь и дети». Разработка предусматривает частичную замену традиционных компонентов для производства стекловолокна — кварцевого песка и глинозёма — на золу-унос. Это летучая зола — остаток сгорания топлива, который образуется из минеральных примесей. Она относится к техногенным отходам тепловых электростанций.

Авторами технологии стали аспирантка БГТУ им. В. Г. Шухова Юлия Лазарова и её научный руководитель, профессор Виктор Онищук. По словам разработчиков, новая технология позволит удешевить производство стекловолокна, повысить конкурентоспособность российской продукции и сделать высокомодульные волокна более доступными для авиационной, судостроительной, энергетической и оборонной отраслей.

«Стекловолокно является критически важным материалом для авиации, ракетостроения, судостроения, машиностроения и энергетики. Несмотря на достигнутый технологический суверенитет, доля импорта стекловолокна в Россию составляет около 60 % — из Китая и Беларуси», — сообщила Юлия Лазарова.



**От препрега до готового листа.  
ООО «ГК «Композитные решения»  
запускает выпуск углеродных  
пластин**



Компания «Композитные решения» расширяет линейку продукции и начинает серийный выпуск углеродных пластин серии СР. Пластины изготавливаются методом горячего прессования из препрегов собственного производства, что делает предприятие одним из немногих в России, обеспечивающих полный цикл производства: от связующего и армирующей ткани до готового конструкционного листа.

Производство препрегов запущено в октябре 2025 года в Санкт-Петербурге на собственной линии Hot-Melt. Технология без растворителей обеспечивает высокую равномерность пропитки волокна. В ассортименте — тканые углеродные препреги на волокнах 1К, 3К, 6К, 12К, стекло-, однонаправленные и арамидные, с возможностью менять плотность ткани и содержание связующего под заказ.

Углеродные пластины СР поставляются в размере 1000×2000 мм, базовая толщина — 2, 4, 6 и 10 мм. Рабочая температура — до 130 °С. Возможна механическая обработка по чертежам заказчика.

Ключевая особенность нового направления — работа по индивидуальному ТЗ: можно изменять число слоёв, тип армирующего материала, ориентацию волокон, содержание связующего, толщину, габариты и структуру пакета. Для конструктора это означает, что пластина подбирается под расчётную схему изделия, а не наоборот.

Основной спрос на пластины СР сегодня формируют производители беспилотных авиационных систем, где важны жёсткость и масса конструкции. Материал также востребован в робототехнике, транспортном машиностроении, приборостроении и производстве промышленного оборудования.

«Композитные решения» — российский производитель препрегов и композитов с площадкой в Санкт-Петербурге. В феврале 2026 года продукция получила премию «ДронТех. Код будущего» в номинации «Абсолютный компонент».

[compositesolutions.ru](http://compositesolutions.ru)

**«Росатом» выпустил с  
конвейера 500-ю лопасть для  
ветроэнергетических установок**

2 июля 2026 года на предприятии Композитного дивизиона госкорпорации «Росатом» в Ульяновске была выпущена 500-я композитная ветролопасть.

Первый завод по производству российских композитных ветролопастей АО «Росатом Ветролопастей», входящий в состав Композитного дивизиона госкорпорации «Росатом», был запущен в 2024 году. Запуск производства позволил «Росатому» завершить формирование полной технологической цепочки по стеклопластикам, от сырья до готовых изделий.

Высокотехнологичное производство из композитов обеспечивает комплектующими проекты «Росатома» по сооружению ветропарков в России и за рубежом. Благодаря слаженной работе коллектива предприятия, поставщиков сырья и комплектующих на сегодняшний день завод своевременно обеспечил продукцией Новолаксую, Симоновскую и Вербную ВЭС, а также завершил поставку первых комплектов лопастей для строительства ветропарка в Киргизии.

«500-я лопасть — это результат ежедневного труда, профессионализма и сплочённости нашего коллектива. За плечами каждого инженера, технолога, оператора — не просто рабочие смены, а школа создания сложного композитного изделия с нуля. Этот опыт бесценен. Уверен, что наработанные компетенции, культура производства и ответственное отношение к делу станут фундаментом для новых проектов, какими бы сложными они ни были», — подчеркнул генеральный директор АО «Росатом Ветролопастей» Сергей Федченко.

[atommedia.online](http://atommedia.online)





## Китай наращивает производство стратегического углеродного волокна: запущены три новые высокотехнологичные линии

Крупнейший китайский производитель строительных материалов, корпорация China National Building Material Group Co., Ltd. (CNBM), объявила о вводе в эксплуатацию трёх новых высокопроизводительных линий по выпуску углеродного волокна. Производственные мощности развёрнуты на площадке дочернего предприятия CNBM — компании Zhongfu Shenying Carbon Fiber Co., Ltd. — в городе Ляньюньган (провинция Цзянсу, Восточный Китай).

Новые линии обеспечивают выпуск продукции трёх основных категорий: стандартное углеродное волокно, высокопрочное и высокомодульное. Благодаря уникальному сочетанию лёгкости, исключительной прочности и устойчивости к коррозии этот материал находит широкое применение в аэрокосмической отрасли, новых источниках энергии, высокотехнологичном машиностроении, а также в производстве спортивного инвентаря (включая карбоновые пластины для обуви), медицинского оборудования и электроники класса 3С.

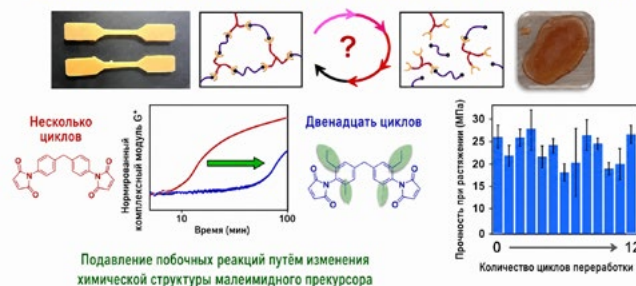
Все три линии разработаны собственными силами Zhongfu Shenying. Их производственная мощность распределяется следующим образом: линия по производству ровинга (жгута) из углеродного волокна — 5 000 тонн в год; линия высокопрочного углеродного волокна марки SYT70 (аналог T1100) — 1 000 тонн в год; линия высокомодульного углеродного волокна — 600 тонн в год.

Как отметил председатель правления CNBM Чжоу Юйсянь, реализация этого проекта призвана решить структурные проблемы китайской промышленности, связанные с дефицитом предложения и ограниченным сортаментом высококачественного углеродного волокна. Новые мощности позволяют закрыть потребности как в стандартной, так и в высокопрочной и высокомодульной продукции.

Кроме того, запуск линий способствует преодолению системных вызовов в области разработки и серийного выпуска высококачественного углеродного волокна, что в свою очередь существенно повышает надёжность и стабильность поставок этого стратегически важного материала на внутреннем рынке Китая, подчеркнул глава корпорации.

[russian.people.com.cn](http://russian.people.com.cn)

## Сколько циклов переработки могут выдержать обратимые полимерные сетки?



## Как небольшая модификация молекулы позволила перерабатывать эпоксидные смолы 12 раз

Американские исследователи из Технологического института Нью-Мексико нашли способ значительно продлить жизнь эпоксидным смолам, которые обычно невозможно перерабатывать. Такие материалы (термореактивные полимеры) применяются в авиации, автопроме и защитных покрытиях благодаря высокой прочности — их молекулярные цепи при производстве сшиваются необратимо. Платой за это становится невозможность расплавить или изменить форму изделия после отверждения, поэтому отходы обычно оказываются на свалке или в печи.

Ученые смогли увеличить количество циклов вторичной переработки с традиционных 2–3 до 12 раз. В основе подхода лежит реакция Дильса — Альдера, которая даёт обратимые химические связи: при низких температурах они прочные, а при высоких — распадаются. Внедрив такие связи в структуру полимера, инженеры получили материал, который в обычных условиях остаётся жёстким, а при нагревании размягчается и позволяет придавать новую форму.

Один из авторов работы, Саманта Найт, сообщила, что модифицированная эпоксидная смола выдержала 12 циклов повторной обработки без заметной потери прочности и жёсткости. Проблема заключается в побочной реакции: при каждом нагреве выделяются реакционноспособные молекулы (малеимиды), которые при охлаждении должны заново соединяться с сеткой полимера. Однако часть малеимидов связывается друг с другом — образуются необратимые «тупиковые» связи. После 2–3 циклов их становится слишком много, и материал снова застывает намертво.

Исследователи обнаружили, что если добавить в молекулу малеимида этильные и метильные группы, нежелательная побочная реакция замедляется. Это даёт больше времени для изменения формы при высокой температуре, прежде чем появятся необратимые сшивки.

Инженер-химик из ExxonMobil Бхарат Венкатеш (не участвовавший в работе) отметил, что исследование хорошо показывает: ключевой вопрос — в увеличении допустимого числа жизненных циклов, чтобы технология стала экономически выгодной в промышленных масштабах.

[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

## Прорыв в области индивидуальной бронезащиты: женская экипировка нового поколения

Американская корпорация Avient, мировой лидер в сфере разработки инновационных полимерных материалов, и британский производитель бронезащиты NP Aerospace объединили усилия для создания революционной экипировки. Основой для новой линейки средств индивидуальной защиты стало уникальное сверхпрочное полиэтиленовое волокно Dyneema, произведённое по запатентованной технологии Avient. Результатом сотрудничества стали бронесистемы, специально сконструированные с учётом анатомических особенностей женщин-военнослужащих.

Долгое время женщинам в армии приходилось использовать стандартные бронежилеты, жёсткие пластины которых изначально проектировались под мужское телосложение. Это не только снижало комфорт, но и оставляло уязвимые зоны, подвергая жизнь военнослужащих дополнительной опасности. Инженеры NP Aerospace решили кардинально изменить эту ситуацию, разработав бронеэлементы, точно повторяющие изгибы женской фигуры. Такой подход не просто повысил удобство ношения — он буквально спасает жизни.

Расчёты компании демонстрируют впечатляющие результаты: изогнутая защитная плита, адаптированная под женскую анатомию, обеспечивает в среднем на 10% большую площадь баллистического покрытия по сравнению со стандартными пластинами ESAPI. При обстреле под опасными углами этот показатель возрастает до 40%. Каждый комплект включает две жёсткие бронепластины (переднюю — анатомической формы, и заднюю — стандартную), а также мягкую подложку, размещённую в специальном чехле-носителе.

Ключевую роль в создании этой экипировки сыграло высокопрочное однонаправленное волокно из сверхвысокомолекулярного полиэтилена Dyneema. Благодаря исключительной лёгкости и надёжности этого материала бронежилет эффективно защищает от винтовочных пуль и бронебойных снарядов, при этом не сковывая движений. Заказчики могут выбирать из нескольких размеров, степеней изгиба и уровней покрытия, что гарантирует надёжное прикрытие жизненно важных органов вне зависимости от комплекции и угла обстрела.



«Мы связываем с Avient и брендом Dyneema многолетнее доверительное партнёрство, — подчеркнул Джеймс Кемпстон, генеральный директор NP Aerospace. — Именно эти материалы стали основой нашего прорывного женского бронежилета. Вместе мы задаём новые мировые стандарты, обеспечивая женщин, несущих службу в самых суровых условиях, надёжной защитой и непревзойдённым удобством, оптимизированными под их уникальные задачи».

Вся продукция, использованная NP Aerospace, была изготовлена на заводе Avient в Нидерландах. Avient позиционирует себя как единственного производителя баллистических материалов, который самостоятельно выпускает как волокно, так и однонаправленные композиты на двух производственных площадках — в Европе и США. В компании подчёркивают, что локализация производства гарантирует неизменно высокое качество продукции. В июне 2026 года состоялась первая крупная поставка: 2000 новых защитных комплектов, включающих 4000 бронепластин, произведённых уже на мощностях в Великобритании.

[jeccomposites.com](http://jeccomposites.com)

## Stratiforme делает ставку на биокompозиты для создания облегчённых железнодорожных конструкций

В рамках проекта EcoTrain компания Stratiforme Industries ведёт разработку кузова кабины из композитного материала на основе льняного волокна. Цель инициативы — доказать, что облегчённая архитектура с использованием биоресурсных компонентов не только отвечает нормативным требованиям железнодорожной отрасли, но и обеспечивает улучшенные экологические и экономические характеристики подвижного состава. После успешного изготовления действующего преддемонстрационного образца проект переходит в решающую фазу лицензирования и подготовки к промышленному масштабированию.

Проект EcoTrain реализуется при поддержке инвестиционной программы France 2030 и Французского агентства по охране окружающей среды и энергосбережению (Ademe) и входит в число приоритетных европейских инициатив, направленных на создание железнодорожного транспорта нового поколения — более лёгкого, электрифицированного и автономного. Разрабатываемый лёгкий пригородный рельсовый шаттл ориентирован на эксплуатацию на малогабаритных второстепенных и региональных линиях. Такое решение призвано дать ответ на актуальный для многих стран вызов: обеспечение низкоуглеродных перевозок на существующей инфраструктуре в условиях, когда высокие эксплуатационные расходы зачастую становятся экономическим барьером.

В программе задействован ряд французских промышленных и академических организаций, включая Socofer, Stratiforme Industries, Clearsy, Syntony GNSS, IMT Nord Europe и IMT Mines Albi. В составе консор-



циума Stratiforme участвует на всех этапах создания композитного кузова кабины — от инжиниринга и проектирования, выбора материалов и изготовления до интеграции бортовых систем.

«Общая логика проекта заключается в облегчении конструкции, сокращении эксплуатационных издержек, снижении нагрузки на инфраструктуру и использовании материалов с минимальным воздействием на окружающую среду», — поясняет Пьер Бердзински, руководитель инженерных проектов и НИОКР в Stratiforme Industries. Данный подход согласуется с общемировым трендом: снижение массы подвижного состава признано одним из ключевых инструментов для уменьшения энергопотребления, сокращения выбросов CO<sub>2</sub> на всём протяжении жизненного цикла и ограничения затрат на содержание путевого хозяйства.

Суть новаторского решения — применение композитов для создания силовой конструкции, а не только для отделки. В железнодорожной отрасли композиты традиционно применяются для второстепенных элементов, таких как декоративные панели, обшивка и интерьерные решения. Проект EcoTrain предлагает принципиально иной подход, интегрируя композиты непосредственно в силовую структуру кабины. «Речь идёт не о простой замене одного материала другим, — подчёркивает Бердзински, — а о переосмыслении всей архитектуры вагона с целью её изначальной оптимизации по критериям стоимости, массы и жизненного цикла».

[jeccomposites.com](http://jeccomposites.com)

### **Япония запускает проект по переработке и повторному использованию композитных материалов из списанных самолётов**

22 июня 2026 года корпорация JAMCO официально объявила о присоединении к японскому консорциуму, созданному с целью формирования комплексной цепочки поставок для извлечения и повторного использования армированного углеродным волокном пластика (CFRP) из выведенных из эксплуатации коммерческих воздушных судов.

Данный проект призван решить проблемы, связанные с накоплением отходов композитных материалов,

которые по своим эксплуатационным характеристикам не в полной мере соответствуют требованиям авиации нового поколения. Особое внимание уделяется преодолению жёстких сертификационных барьеров в аэрокосмической отрасли, которые исторически ограничивали возможность повторного использования переработанных композитов в самолётостроении.

Инициатива под эгидой NEDO объединяет ведущие японские аэрокосмические и научно-исследовательские организации. Помимо JAMCO, в состав консорциума входят корпорация Subaru, Японское агентство аэрокосмических исследований (JAXA), Японский центр тонкой керамики (JFCC) и Университет Нагои. Совместная цель участников — создание системы замкнутого цикла для углепластика (CFRP), материала, который ценится за высокое соотношение прочности к весу, обеспечивающее снижение расхода топлива и сокращение выбросов углекислого газа в процессе эксплуатации воздушных судов.

Компания JAMCO сконцентрирует усилия на применении переработанного углепластика в производстве деталей интерьера самолётов. В рамках проекта JAMCO примет участие в разработке технологических процессов формования подложек для придания вторичным материалам требуемой геометрии и эксплуатационных свойств. Кроме того, компания проведёт оценку характеристик переработанных материалов, определит жёсткие требования к их использованию в салонах воздушных судов и выполнит демонстрационные испытания на собственных самолётах.

Стремление к переработке композитных материалов аэрокосмического класса соответствует более широким экономическим тенденциям на рынке послепродажного обслуживания коммерческой авиации. По данным аналитических агентств, в 2026 году объём рынка технического обслуживания и производства коммерческих самолётов оценивается в 9,67 млрд долларов США. Благодаря постпандемической реструктуризации авиапарков и продолжающимся расходам на эксплуатацию существующего флота, прогнозируется, что данный сектор будет расти со среднегодовым темпом 6,20%, достигнув к 2034 году отметки в 15,64 млрд долларов.

Исторически авиационная промышленность сталкивалась с серьёзными трудностями при попытке эффективной переработки углепластика из-за ухудшения характеристик материала в процессе восстановления, а также из-за строгих стандартов безопасности,



предъявляемых к авиационным компонентам. Проект NEDO опирается на результаты предыдущих исследовательских инициатив с участием Университета Нагои, JFCC, Subaru и JAMCO, которые заложили фундамент для фундаментальных технологий, необходимых для того, чтобы сделать переработку углепластика экономически и технологически целесообразной для применения в аэрокосмической сфере.

Выбрав в качестве целевого сегмента интерьеры самолётов, а не базовые несущие конструкции, JAMCO и её партнёры предлагают прагматичный подход к использованию переработанных композитов. Компоненты интерьера, безусловно, должны соответствовать строгим сертификационным требованиям по огнестойкости и токсичности, однако они не подвергаются столь экстремальным усталостным нагрузкам, как крылья или фюзеляжи. Если консорциуму удастся подтвердить надёжность переработанного углепластика в салонных применениях, это может создать нормативный и промышленный прецедент для более широкого внедрения вторичных композитных материалов в современном коммерческом авиастроении.

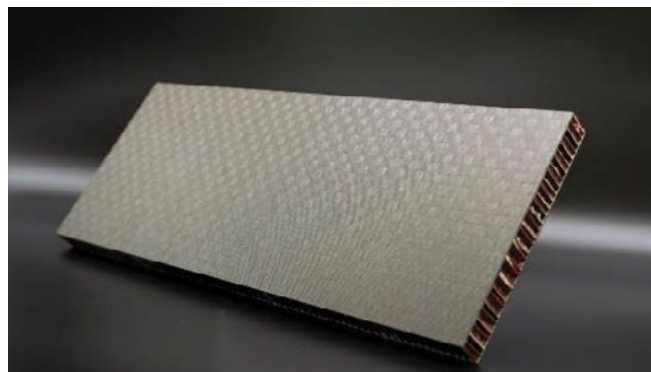
[airpronews.com](http://airpronews.com)

### **Авиация и оборона: Toray представляет быстроотверждаемую версию препреговой системы 3960**

Компания Toray Composite Materials America (TCMA), производитель углеродного волокна Torayca и современных термореактивных препрегов, объявила о выпуске материала 3960-FC — быстроотверждаемой модификации препреговой системы 3960. Базовый продукт уже зарекомендовал себя как высокопроизводительное и сверхпрочное решение для критически важных применений в аэрокосмической и оборонной отраслях.

Новая система 3960-FC разработана с целью помочь производителям оригинального оборудования (ОЕМ) и их поставщикам соответствовать растущим требованиям к темпам выпуска продукции. Особую актуальность материал приобретает в рамках программ по производству узкофюзеляжных самолётов нового поколения, на платформах передовой городской авиамобильности, а также при серийном выпуске современных оборонных систем, где скорость изготовления изделий становится критическим фактором успеха.

«На поставщиков материалов оказывается всё более серьёзное давление с требованием предлагать конструкционные решения, отвечающие производственным ритмам, которые ранее были несвойственны авиационной промышленности, — отметил Джефф Кросс, главный директор по оборонным программам. — 3960-FC позволяет значительно ускорить производственные циклы, при этом полностью сохраняя механические и структурные характеристики, которых заказчики ожидают от нашего флагманского продук-



та — препрега 3960. Новый материал подтверждает эквивалентность с данными, занесёнными в базу NCAMP для 3960».

Материал 3960-FC сохраняет все проверенные механические свойства базовой системы 3960, включённые в базу NCAMP, включая высокую вязкость разрушения, стабильность характеристик при повышенных температурах и в условиях повышенной влажности, прочность на растяжение, жёсткость и устойчивость к повреждениям. Кроме того, новый препрег полностью совместим с широким спектром автоматизированных технологий производства — автоматизированной укладкой волокна (AFP) и автоматизированной укладкой ленты (ATL), а также с традиционными методами переработки.

Дополнительным преимуществом 3960-FC является возможность использования оснастки с более низкими температурными требованиями, что позволяет сократить затраты на инструментальное оснащение и расширить технологические возможности при отверждении под вакуумным мешком (VBO). Материал также пригоден для компрессионного формования, что даёт заказчикам возможность дополнительно уменьшить длительность производственного цикла и снизить себестоимость продукции. В отличие от многих эпоксидных систем с ускоренным отверждением, 3960-FC характеризуется низким риском экзотермических реакций в толстых сечениях. По сравнению с процессом отверждения в автоклаве для стандартного 3960, новая модификация сокращает время полимеризации до 45%.

К числу основных областей применения 3960-FC относятся силовые конструкции самолётов, средние и крупные беспилотные летательные аппараты, ракеты-носители и баллистические ракеты, а также конструкции винтокрылых аппаратов.

[jeccomposites.com](http://jeccomposites.com)

### **Европейский лён и конопля выходят на новый уровень в производстве композитов**

Альянс европейского льна и конопли (Alliance for European Flax-Linen & Hemp) анонсировал новую серию технологических достижений, подтверждающих успешную интеграцию льняных и конопляных волокон в современные промышленные процессы

создания композитов. Эти разработки знаменуют переход от традиционной ручной выкладки к автоматизированным методам производства, открывая путь натуральным волокнам как надёжному и масштабируемому решению для высокопроизводительных применений.

Благодаря новейшим технологиям, европейские биокомпозиты достигают ранее недоступных уровней производительности, точности и повторяемости. Лён и конопля всё активнее внедряются в автомобилестроении, строительстве, дизайне и передовом инжиниринге.

Прорыв в области тонкослойных препрегов позволил превратить льняную ровницу (например, разработки компании Depestele) в сверхлёгкие высокопрочные композитные конструкции. Благодаря «эффекту тонкого слоя» такие материалы демонстрируют повышенную устойчивость к повреждениям, а автоматизированные линии и литьё с обратным впрыском обеспечивают эффективное крупносерийное производство, особенно в автомобильной отрасли.

Особого внимания заслуживает бессердечниковая намотка нитей — роботизированный процесс, позволяющий наматывать пропитанные смолой льняные волокна по сложным трёхмерным траекториям без традиционных форм, что значительно сокращает отходы и открывает новые возможности для проектирования конструкций. В рамках проекта FIBRAS в Эйндховенском техническом университете эти методы адаптируются к строительной отрасли, создавая лёгкие и устойчивые архитектурные решения.

Проект DynaMill под руководством ContiTech AVS France, Nautix и ComposiTIC при поддержке региона Бретань успешно разработал и испытал лёгкий автомобильный шатун-опору двигателя. Деталь изготовлена методом литья под давлением и автоматизированной укладки волокна с использованием льняного армирования и биополимерной матрицы на основе ПА11. Результаты подтверждают потенциал биокомпозитов для будущих автомобильных применений.

Штутгартский университет продолжает исследования в области архитектурных форм. При поддержке Safilin разработан процесс «Con[knit]uous Rubble» — непрерывное круговое вязание, при котором строительные отходы помещаются в бесшовную оболочку из льняного волокна. Это позволяет возводить самонесущие арки и колонны без связующих, с возможностью полного демонтажа и повторного использования материалов.

Аддитивные технологии также расширяют горизонты применения льна. Непрерывная 3D-печать с армированием льняным волокном обеспечивает механические свойства, сравнимые с традиционными композитными процессами. Французский дизайнер Алисса Карто, лауреат премии города Йер, представила коллекцию аксессуаров, напечатанных из PLA-филамента с европейским льняным волокном, — биоальтернативу традиционным материалам.

В области 4D-печати исследователи создают структуры, способные изменять форму под воздействием

тепла или влаги. Профессор Антуан Ле Дюигу из Института Дюпюи де Лома в сотрудничестве с Coriolis Composites изучает биоинспирированные материалы для задач декарбонизации.

Новые технологии пултрузии длинноволокнистой конопли позволили создать прочные конструкционные элементы. На JEC World был представлен 3,3-метровый навес Hemp Halo Canopy — полностью биооснованная лёгкая система, демонстрирующая потенциал безотходного строительства.

Компания Composites Edge GmbH разработала акустическую панель из натуральных волокон и термопластов толщиной менее одного миллиметра. Панель производится методом автоматизированной укладки волокна, полностью пригодна к переработке и поглощает до 95% низкочастотного шума. Инновация отмечена как финалист премии SAMX.

«Европейский лён и конопля выходят далеко за пределы ручной выкладки, переходя к высокоавтоматизированным процессам — намотке, препреговым системам и аддитивным технологиям», — комментирует Брюно Пеш из Альянса. «Эти инновации открывают новые уровни точности, свободы проектирования и производительности, доказывая, что натуральные волокна готовы к самым передовым промышленным применениям».

[jeccomposites.com](http://jeccomposites.com)



# Новый информационный ресурс о препрегах: всё, что нужно знать для эффективного применения композитных материалов

Современная промышленность все активнее использует композиционные материалы, позволяющие создавать прочные, легкие и долговечные изделия. Одним из ключевых материалов в этой области являются препреги — композиционные полуфабрикаты, открывающие широкие возможности для производства деталей с высокими эксплуатационными характеристиками.

Компания ООО «Композит Изделия» запустила новый специализированный сайт [prepreg.ru](http://prepreg.ru), полностью посвященный препрегам, технологиям их применения и выбору материалов для различных отраслей промышленности.

Новый ресурс создан как для специалистов, уже имеющих опыт работы с композитами, так и для предприятий, которые только рассматривают возможность внедрения препреговых технологий в свое производство. На сайте собрана информация о различных типах препрегов, их свойствах, особенностях хранения, переработки и областях применения. Материалы изложены простым и понятным языком, что делает ресурс полезным как для начинающих инженеров и технологов, так и для опытных специалистов.

На [prepreg.ru](http://prepreg.ru) можно ознакомиться с ассортиментом препрегов, выпускаемых компанией, узнать об особенностях материалов, наполненных угле- и стеклотканями, подобрать оптимальную систему связующего и армирующего наполнителя под конкретные задачи производства. Для каждого проекта требования к материалу индивидуальны: где-то важны максимальная прочность и жесткость, где-то — минимальная масса, повышенная ударная вязкость, термостойкость или специальные электрические свойства. Именно поэтому универсального решения не существует — материал должен подбираться с учетом условий эксплуатации и технологии изготовления изделия.

Специалисты ООО «Композит Изделия» готовы помочь на каждом этапе реализации проекта. Если у предприятия уже есть техническое задание, инженеры компании подберут препрег, наиболее полно соответствующий требованиям. Если проект только находится в стадии разработки, специалисты по-

могут определить оптимальный материал, выбрать технологию переработки и рассчитать наиболее эффективное решение.

Поддержка не ограничивается поставкой материала. Компания оказывает техническое сопровождение при внедрении препрегов в производство, помогает адаптировать существующие технологические процессы, консультирует по вопросам хранения, раскроя, выкладки, вакуумного формования, режимов отверждения и контроля качества готовых изделий. При необходимости специалисты обучают персонал предприятия работе с препрегами и помогают избежать наиболее распространенных ошибок, возникающих при переходе на новые композитные технологии.

Такой комплексный подход позволяет значительно сократить время внедрения новых материалов, уменьшить производственные риски и быстрее получить стабильный результат.

Препреги компании «Композит Изделия» находят применение в авиационной и космической промышленности, машиностроении, судостроении, транспортной отрасли, производстве спортивного оборудования, беспилотных систем, промышленной оснастки и во многих других направлениях, где предъявляются повышенные требования к надежности и эффективности конструкций.

Новый сайт [prepreg.ru](http://prepreg.ru) станет удобной площадкой для получения актуальной информации о современных препреговых материалах и возможностях их использования в различных производственных задачах. Здесь можно не только познакомиться с продукцией компании, но и получить квалифицированную консультацию специалистов, которые помогут подобрать материал, ответят на технические вопросы и предложат оптимальное решение именно для вашего проекта.

Если вы уже работаете с композитами или только планируете внедрение препреговых технологий, посетите [prepreg.ru](http://prepreg.ru). Возможно, именно здесь вы найдете материал и инженерную поддержку, которые позволят вывести ваше производство на новый уровень эффективности и качества. **КМ**



[cp-vm.ru](http://cp-vm.ru)



[prepreg.ru](http://prepreg.ru)



Лукичева Наталья

СПБГУПТД  
sutd.ru

# Техтекстиль 2026: Форум инновационных материалов и технологий

С 16 по 19 июня 2026 года в Москве, в МВЦ «Крокус Экспо», прошла 22-я Международная выставка-форум «Техтекстиль/Техкомпозит» — одно из ключевых событий для производителей технического текстиля, композитных материалов и профильного оборудования.

В 2026 году форум впервые прошёл в объединённом формате с выставками Rosmould, Rosplast и 3D-TECH. Такое объединение сформировало крупнейшую индустриальную экосистему, охватывающую полный производственный цикл — от сырья и полимеров до аддитивных технологий и готового оборудования.

По совокупным данным с выставками-партнёрами общая экспозиция составила 15 000 кв. метров, на которых разместились 378 экспонентов из 8 стран: России, Беларуси, Германии, Индии, Ирана, Китая, Тайваня и Турции. Общее число посетителей превысило 13 000 человек.

Ключевым акцентом «Техтекстиль/Техкомпозит-2026» стала деловая программа, посвященная вопросам технологического развития, повышения эффективности производства, цифровизации и внедрения инновационных материалов в промышленность.

В рамках состоявшейся 16 июня панельной сессии «Инструменты эффективного развития приоритетных отраслей экономики» была затронута, пожалуй, одна из самых животрепещущих тем композитной отрасли — развитие российского производства высокотехнологичных волокон для технического текстиля. В настоящее время в Российской Федерации сложился дефицит отечественных волокон из пара- и метарамидов, фторопластов, сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ). Компании отрасли вынуждены закупать данные виды сырья у зарубежных, в основном азиатских, партнеров. Отставание производства во многом связано с отсутствием мономеров для синтеза волокнообразующих полимеров нужного и стабильного качества, затрудненным доступом к оборудованию и технологиям, а также недостаточным вниманием со стороны органов власти к проблемам в этой сфере. Был представлен наглядный пример, в

Китайской Народной Республике внутреннее производство СВМПЭ в 2025 году составило 230 тыс. тонн. Причем, процесс производства высококачественного СВМПЭ в значительной степени принадлежит иностранным компаниям, и руководство КНР видит в этом опасность для суверенитета страны. Для облегчения процесса масштабирования химических производств создаются промышленные парки, где научным коллективам предоставляется доступ к инфраструктуре для исследований с общим доступом к этилену, а успешные разработки в ускоренном порядке проходят стадии согласования документации на строительство и запуск производства. Так, всего за 16 месяцев, в 2026 году была запущена новая линия по производству СВМПЭ мощностью 140 тыс. тонн в год.

В Российской Федерации, где еще с советских времен существуют разработки и синтез реакторного порошка СВМПЭ (ИК СО РАН им. Г. К. Борескова), и формования из него высокопрочных волокон по гель-технологии (АО «ВНИИСВ»), а в 2025 году по заказу Фонда перспективных исследований совместными усилиями ученых из Института катализа СО РАН им. Г. К. Борескова и Института синтетических полимерных материалов им. Н. С. Ениколопова РАН во взаимодействии с промышленными партнерами создали прямую безрастворную твердофазную технологию переработки полимера с получением пленочных СВМПЭ-нитей широкой номенклатуры [1], [2], до сих пор обе разработки находятся на этапе экспериментальных и опытных установок. А отсутствие серийного производства данного вида волокон напрямую влияет на создание отечественных полимерных композиционных материалов (ПКМ) специального назначения, например, для баллистической защиты. Да и разрабатываемые в настоящее время в Санкт-Петербургском государственном университете промышленных технологий и дизайна совместно с НИЦ «Курчатовский институт» — ЦНИИ КМ «Прометей» и при поддержке Российского научного фонда и Санкт-Петербургского научного фонда гибридные армирующие ткани с использованием СВМПЭ для композиционных материалов антифрикционного назначения рискуют никогда не выйти в промышленное производство.

Гибридными тканями наполнителями занимается и НИЦ «Курчатовский институт» — ВИАМ, где с 2017 года проводятся работы по разработке технологий изготовления российских тканых наполнителей для ПКМ. Серийное производство реализовано в Воскресенском экспериментально-технологическом центре по специальным материалам. К 2026 году разработано порядка 12 марок углеродных тканей, в том числе металлоуглеродных.

Очень хочется надеяться, что в Министерстве промышленности и торговли Российской Федерации, представители которого принимали участие в деловой программе выставки, вновь обратят внимание на развитие проектов по расширению как производства стратегически важных для композитной отрасли высокопрочных волокон, так и в целом на поддержку текстильных предприятий. И на следующей выставке



«Текстиль/Техкомпозит», которая пройдет с 28 по 30 сентября 2027 года в новом КВЦ «ВДНХ Экспо» в Москве, российских экспонентов будет значительно больше. **КМ**

## Литература

1. Шкуренко, С. И. Проблемы и перспективы создания отечественного производства высоко- и сверхвысокопрочных армирующих материалов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена / С. И. Шкуренко, В. П. Галицын, А. В. Соколов // Промышленные процессы и технологии. — 2022. — Т. 2, № 4(6). — С.20-31. — DOI: 10.37816/2713-0789-2022-2-4(6)-20-31
2. Новую технологию переработки сверхвысокомолекулярного полиэтилена создали в РФ // Интерфакс. — URL: <https://www.interfax-russia.ru/siberia/news/novuyu-tehnologiyu-pererabotki-sverhvysokomolekulyarnogo-polietilena-sozdali-v-rf> (дата обращения: 15.07.2026)



# 18-я международная выставка Композит- Экспо 2026

[www.composite-expo.ru](http://www.composite-expo.ru)



Мировой рынок композитных материалов демонстрирует уверенный рост. В 2025 году его оценивали примерно в 67–113 миллиардов долларов, а к 2030–2032 годам, по прогнозам, он вырастет до 205–243 миллиардов долларов.

Российский рынок также не отстает и устойчиво развивается. Этому помогают государственные программы, которые стимулируют запуск производства внутри страны и тем самым уменьшают зависимость от импортного оборудования. По данным за 2022–2025 годы, российский рынок композитов оценивается более чем в 100 миллиардов рублей. Ежегодный рост составляет не менее 5%. Главная причина спроса — замена традиционных материалов (металла, бетона) в промышленности и строительстве. Больше 90% рынка занимают изделия из стекловолокна. Их используют в строительстве, инфраструктурных проектах и нефтегазовой отрасли.

С 22 по 24 апреля 2026 года в выставочном центре «Крокус Экспо» прошла 18-я международная специализированная выставка «Композит-Экспо». Это тради-



ционная ежегодная встреча российских и зарубежных специалистов из разных отраслей промышленности: производителей, поставщиков и покупателей композитных материалов, технологий и оборудования. На выставке подводят итоги развития отрасли за прошедший год и обсуждают планы на будущее.

За время работы выставки специалисты провели множество переговоров с потенциальными заказчиками, установили новые деловые контакты и обсудили будущие проекты с представителями разных отраслей. Стоит отметить, что с каждым годом такие специализированные выставки приносят всё больше пользы.

В 2026 году выставка «Композит-Экспо» выросла на 10% по сравнению с прошлым годом. Общая площадь занятых помещений составила более 6500 м<sup>2</sup>. Выставку посетили свыше 6000 специалистов из разных отраслей промышленности. В ней приняли участие 168 ведущих российских и зарубежных производителей сырья и оборудования для композитов. Участники приехали из России, Республики Беларусь, Турции, Китая, ОАЭ и Исламской Республики Иран.

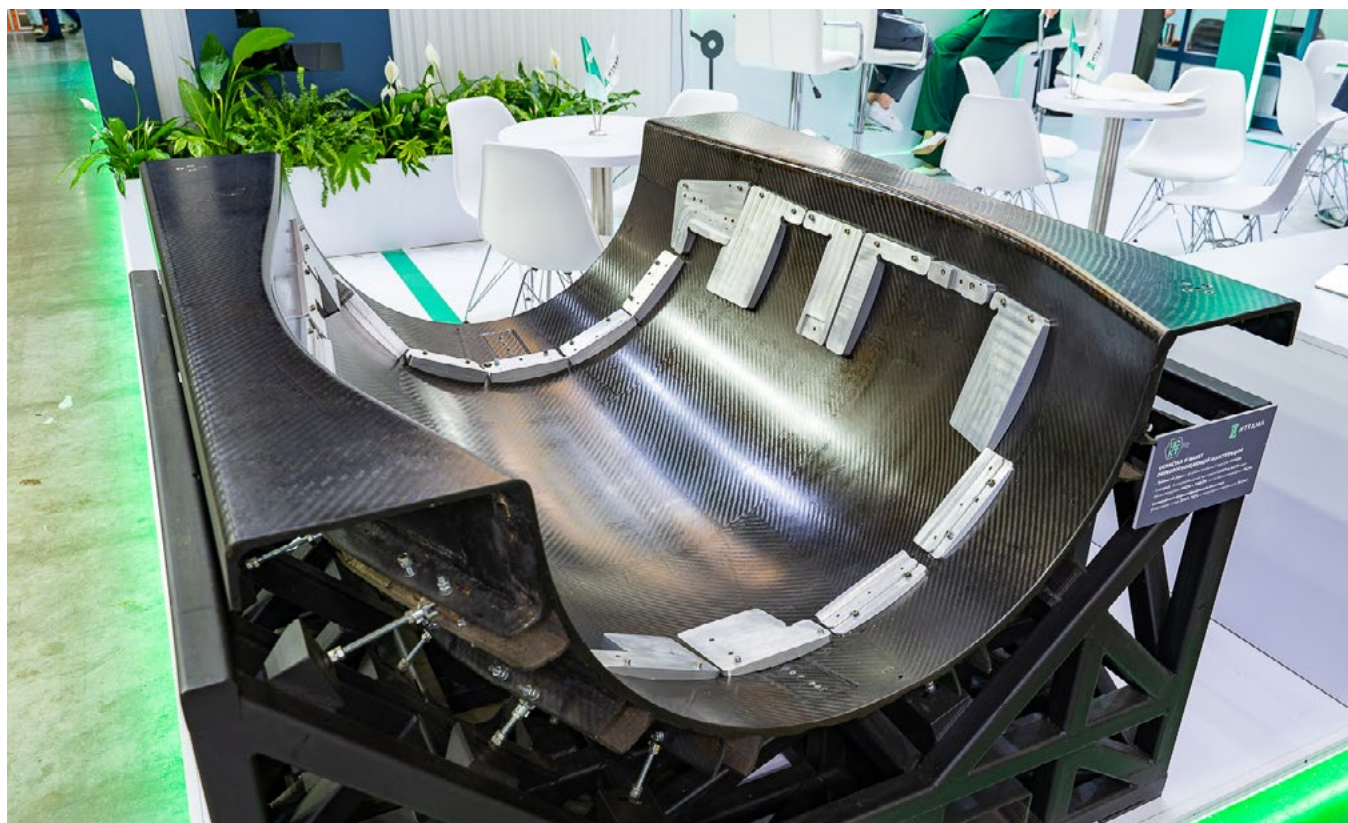
Среди постоянных участников выставки хочется отметить такие компании, как: Авиационные лакокрасочные технологии, АКПА Органик, БМП Технолоджи, Вольна, Гласстекс, Курчатовский институт НИЦ, ФГУП ЦНИИ конструкционных материалов Прометей, ЕТС группа компаний, Еврохим-1 ФД, Вист Композит, ЭПИТАЛ ЭНПЦ АО, Камтэкс-Полиэфирсы, Карбон Студио, Композит Изделия, Композит Строй, Лабара Рус, ИТЕКМА, Компания Spectra (S7), Электроизолит, Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, Институт пластмасс имени Г.С. Петрова АО, НИИАГАРА, М-Карбо, МегаПласт, МИРЭА — Российский тех-

нологический университет, Нева Технолоджи, Нортекс, Татнефть-Пресскомполит, Полимерпром, Полоцк-Стекловолокно, Робилайн, РОСАТОМ, Рускемикалс Групп, Пеленг, Пекин Дуншэн Синьжуй Автомейшн Технолоджи, Сайвер Шелангерский химзавод, СИБУР, Современные Технологии НС, Суперпласт, Технокомпозит, ТРИ-Д АО, Ф2 Инновации, Юматекс и другие.

Впервые приняли участие в выставке: Аньхойская компания новых материалов, БАЗАЛТЕХ, ДОБРУС, Дзэчжоу Хайлида пресс-формы, Завод герметизирующих материалов, Инжиниринговый центр Космические системы и технологии, КАРБОНИМ, Лега, Ленпенпласт НПП, Стеклопластик НПО АО, Тайчжоу Юаньтай Новые Композитные Материалы Ко. Лтд, Тапорел Электрик, Фабрика технических тканей, Фэйхун Новые материалы и технологии, ФЕРРИ ВАТТ, ФОРИН, Формек, Фотополимер НПО, ХАЙТЕКС КОМПОЗИТ (НИНБО) КО. ЛТД., Химпродукт ГК, Хунхой Композитные Материалы, Цинъюнь Маошэньюань Композитные материалы, Чанчжоу Синьсю Композит Материалов, Чэнду Промышленная и Торговая Компания Развития Космлюмина, ЧЕНКАН ЧПУ, ШАНДОНГ ДЭЮАН ЭПОКСИДНАЯ СМОЛЛА КО. ЛТД., Шаосин Чжучен Новые Материалы Технолоджи и другие. Полный список участников можно найти на сайте [www.composite-expo.ru](http://www.composite-expo.ru)

Свои последние инновационные разработки и образцы выпускаемой продукции продемонстрировали экспоненты выставки на своих стендах:

**ООО «ГК «АПГРУПП-СМТ» (Carbon Studio)** — постоянный участник выставки, работает на рынке уже более 18 лет и является одним из ключевых игроков в области полимерных композитных материалов и оборудования. На своём стенде компания представила современные материалы (в том числе для



беспилотников, армирующие материалы, эпоксидные системы, вспомогательные материалы), а также высокотехнологичное оборудование: вакуумную станцию, инфузионный стол, силиконовую установку. Был показан расширенный каталог оборудования, которое помогает решать индивидуальные производственные задачи. В первые два дня выставки на стенде прошла демонстрация процессов изготовления изделий методами вакуумной инфузии и с помощью силиконового мешка. Также компания рассказала о своих производственных мощностях: в октябре 2025 года в Санкт-Петербурге на базе ООО «ГК «Композитные решения» запустили линию по выпуску российских высококачественных препрегов (полуфабрикатов) на основе углеродных и стеклянных тканей.

**Компания БАЗАЛТЕХ** — производитель непрерывного базальтового волокна. На выставке представила новые технологии производства и образцы своей продукции: прямой ровинг, трощёный ровинг, рубленую нить длиной 3–24 мм, а также уникальные установки для плавления базальтовой породы.

**Компания Гласстекс** — крупнейший импортёр сырья для композитов в России и дистрибьютор компании JUSHI. На выставке компания презентовала огромный ассортимент товаров высшего качества: классическое стекло типов Е и С, а также новейшие разработки JUSHI — стекло марок Е6, Е7 и Е8. Линейка продукции включает такие позиции, как: стеклоровинги, стекломаты, разные виды стеклотканей (ровинговые, мультиаксиальные, конструкционные), рубленое волокно, комбоматы, прошивные маты, стекловуали и многое другое.

**Компания ДОБРУС** (впервые на выставке) разрабатывает и поставляет высокоэффективные добав-

ки для композитных материалов, полиуретанов и эпоксидных систем. Она представила полный спектр современных решений: диспергаторы для равномерного смешивания наполнителей, деаэраторы и пеногасители для удаления пузырьков и дефектов, выравнивающие добавки для идеальной поверхности, а также реакционные добавки, которые придают материалам прочность, термостойкость и долговечность. У компании есть современная лаборатория в инновационном центре «Сколково», оснащённая как прикладным, так и аналитическим оборудованием — от ядерно-магнитного резонанса до хроматографии. Это позволяет не только тестировать и подбирать добавки, но и глубоко анализировать состав и свойства материалов для разных отраслей: строительство, автомобилестроение, электроника, аэрокосмическая промышленность.

**Завод герметизирующих материалов** — один из крупнейших производителей герметиков и изоляционных материалов в России. Он разрабатывает технологии для биологической безопасности и защиты человека. На выставке компания продемонстрировала материалы и технологии для защиты от электромагнитного излучения; герметики для вакуумного формования композитных изделий; защиту от ионизирующего излучения; электропроводящие, терморасширяющиеся и вибродемпфирующие материалы; герметики для электротехники; трудногорючие и морозостойкие герметики. Особого внимания заслуживает новое направление — передовые композитные материалы для защиты от электромагнитного излучения. Это гибкий многослойный композит на полимерной основе с встроенной матрицей из разных наполнителей. Материалы хорошо поглощают излучение в широком



диапазоне частот, при этом остаются гибкими, лёгкими и устойчивыми к внешним воздействиям. Они не просто экранируют, а поглощают и рассеивают энергию электромагнитного поля, что позволяет делать лёгкие защитные кожухи, покрытия и даже элементы одежды.

**Компания ИНТЕРКЕМ** — ведущий российский поставщик современных полимерных материалов и оборудования. На выставке она представила широкий выбор решений в области композитных полимеров: полиэфирные смолы, матричные смолы, ортофталевые смолы, DCPD-смолы, изофталевые смолы, эпоксидные смолы, гелькоуты, разделительные составы, отвердители, нетканые полиэфирные материалы, силиконы, стекломатериалы, склеивающие и полировальные пасты, материалы для вакуумной инфузии, углеродные ткани и другое.

На стенде **АО Камтэкс-Полиэфир** посетители выставки смогли познакомиться с линейкой ненасыщенных полиэфирных смол собственного производства. Данные смолы успешно применяются для изготовления композитных материалов, стеклопластиков разного назначения, труб, акриловых ванн, искусственного камня, SMC и BMC-изделий. Эти смолы используются как связующие в химической, строительной, автомобильной промышленности и в судостроении.

**Компания Карбоним** проектирует и производит детали и узлы из полимерных композитов для всех отраслей промышленности. На выставке она представила продукцию для спецтехники и вооружений: детали для беспилотников, обтекатели снарядов, радиопрозрачные укрытия, параболические антенны, рамы для квадрокоптеров, листовой углепластик.

**Компания Композит** из Екатеринбурга показала современные системы для усиления железобетонных и металлических конструкций на основе углеродных композитов. Эти системы позволяют повысить несущую способность конструкций, не увеличивая их вес и размеры. При проектировании используются собственные передовые технические решения, которые подбираются под каждый конкретный объект.

**Компания Лега** (производитель полимерных микросфер, резиновых смесей, модификаторов для асфальта, перекиси водорода, моющих и дезинфицирующих средств) впервые показала эластичные полимерные филаменты для 3D-печати и специальный компаунд для изготовления винных пробок.

**НПП Ленпенпласт** разрабатывает и производит полуфабрикаты для создания прочных термореактивных пенопластов, которые используются в авиации, судостроении, машиностроении, топливном оборудовании и электротехнике. На стенде компания представила: отвердители для полиэфирных смол и акрилатов (паста перекиси бензоила), инженерные фотоотверждаемые смолы для 3D-печати, инъекционные эпоксидные смолы, теплопроводящие эпоксидные компаунды, высокопрочные термореактивные пенопласты.

**Компания МегаПласт** поставляет материалы для производства изделий из композитов. На выставке она показала полный спектр продукции: полиэфирные смолы (ортофталевые, изофталевые, винилоэфирные) для различных технологий (контактное формование, литьевой камень, RTM, пултрузия, намотка); пероксиды, ускорители, отвердители, инициаторы полимеризации, ингибиторы; гелькоуты и топкоуты (прозрачные, белые, любых цветов по RAL или об-



разцу); пигментные пасты для смол, полиуретанов, акрила; материалы для быстрого изготовления матриц и мастер-моделей; материалы для инфузии с помощью силиконовых мешков; а также сопутствующие товары: разделители восковые и жидкие, аэросил, инструменты и оборудование (валики, ножницы, резак, пистолеты для напыления).

**Группа компаний РусКемикалс Групп** — оптовый поставщик химического сырья для разных отраслей. На стенде были представлены эпоксидные смолы компании Nan Ya Plastic Corporation (Тайвань) и сырьевые компоненты от таких производителей, как Evonik, Icasan, Hubei Greenhome, China Organic, Winbond и другие.

**НПО Стеклопластик** специализируется на разработке и производстве широкого спектра материалов и изделий. На выставке компания впервые показала стекловолоконные материалы на основе кремнезёмных, кварцевых и высокомодульных высокопрочных волокон (волокна, нити, ткани, сетки, ровинги, ленты, шнуры, вязально-прошивные полотна); дисперсные наполнители в виде полых стеклянных микросфер; стеклопластиковые изделия для радиотехники; антикоррозионные материалы и покрытия; а также теплозащитные материалы абляционного типа и волокнистые теплоизоляционные материалы.

**Фабрика технических тканей** — новый участник выставки из Владимирской области. Она выпускает готовые изделия из стеклянного, базальтового и кремнезёмного волокна, соответствующие стандартам качества (ГОСТ, ISO 9001-2015). На стенде представили ассортимент из более чем 50 наименований: стеклянные и базальтовые ткани и ленты, кремнезёмные ткани и ленты, фильтровальные рукава. Эти материалы

применяются в оборонной промышленности, автостроении, судостроении, авиастроении, энергетике, строительстве, металлургии, жилищно-коммунальном хозяйстве и других сферах.

**Группа компаний Ферри Ватт** разрабатывает и производит вакуумное и плазменное оборудование, а также внедряет передовые технологии обработки и нанесения покрытий. На стенде компания показала свои основные направления: методы нанесения покрытий PVD, CVD, PECVD, ALD; плазменную обработку (ССР, ICP); оборудование для формования и пропитки композитов; вакуумные печи; испытательные установки.

Российская компания **ФОРИН** производит и поставляет клейкие ленты, средства индивидуальной защиты, профессиональную химию и расходные материалы для различных отраслей промышленности. На выставке она презентовала продукцию ведущих мировых брендов: 3M, Henkel, Nitto, Loctite и Teroson. На собственных производственных мощностях ФОРИН выпускает клейкие ленты, клеи, герметики и фиксаторы резьбы.

**Компания ФОРМЕК** разрабатывает и производит изделия из композитов для разных отраслей. На стенде были представлены комплектующие для беспилотников и малой авиации, детали для безэкипажных катеров и судостроения, детали для наземных робототехнических комплексов, радиопрозрачные укрытия, композитную тару и упаковку, а также изделия специального назначения.

**НПО Фотополимер** — российский производитель промышленных фотополимерных композитных материалов. Компания представила линейку материалов, которые отверждаются под действием ультрафиолета:



рулонные армированные покрытия, препреги, грунтовки и шпатлёвки на основе эпоксивинилэфирных, полиэфирных и акриловых смол со специальными добавками.

**Компания ХимСнаб Композит** — постоянный участник выставки «Композит-Экспо». Она поставляет полный спектр сырья и оборудования для производства стеклопластика и искусственного камня. У компании есть сеть из 9 филиалов, в том числе в Беларуси и Казахстане, а также производственная компания ХСК Инновация. В статусе резидента «Сколково», ХСК Инновация выпускает композитные решётчатые настилы, пултрузионные профили и выполняет индивидуальные инженерные проекты под задачи заказчиков.

**Группа компаний Химпродукт** — новый участник выставки, объединяет следующие организации: ООО «Химпродукт» (торговля и производство), НИЦ СПМ (разработка и исследование полимеров), НПК «МАС-КОМ» (разработка композитов нового поколения), а также «Кемосфер», которая является поставщиком высокотехнологичных продуктов для авиации, автомобилестроения, энергетики, строительства, нефтехимии, спорта, судостроения и других отраслей. На выставке группа компаний представила: энергопоглощающие и синтактные пены, полиимидные пены, высокотемпературные связующие (цианат-эфирные, эпоксидные), клеи и герметики, армирующие наполнители (ткани и препреги), вспомогательные материалы, а также готовые композитные изделия (винты, плиты и т.д.). Компания оказывает научно-техническое сопровождение проектов, открыта для сотрудничества и готова разрабатывать индивидуальные продукты.

**Компания F2 innovations** (Ф2 Инновации) разраба-

тывает и производит оборудование для аддитивных технологий, промышленной и композитной 3D-печати. На стенде были продемонстрированы промышленные 3D-принтеры на основе технологий FDM/FFF и FGF, которые позволяют изготавливать полимерные и композитные изделия разного масштаба — включая крупногабаритные детали и технологическую оснастку. Также была представлена технология автоматической выкладки композитных материалов (AFP). Оборудование F2 включено в реестр Минпромторга РФ (постановление № 719), производство находится в Перми. Кроме этого, на стенде были представлены материалы компании НПО «ЗД Солюшнс», которая предлагает гранулы для FGF-печати крупногабаритной оснастки для выкладки полимерных композитных материалов.

Впервые в рамках деловой программы выставки 22 апреля 2026 года на стенде компании «Татнефть-Пресскомпозит» прошла профильная спикер-сессия на тему: «Применение полимерных материалов и перспективных технологий в нефтегазовой отрасли: вызовы, приоритеты, нормотворчество». Мероприятие было призвано решить следующие главные задачи: обсуждение отраслевого спроса и глобальных трудностей при исследовании характеристик полимерных материалов; государственное регулирование и разработка нормативов по применению таких материалов в нефтяной и газовой промышленности; подведение итогов деятельности комитета № 70 и его рабочих групп.

Организаторами спикер-сессии выступили АНО «Институт нефтегазовых технологических инициатив» и ООО «Татнефть-Пресскомпозит».



Важным событием деловой программы стала седьмая научно-практическая конференция «Практические аспекты применения композитных материалов в различных отраслях промышленности». Она прошла 23 апреля 2026 года на стенде компании «Татнефть-Пресскомпозит». На конференции присутствовало более 70 специалистов. Участников приветствовал генеральный директор ООО «БК «Мир-Экспо» Банников Владимир Алексеевич.

На конференции рассмотрели практические вопросы использования композитных материалов и изделий из них в ключевых секторах экономики.

О мерах государственной поддержки отрасли производства композитов и изделий из них рассказал заместитель директора департамента металлургии и материалов Минпромторга России Грачев Сергей Николаевич.

Заместитель директора по производству ООО «Татнефть-Пресскомпозит» Данилов Дмитрий Иванович посвятил своё выступление проектам компании по переработке (рециклингу) композитов.

Кученева Мария Дмитриевна, заместитель генерального директора АО ЭНПЦ «Эпитал», выступила с презентацией «Применение низкотемпературных инфузионных связующих Этал-Инжект с температурой стеклования 270°С. Их преимущества перед низкотемпературными препрегами».

О комплексных решениях для термообработки полимерных композитов — от многозонных печей и термоинфузионных комплексов до автоклавов — рассказал Завадский Андрей Михайлович, инженер ЗАО «Вольна».

Ведущий инженер ООО «НОВА-ИНЖИНИРИНГ» Бормотов Александр Сергеевич представил доклад о

современных отечественных решениях для расчёта свойств полимерных композитов и моделирования слоистых конструкций.

О дефектах лакокрасочных покрытий рассказал технический директор ООО «Аттика», кандидат технических наук Раммо Валерий Самуилович.

Багинская Анна Ираклиевна, руководитель направления R&D ООО «Композит-Изделия», посвятила своё выступление новым перспективным материалам собственного производства «Композит-Изделия».

Цюцюра Глеб Владимирович, технический директор ООО «НПК «Техновотум», рассказал об опыте применения методов неразрушающего контроля и диагностики при производстве и эксплуатации изделий из полимерных композитных материалов.

Генеральный директор компании ИТЕКМА Кепман Алексей выступил с презентацией на тему: «Низкотемпературные препреги для беспилотных летательных аппаратов».

О практике использования покрытия из термостойких смол на песчаных матрицах при вакуумной формовке пластика рассказал представитель ООО «НПО Ориентал» Марейченко Кирилл Викторович.

Руководитель маркетинга по КОМПАС-3D компании АСКОН-Системы проектирования Крекин Дмитрий Владимирович выступил с докладом «Российская система проектирования и подготовки производства композитных изделий на замену Fibersim».

О развитии российской композитной отрасли на примере Композитного Кластера Санкт-Петербурга рассказал Зазимко Вадим Николаевич — исполнительный директор Ассоциации «Композитный Кластер Санкт-Петербурга».

Генеральный директор ООО «Ф2 Инновации»



Матвеев Евгений Владимирович представил доклад «Полимерные промышленные аддитивные технологии. Создание оснастки для ПКМ и технология автоматической выкладки композитами».

Лапшинов Андрей Евгеньевич, заведующий лабораторией обследования зданий и сооружений, доцент кафедры железобетонных и каменных конструкций, кандидат технических наук (НИУ МГСУ), посвятил своё выступление долговечности композитной полимерной арматуры после 42 лет работы в предварительно напряжённом состоянии.

Одновременно с «Композит-Экспо» прошла 17-я международная специализированная выставка «Полиуретанэкспс». Благодаря этому посетители-специалисты смогли познакомиться с инновационными технологиями и образцами готовых полиуретановых материалов и изделий для разных отраслей, а также

с продукцией производителей и потребителей клеевых и герметизирующих материалов.

В 2026 году в выставке «Полиуретанэкспс» приняли участие 126 экспонентов из 6 стран: Россия, Республика Беларусь, Турция, Китай, ОАЭ и Исламская Республика Иран). Среди постоянных участников выставки хотелось бы выделить такие компании, как: АСД-техника, Алькор ТФ, БИАПУР Трейдинг, Вальтер Хеми, Дау Изолан, МАКРОХИМ, ТЕНТОНН, Каннон Евразия, Диафор, Владипур НВП, Д-Формер, Заволжский пигмент, ЕТС, Группа Компаний ЕТС, Кимтекс Полиуретан, НИИ полимеров, Полимер-Комплекс ПК, Полихем, Селеста ПК, Хантсман и другие.

В 2026 году в рамках двух выставочных мероприятий — «Композит-Экспо» и «Полиуретанэкспс» — на общей площади около 15 000 кв. м было представлено 294 экспонента. Из них 135 — российские компании, 159 — зарубежные участники из 6 стран. Число посетителей превысило 7 000 человек, при этом 92% из них составили профильные специалисты различных отраслей промышленности. Указанные данные свидетельствуют о растущей потребности российского рынка в современных инновационных материалах и технологиях. **КМ**



19-я международная специализированная выставка «Композит-Экспо 2027» пройдёт с 16 по 18 марта 2027 года в павильоне 1, залах 1 и 4, в МВЦ «Крокус Экспо». Одновременно с ней, по традиции, состоится Семнадцатая международная специализированная выставка «Полиуретанэкспс 2027»



# Композиты нового поколения: молодые учёные принимают вызов

Гладунова Ольга  
СПбГУПТД  
sutd.ru



12–13 мая 2026 года университет ПРОМТЕХДИЗАЙН на два дня превратился в главную дискуссионную площадку для тех, кто разрабатывает материалы завтрашнего дня. XVI всероссийская конференция с международным участием «Наноструктурные, волокнистые и композиционные материалы» собрала не только признанных учёных, но и студентов, магистрантов и аспирантов — от Санкт-Петербурга до Якутска. В этом году к ним присоединились коллеги из Белорусского государственного технологического университета, а общее число тезисов превысило 80. Цифры впечатляют, но главное — качество и практическая нацеленность работ.

Открывая конференцию, президент университета ПРОМТЕХДИЗАЙН профессор Виктор Егорович Романов подчеркнул: композитная отрасль сегодня находится в стадии активной трансформации — переход от лабораторных образцов к серийным изделиям требует свежих идей и смелых инженерных решений. И именно молодёжь способна стать драйвером этого перехода.



## Индустрия ставит задачи — наука ищет решения

Пленарная программа задала высокую планку. Ольга Геннадьевна Вишнякова (Средне-Невский судостроительный завод) говорила о технологической независимости предприятия — о том, как композиты замещают импортные материалы в корпусах кораблей. Герман Вадимович Борисов (ООО «СТЦ») сфокусировался на беспилотных авиасистемах до 60 кг — он показал, как эксплуатационные ограничения диктуют новые подходы к проектированию и ремонту композитных конструкций. Герман Эдгарович Литосов (СПбГТИ и ООО «Зефир») представил научные принципы создания отечественных связующих, без которых невозможно

производство высококачественных композитных материалов. Екатерина Сергеевна Цобкалло (СПбГУПТД) разобрала молекулярно-деструкционные процессы в синтетических нитях — фундаментальная работа, которая помогает прогнозировать срок службы материалов. Наталия Рустемовна Кильдеева (РГУ им. Косыгина) рассказала о биокompозитах, а Андрей Васильевич Яковлев (СГТУ) — о электрохимическом синтезе многослойного оксида графена. Юлия Алексеевна Фоменко (ПИЯФ им. Б.П. Константинова НИЦ «Курчатовский институт») затронула ключевую роль полимерной матрицы в композитах. Вместе эти выступления обрисовали полную картину — от химии до готового изделия.

## Аспирантские разработки: готовые решения для промышленности

Особый интерес вызвала секция аспирантов и молодых учёных — здесь уже не учебные задачи, а полноценные исследовательские проекты с прямым промышленным потенциалом.

Среди них — антифрикционный композит для узлов трения, снижающий износ подшипников и втулок; коллагеновые покрытия на хирургических сетках для улучшения биосовместимости; внедрение наночастиц металлов в текстиль, открывающее путь к «умным» тканям для спецодежды и медицины; индукционный нагрев для карбонизации фталонитрильных композитов — технология, заменяющая печи высокочастотным





полем и позволяющая получить углерод-углеродные материалы с улучшенной структурой для аэрокосмоса; а также полиимидные композиты с углеродными наполнителями для 3D-печати, сочетающие высокую прочность с термостойкостью до 300°C. Все эти работы — не абстрактные исследования, а реальные шаги к новым продуктам, и каждая из них уже нашла отклик у представителей промышленности.

### Бакалавры и магистры: инженерное мышление с первых курсов

Самый живой отклик вызвал конкурс студенческих докладов. Жюри единодушно отметило: темы выбирают не «для галочки», а под реальные индустриальные запросы.

В секции бакалавров победу одержала Лилия Ахметзянова с разработкой радиопрозрачных полимерных покрытий на основе полых стеклянных микросфер. Материал пропускает радиоволны, но защищает от влаги и механических воздействий — это особенно важно для антенных обтекателей и корпусов БПЛА. Второе место — у Алины Бужак, которая разработала пористые композиты для создания искусственной почвы. Проект имеет экологический и даже космический потенциал (например, субстраты для оранжерей в замкнутых системах).

Среди магистров первое место завоевала Наталья Воронина — она исследовала влияние УФ-обработки на сверхвысокомолекулярный полиэтилен

(СВМПЭ). Оказалось, что УФ облучение повышает адгезию волокон к матрице, что крайне важно для создания высокопрочных композитов (например, для бронезащиты). Вторым стал Дмитрий Христофоров, который предложил гибридные ткани из волокон различной природы для подшипников скольжения — решение, способное снизить износ в узлах трения машин. Третье место — у Марии Лобановой, она изучала реологию поликарбосиловых растворов, что напрямую связано с получением керамических волокон, выдерживающих температуру более 1000°C.

Специальный приз за стендовый доклад достался Елизавете Гурьяновой (модификация свойств графенов) — её работа лежит в основе создания наномодифицированных композитов с улучшенными электрическими и механическими характеристиками.

### Главный итог: кадры решают все

Как отметили в оргкомитете, студенты перестали бояться сложных междисциплинарных задач. Они работают на стыке химии, физики и инженерии, предлагая готовые прототипы для судостроения, авиации и экологии. Именно такие кадры обеспечат технологический суверенитет в материалах.

Организаторы выражают благодарность всем докладчикам и уверены, что в следующем году конференция соберёт ещё больше ярких работ. Композитная отрасль России получает сильную, увлечённую и компетентную смену, готовую решать самые сложные задачи. **КМ**

ДВА ДНЯ ПРАКТИКИ,  
КОТОРЫЕ ИЗМЕНЯТ ВАШ БИЗНЕС

# КОМПОЗИТ 360°

Смотрите на свой  
бизнес на 360°

Встреча для собственников  
и руководителей композитных  
производств

Здесь не слушают  
«про бизнес»  
Здесь разбирают  
свой бизнес.



**10-11**

сентября 2026



Санкт-Петербург,  
LOFT HALL

Производство • Себестоимость • Продажи  
Команда • Ошибки роста • Новые направления



**ХИМСНАБ**  
группа компаний

ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ  
оставьте заявку на сайте  
[compositfest.ru](https://compositfest.ru)



# Зависимость свойств пресс-материалов на основе SMC-препрегов от длины волокна

А. И. Багинская  
А. В. Семеняка  
Н. В. Хлебников

ООО «Композит-Изделия»  
cp-vmt.ru



Современные требования к конструкционным материалам в высокотехнологичных отраслях (авиационной, автомобилестроения, ветроэнергетике, производстве спортивного инвентаря и др.) диктуют необходимость сочетания взаимоисключающих характеристик: высокой прочности и жёсткости при минимальной массе изделия. Особое внимание уделяется технологичности материалов — скорости и простоте их переработки, стабильности свойств в серийном производстве.

Компания ООО «Композит Изделия» разрабатывает и производит пресс-материалы типа SMC (Sheet Moulding Compound) на основе эпоксидных связующих и углеродных волокон отвечают этим требованиям, обеспечивая: высокую удельную прочность, возможность формования сложных геометрических форм, стабильность свойств в серийном производстве, сокращение времени цикла изготовления деталей по сравнению с традиционными методами. В данной статье ключевым методом переработки разработанных материалов является процесс прямого прессования, однако переработка также возможна методом вакуумной инфузии.

Ключевой параметр, определяющий баланс механических и технологических свойств SMC, — длина армирующего волокна. Этот параметр влияет на механические свойства (эффективность передачи нагрузки между волокнами, прочность при растяжении, изгибе и ударную вязкость, трещиностойкость и сопротивление усталостным нагрузкам), технологические характеристики (текучесть материала при формовании, время отверждения и цикл прессования, склонность к расслоению и образованию пустот, стабильность распределения волокон в матрице).

Актуальность исследования обусловлена необходимостью оптимизации выбора длины волокна для конкретных задач:

В случаях, когда приоритет — облегчение конструкции и ускорение производства (внутренние панели, каркасы, несилловые элементы), целесообразно использовать более короткие волокна. Они обеспечивают лучшую текучесть, быстрое заполнение формы и сокращение цикла прессования на 20–30 %.

Для видовых и высоконагруженных деталей (элементы кузова, шасси, несущие конструкции), где кри-

тична прочность и долговечность, предпочтительны длинные волокна. Они создают более эффективную армирующую сеть, повышая сопротивление динамическим нагрузкам.

Цель данной работы — экспериментально установить зависимость свойств SMC на основе эпоксидного связующего и углеродного волокна от длины армирующего компонента (2,5 см и 5,0 см) и определить оптимальные сферы применения каждого варианта.

Задачи исследования:

- изготовить образцы SMC с волокнами разной длины по стандартной технологии;
- оценить механические свойства (прочность при растяжении и изгибе, ударную вязкость) и технологические параметры (текучесть, плотность);
- сопоставить результаты и выявить влияние длины волокна на ключевые показатели;
- разработать рекомендации по выбору длины волокна в зависимости от назначения детали.

Полученные данные позволят обоснованно выбирать тип SMC для конкретных приложений, достигая оптимального баланса между прочностью, массой и скоростью производства. Это особенно важно для отраслей, где даже незначительное снижение массы или времени изготовления детали даёт значительный экономический эффект.

## Объекты и методы исследования

В работе исследовались два типа SMC материалов, на основе эпоксидного связующего расплавного типа и углеродного волокна:

1. Resifibe SMC 1410 с углеродным волокном длиной 2,5 см — для внутренних деталей, облегчения конструкций.
2. Resifibe SMC 1410 с углеродным волокном длиной 5,0 см — для высоконагруженных и видовых элементов.

Технология изготовления образцов: прессование готового SMC-препрега, заданной толщины (3–5 мм) при  $T = 140^{\circ}\text{C}$ , давлении 5МПа в течение 10 мин. Полученные из пластика образцы дополнительно подвергались механической обработке.

Методы испытаний, использующихся для получения характеристик: предел прочности при растяжении —

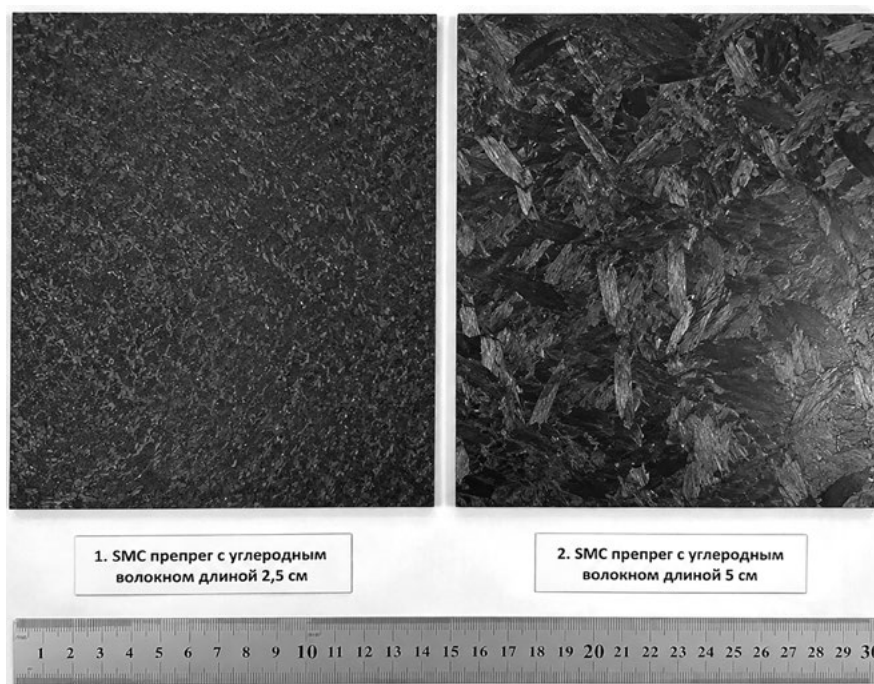


Рисунок 1.  
Плиты из препрегов  
Resifibe SMC 1410 с различной  
длиной, изготовленные  
по стандартной технологии

по ГОСТ 11262; предел прочности при изгибе — по ГОСТ 4648; ударная вязкость — по ГОСТ 4647; плотность — по ГОСТ 15139.

На рисунке 1 показаны две плиты, изготовленные из исследуемых материалов, где явным образом видна разница в структуре SMC-препрегов с различной длиной волокон. Образцы на рисунке 1.1 имеют более однородную текстуру поверхности, волокна равномерно распределены, поверхность гладкая без видимых дефектов. Образцы на рисунке 1.2 имеют заметно отдельные длинные волокна на поверхности, текстура более выраженная, волокнистая, более черный глубокий цвет.

## Экспериментальная часть и обсуждение результатов

По стандартным методикам была проведена оценка комплекса физико-механических свойств исследуемых пластиков. Полученные данные приведены в таблице 1.

Из полученных данных видно, что образцы с волокном 5,0 см демонстрируют значительное превосходство по прочности. Рост прочности при изгибе (+63 %) выше, чем при растяжении (+51 %), что связано с лучшей работой длинных волокон на изгибные нагрузки.

Из рисунка 3 видно, что текучесть образца с во-

локном 2,5 см на 34 % выше, что позволяет быстрее заполнять форму. Время цикла для образцов с волокном 5,0 см увеличивается на 50 % из-за худшей текучести и необходимости более тщательного уплотнения. Из полученных данных можно ожидать, что процент брака выше для длинных волокон из-за риска расслоения и образования пустот.

На основании проведённого экспериментального исследования зависимости свойств SMC-материалов на основе эпоксидного связующего от длины углеродного волокна (2,5 см и 5,0 см) были сформулированы следующие выводы:

1. Установлено значимое влияние длины волокна на механические свойства композита: увеличение длины волокна с 2,5 до 5,0 см приводит к росту предела прочности при растяжении на 51 % ( $450 \pm 20$  МПа против  $680 \pm 30$  МПа); предел прочности при изгибе повышается на 63 % ( $520 \pm 25$  МПа против  $850 \pm 40$  МПа), что обусловлено более эффективной работой длинных волокон на изгибные нагрузки; ударная вязкость возрастает на 75 % ( $120 \pm 10$  кДж/м<sup>2</sup> против  $210 \pm 15$  кДж/м<sup>2</sup>) за счёт лучшего распределения энергии удара по длинной армирующей сети.
2. Выявлены существенные различия в технологических характеристиках: текучесть материала у образцов с волокном 2,5 см на 34 % выше ( $380 \pm 20$  мм против  $250 \pm 15$  мм), что обеспечивает быстрое заполнение

Таблица 1. Сравнительные свойства SMC с различной длиной волокна\*

| Показатель                              | SMC (2,5 см)    | SMC (5,0 см)    | Изменение, % |
|-----------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| 1. Предел прочности при растяжении, МПа | $450 \pm 20$    | $680 \pm 30$    | + 51         |
| 2. Предел прочности при изгибе, МПа     | $520 \pm 25$    | $850 \pm 40$    | + 63         |
| 3. Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup> | $120 \pm 10$    | $210 \pm 15$    | + 75         |
| 4. Плотность, г/см <sup>3</sup>         | $1,45 \pm 0,02$ | $1,55 \pm 0,33$ | +7           |

\* — статистическая обработка: данные представлены как среднее значение  $\pm$  стандартное отклонение для 15 образцов. Достоверность различий подтверждена t-критерием Стьюдента ( $p < 0,05$ )

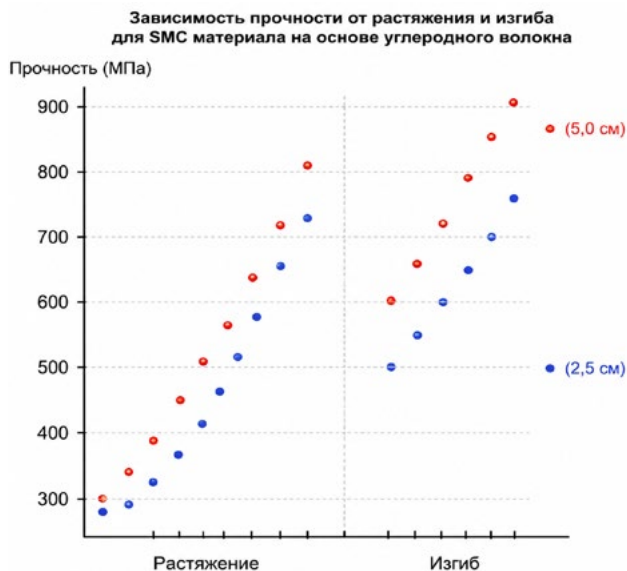


Рисунок 2. Зависимость прочности при растяжении и прочности при изгибе пластика на основе эпоксидного препера Resifibe SMC 1410 с длиной волокна 2,5 см и 5,0 см

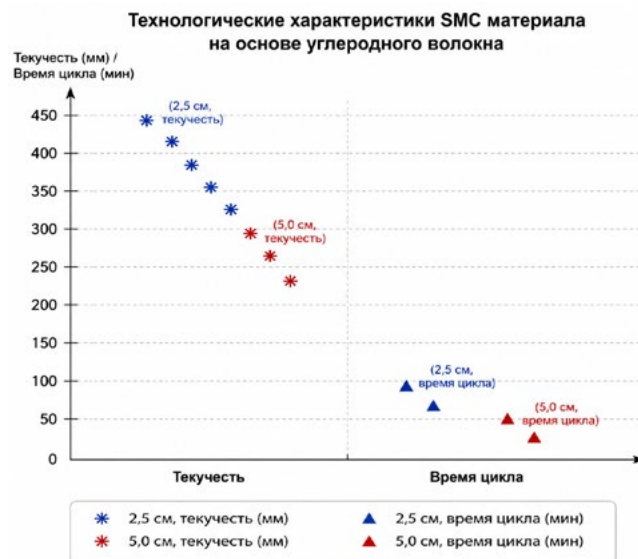


Рисунок 3. Технологические характеристики пластика на основе эпоксидного препера Resifibe SMC 1410 с длиной волокна 2,5 см и 5,0 см

- сложных форм и сокращение времени цикла прессования; время цикла прессования для образцов с волокном 5,0 см увеличивается на 50 % ( $12 \pm 1,0$  мин против  $8 \pm 0,5$  мин) из-за худшей текучести и необходимости более тщательного уплотнения; процент брака (расслоения, пустоты) для длинных волокон выше на 167 % (8 % против 3 %), что связано с риском неравномерного распределения и спутывания длинных волокон в процессе формования.
- Определены особенности влияния длины волокна на структурные характеристики: плотность материала с волокном 5,0 см выше на 7 % ( $1,55 \pm 0,03$  г/см<sup>3</sup> против  $1,45 \pm 0,02$  г/см<sup>3</sup>) за счёт более плотного расположения длинных волокон; удельная прочность (соотношение прочности к плотности) у образцов с волокном 5,0 см выше на 44 %, что делает их более эффективными для силовых конструкций; визуальная оценка показала, что образцы с волокном 2,5 см имеют более однородную текстуру и гладкую поверхность, тогда как образцы с волокном 5,0 см демонстрируют выраженную волокнистую структуру с возможными неровностями из-за выступающих волокон.
  - Обоснованы оптимальные сферы применения для каждого типа материала: SMC с волокном 2,5 см рекомендован для: внутренних деталей и каркасных элементов, где критична масса изделия; деталей сложной геометрии, требующих высокой текучести материала; серийного производства, где важна скорость цикла и низкий процент брака; компонентов, не испытывающих высоких динамических нагрузок (панели, облицовки, внутренние перегородки).
  - SMC с волокном 5,0 см предпочтителен для: видовых и высоконагруженных элементов с повышенными требованиями к прочности и долговечности; силовых конструкций, работающих на изгиб и ударные нагрузки (элементы шасси, кузовные детали, несущие балки); изделий, эксплуатируемых в экстремальных условиях (авиационные и авто-

мобильные компоненты, спортивный инвентарь); случаев, где приоритетом является максимальная надёжность и трещиностойкость.

- Практические рекомендации: для ускорения производства и снижения массы конструкции следует выбирать SMC с волокном 2,5 см; для ответственных силовых элементов с высокими требованиями к прочности и ударной вязкости рекомендуется использовать SMC с волокном 5,0 см; при работе с длинными волокнами необходимо оптимизировать параметры прессования (температура, давление, время) для минимизации брака; в случаях, требующих баланса между прочностью и технологичностью, возможно использование гибридных композиций с комбинацией волокон разной длины.

На основании проведенных исследований дальнейшей областью исследований будет являться:

- изучение влияния промежуточных длин волокон (3,0–4,0 см) для поиска оптимального баланса свойств;
- исследование усталостной прочности и долговечности материалов при циклических нагрузках;
- оптимизация состава эпоксидного связующего для улучшения текучести при сохранении высокой прочности;
- разработка методов контроля распределения волокон в матрице для снижения процента брака при использовании длинных волокон.

Таким образом, проведенное исследование демонстрирует, что длина углеродного волокна в составе SMC на эпоксидном связующем является ключевым параметром, определяющим комплекс механических и технологических свойств материала. Обоснованный выбор длины волокна позволяет целенаправленно проектировать композиты под конкретные эксплуатационные и производственные задачи, обеспечивая оптимальное сочетание прочности, массы и технологичности. **КМ**



# 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

**СОЛИСПЛИТ**– Базовый однокомпонентный разделительный воск

**СОЛИСПЛИТ-ВТ** – Высокотемпературный однокомпонентный разделительный воск

# Инновационное высокотемпературное связующее для технологической оснастки «РЕЗИКАРБ МОЛД»

К. С. Новиков  
А. С. Любимова  
Н. В. Хлебников

ООО «Композит-Изделия»  
cp-vmt.ru



Компания «Композит-Изделия» расширила линейку своих эпоксидных материалов — было разработано и запущено в производство инновационное высокотемпературное связующее для технологической оснастки «Резикарб Молд» (ТУ 20.16.40-045-30189225-2026), представляющее собой модифицированную эпоксидную систему, предназначенную для изготовления композитной оснастки с рабочей температурой до 180°С. Данное связующее является следующим шагом развития собственной линейки отечественных эпоксидных связующих «Резикарб», которая на сегодняшний день представлена связующими для вакуумной инфузии и ручного формования «Резикарб ЭП» (ТУ 20.16.40 - 038-30189225-2024) и «Резикарб Аэро» (ТУ 20.16.40-039-30189225-2025). Данные материалы прошли проверку на соответствие ПП РФ 719 от 17.07.2015 о подтверждении производства российской промышленной продукции и внесены в Реестр российской промышленной продукции. Связующие «Резикарб» являются результатом исследований и разработок «Композит-Изделия» и производятся на собственных мощностях компании, где проводится тщательный контроль как поступающего сырья, так и готовой продукции.

Использование композитной оснастки по сравнению с металлической целесообразно в тех отраслях, где крайне важно сохранение точности и повышенных физико-механических характеристик конечных изделий. Близкие коэффициенты линейного термиче-

ского расширения композитной оснастки и самого получаемого изделия снижают появление остаточных напряжений и деформаций, которые снижают эксплуатационные характеристики готовой конструкции. При использовании композитной оснастки значительно повышается точность технологического процесса формования изделий. Также значительно меньшая масса композитной оснастки по сравнению с металлической позволяет облегчить процесс ее перемещения в рамках технологического процесса.

Новое отечественное связующее «Резикарб Молд» обеспечивает высокую технологичность переработки и высокие термомеханические характеристики конечного композита. Данный продукт ориентирован на предприятия авиастроительной, ракетно-космической, судостроительной и ветроэнергетической отраслей, где требуется точная, термостойкая и геометрически стабильная оснастка для изготовления деталей из препрегов или инфузионных материалов.

Связующее «Резикарб Молд» обладает следующими ключевыми преимуществами:

- Высокое качество пропитки связующим армирующего наполнителя за счет оптимизированной вязкости и смачивающей способности;
- Высокая температура стеклования (Tg), не менее 190°С после обязательной термообработки (пост-отверждения), гарантирует сохранение жёсткости и точности оснастки в цикле нагрева до 180°С;

Таблица 1. технические характеристики «Резикарб Молд»

| Показатель                              | Компонент А                  | Компонент Б           | Система А+Б                  |
|-----------------------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Вес. соотношение А:Б                    | 100,0                        | 52,0                  | —                            |
| Внешний вид                             | от темно-желтого до красного | бесцветный прозрачный | от темно-желтого до красного |
| Вязкость системы при 25°С, мПа·с        | 350-400 (смесь)              |                       |                              |
| Жизнеспособность (100 г) при 25°С, мин  | 270-300 (~4,5-5 часов)       |                       |                              |
| Жизнеспособность (1500 г) при 25°С, мин | не менее 180 (3 часа)        |                       |                              |
| Tg после отверждения, °С (DMA, onset)   | не менее 190                 |                       |                              |



Рисунок 1. Выкладка сухой ткани с помощью клея «Резивер-спрей»

- Легкая дегазация даже в больших объёмах;
- Высокое качество финальной поверхности материала.

Связующее «Резикарб Молд» оптимально подходит для изготовления композитных оснасток такими методами, как: вакуумная инфузия, ручное формование (контактное формование с последующим вакуумированием). Материал химически совместим и обеспечивает полную пропитку армирующих наполнителей на основе:

- углеродного волокна (все типы, включая жгуты 3K, 6K, 12K, 24K);
- стекловолокна (все типы).

Технические характеристики продукта представлены в таблице 1.

Связующее «Резикарб Молд» является технологичным и надёжным решением для производства термостойкой композитной оснастки, обеспечивающим сочетание удобства переработки (низкая вязкость, большая жизнеспособность) и высоких эксплуатационных характеристик ( $T_g$  до  $190^{\circ}\text{C}$ , идеальная поверхность, отсутствие дефектов пропитки и пористости).

Для достижения  $T_g \geq 190^{\circ}\text{C}$  и максимальной степени сшивки требуется строгое соблюдение ступенчатого режима пост-отверждения:

- Нагрев от комнатной температуры до  $80^{\circ}\text{C}$  со скоростью  $(5-10)^{\circ}\text{C}/\text{час}$ ;
- Выдержка при  $80^{\circ}\text{C}$  – 1 час;

- Нагрев до  $200^{\circ}\text{C}$  со скоростью не более  $(5-10)^{\circ}\text{C}/\text{час}$ ;
- Выдержка при  $200^{\circ}\text{C}$  – 5 часов;
- Медленное охлаждение до комнатной температуры со скоростью не более  $1^{\circ}\text{C}/\text{мин}$  (критично для минимизации остаточных напряжений и коробления оснастки).

Специалистами инжинирингового центра «Композит-Изделия» было проведено экспериментальное изготовление оснастки, в ходе которого была получена тестовая композитная оснастка габаритами  $1100 \times 500$  мм.

При изготовлении была использована следующая схема армирования:

Углеродная ткань твил 2/2 3K-1000-200 –  $[0/90]_2$ ;

Углеродная ткань твил 2/2 12K-1000-600 –  $[0/90]_{12}$ .

Для временной фиксации слоёв ткани в сухом пакете перед инфузией использован клей «Резивер-спрей», который полностью растворим в эпоксидном связующем (рис. 1). При этом не происходит локального повышения вязкости, скорость пропитки не снижается, отсутствует влияние на физико-механические свойства и  $T_g$ . Преимущество — клей не оставляет следов на лицевой поверхности и не требует удаления растворителями.

При работе со связующим «Резикарб Молд» была отмечена лёгкость дегазации. Объём смеси в количестве 2000 г дегазируется в вакуумной камере менее чем за 15 минут, при этом вязкость не успевает вырасти даже в столь крупной массе. Это гарантирует полное удаление вовлечённого воздуха без риска

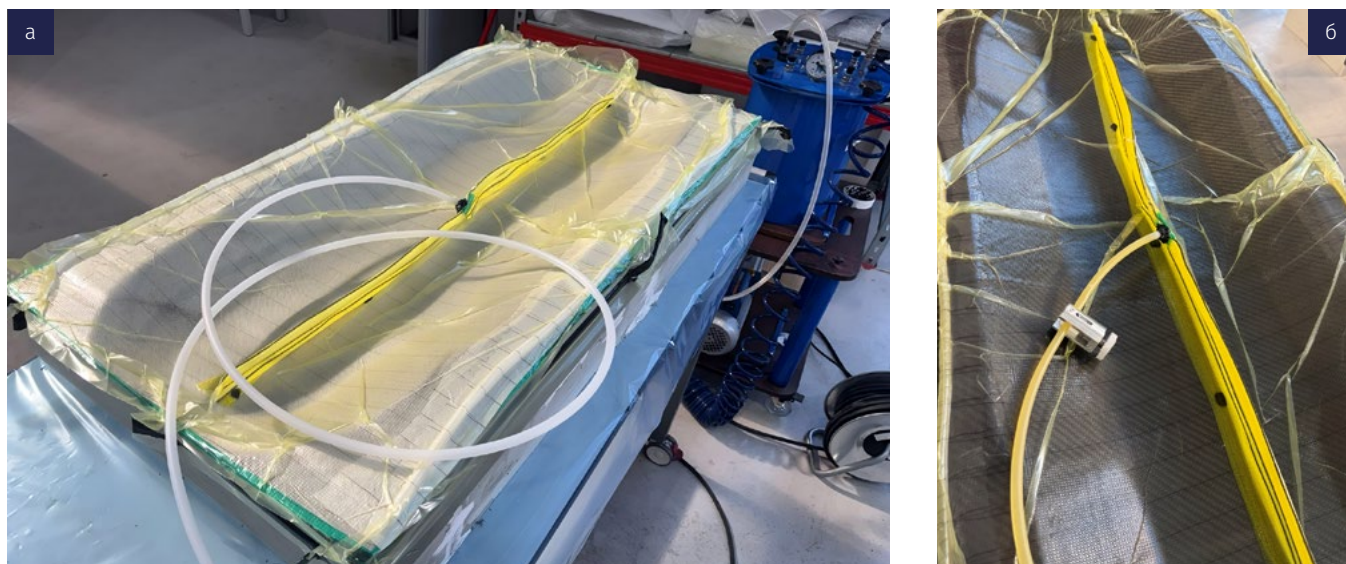


Рисунок 2. Сформированный пакет (а) и процесс инфузии (б)

преждевременного гелеобразования. Контроль фронта связующего производился визуально, степень пропитки преформы — исходя из опыта специалистов инжинирингового центра. Полная пропитка заняла около двух часов, что для 14 слоёв плотной углеродной ткани является отличным показателем. Посторонних воздушных включений, сухих зон или дефектов затекания не наблюдалось.

После полного цикла отверждения (выдержка при комнатной температуре в течение суток с последующим пост-отверждением по режиму до 200°C) оснастка была подвергнута визуальному и ультразвуковому контролю.

По результатам проверки поверхность не имеет дефектов, пор, расслоений, микротрещин или локальных утяжек. Пористость отсутствует.

Термомеханические характеристики также показали хороший результат. Образцы, вырезанные из пластины, показали высокую температуру стеклования  $T_g$  191–193°C по данным ДМА.

Результаты оценки смачивания показали, что смола идеально пропитывает волокна углеткани по всей толщине, межслойная граница плотная, без каналов.

Благодаря высокой чистоте пропитки и полному

отверждению, композитная оснастка на связующем «Резикарб Молд» демонстрирует:

- стабильную геометрию после многократных термоциклов (имитация «съёмов» деталей до 100–200 циклов в диапазоне 20–180°C);
- высокий ресурс службы, сопоставимый с металлической оснасткой в условиях горячего прессования.

Практический опыт использования показал, что оснастка, изготовленная с использованием связующего «Резикарб Молд», выдерживает многие десятки съёмов препреговых деталей без ухудшения качества поверхности и снижения герметичности.

Технические специалисты инжинирингового центра ООО «Композит-Изделия» ведут непрерывную работу по разработке новых продуктов, а также изучение и модификацию существующих продуктов для удовлетворения любого клиентского запроса и решения самых сложных технологических задач. Также инжиниринговым центром проводятся внутренние и выездные теоретические и практические семинары по продуктам и решениям компании для композитной отрасли. **КМ**



Рисунок 3. композитная оснастка на связующем «Резикарб Молд»



# РЕЗИВЕР-СПРЕЙ

## Аэрозольный клей

ТУ 20.52.10 - 041-30189225-2025



Предназначен для временной фиксации стекла и углеткани и вспомогательных материалов



Совместим со всеми типами эпоксидных связующих



Бесцветный и не оставляет следов на поверхности изделий



Подходит для получения ПКМ методом вакуумной инфузии и RTM



Не ухудшает механические свойства ПКМ



Не влияет на скорость пропитки



### Показатель

### Значение

Основной материал

Эпоксидные смолы

Цвет

Прозрачный

Срок хранения

24 месяца

Массовая доля пропеллента, %

45-60

Массовая доля основного вещества, %

60-80

Оптимальный нанос клей-спрея

1,7-12,5 г/м<sup>2</sup>

Степень эвакуации содержимого упаковки, не менее

98%



# Применение композитных материалов при ремонте технологических трубопроводов

В. Ф. Копачев, д.т.н.  
Е. А. Копачева

ФГБОУ ВО «Уральский  
государственный горный  
университет»  
г. Екатеринбург, РФ

Ю. В. Холодников, к.т.н.

2000 СКБ «Мысль»  
г. Екатеринбург, РФ

Технологические трубопроводы являются одним из важнейших видов нефтезаводского оборудования. Транспортируемые по ним продукты могут быть различного вида с различными параметрами давления и температуры. Также трубопроводные системы могут быть разной конфигурации с ответвлениями и с различной протяжённостью. В количественном отношении технологические трубопроводы в 2-3 раза больше всех остальных видов применяемого оборудования. Исследования показывают, что наибольшее количество отказов и аварий, связанных с пропуском рабочей среды, приходится на технологические трубопроводы. А основным видом нарушения является локальный износ стенки трубопровода [1]. Поэтому вопросы восстановления дефектных технологических трубопроводов являются актуальной задачей.

Перспективным направлением в настоящее время является восстановление дефектных трубопроводов непосредственно на месте путем использования композитных материалов, обладающих высокой прочностью и высокой адгезией к металлическим материалам. Традиционный ремонт трубопроводов сваркой и врезкой ремонтных участков не всегда может быть выполнен на месте, и в большинстве случаев, приходится прибегать к полной замене целых участков трубопроводов. Следует отметить, что трубопроводы из металлов обладают всеми необходимыми характеристиками, но являются массивными и дорогостоящими элементами.

Перспективными в настоящее время являются материалы, обладающие прочностью, сопоставимой с металлами, но имеющие значительно меньший вес, а также стоимость [2]. К таким материалам относятся композиты — многокомпонентные материалы, изготовленные из двух или более компонентов. Перспективность использования таких материалов также подтверждается развитием технологий изготовления композитных элементов различных деталей с использованием различных наполнителей, которые придают материалу дополнительные улучшенные физические и химические свойства.

Рассмотрим возможность применения композитных материалов для ремонта технологических трубопроводов в нефтехимической промышленности методом «мокрого» ламинирования [3]. Данный технологический процесс подразумевает нанесение на поврежденную поверхность сухого стеклоармирующего материала (стекломат, стеклоткань) с последующей его пропиткой жидкой органической смолой (эпоксидной, фенолформальдегидной, полиэфирной, эпоксивинилэфирной и др.). Смола выполняет функции связующего, а стеклоармирующий материал обеспечивает механическую прочность конструкции. Для придания композиту специальных свойств в смолу вводят функциональные наполнители в виде минеральных или полимерных дисперсий.

Преимуществами данного вида ремонта являются: возможность работы «по месту», в том числе в труднодоступных и замкнутых пространствах; без огневой способ ремонта и ремонтпригодность наносимых покрытий; высокая прочность покрытия, возможность создания покрытий для различных рабочих сред и условий эксплуатации; возможность модернизации оборудования и интенсификации производственных процессов при нанесении специальных видов покрытия на существующие конструкции.

Выполним расчет стеклопластикового бандаж

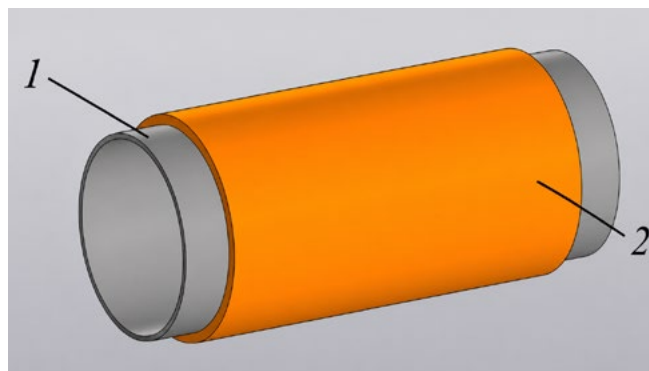


Рисунок 1. Стеклопластиковый бандаж на трубопроводе:  
1 — металлическая труба; 2 — стеклопластиковый бандаж

Таблица 1. Физико-механические свойства композита – стеклопластик (S-стекло)

| № | Наименование показателя                                      | Условное обозначение | Единица измерения      | Значение |
|---|--------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------|----------|
| 1 | Плотность                                                    | $\rho$               | г/см <sup>3</sup>      | 1,95     |
| 2 | Удельная прочность                                           | $\sigma_b/\rho$      | МПа·см <sup>3</sup> /г | 564      |
| 3 | Предел прочности на растяжение                               | $\sigma_{вр}$        | МПа                    | 1100     |
| 4 | Предел прочности на сжатие                                   | $\sigma_{вс}$        | МПа                    | 800      |
| 5 | Модуль упругости материала при температуре 20°С              | $E^{20}$             | МПа                    | 46000    |
| 6 | Модуль упругости материала при расчетной температуре (120°С) | $E$                  | МПа                    | 27600    |
| 7 | Ударная вязкость                                             | KCU                  | КДж/м <sup>2</sup>     | 115      |
| 8 | Усталостная прочность (% от статической)                     | $\sigma_{-1}$        | %                      | 60       |

для ремонта стальных труб. Исходными данными для расчета являются основные геометрические размеры бандажа, физические свойства материала из которого изготовлен бандаж, основные действующие нагрузки на бандаж. Общий вид бандажа показан на рисунке 1.

Бандаж изготовлен из композитного материала: стеклопластик (S-стекло), основные физико-механические свойства которого приведены в таблице 1.

Расчет ремонтного бандажа выполнен на основании ГОСТ Р 59411-2021 «Трубопроводы промышленные из стеклопластиковых труб. Правила проектирования и эксплуатации» и ГОСТ 32388-2013 «Трубопроводы технологические. Нормы и методы расчета на прочность, вибрацию и сейсмические воздействия».

Расчет бандажа на прочность включает:

- расчет минимальной толщины исходя из действующего избыточного внутреннего давления и избыточного наружного давления;
- проведение проверочного расчета на прочность при условиях эксплуатации трубопровода (временные длительные нагрузки (внутреннее избыточное давление или вакуум в трубопроводе), кратковременные нагрузки (испытание трубопровода на прочность и проверка герметичности, гидравлический удар).

Результаты математического моделирования и проверочные расчеты показывают, что минимальная величина толщины ремонтного бандажа SR, выполненного из стеклопластика, без учета напу-

ска на технологию производства и прибавки для компенсации эрозии материала при эксплуатации, составляет менее 1 мм для давления до 1,5 МПа и диаметра трубопроводов до 300 мм для температурных условий до 120°С (рис. 2). Данный результат показывает, что толщина ремонтного слоя в три раза меньше толщины трубы, выполненной из металла.

Условия прочности бандажа при воздействии гидравлического удара соблюдается для любых сочетаний его конструктивных форм.

Такими образом, предварительные исследования показывают, что применение композитов для ремонта стальных труб методом изготовления композитного бандажа на трубе способом «мокрого» ламинирования, позволяет достичь необходимых результатов. При этом стоимость ремонтных работ не превышает стоимости традиционных методов восстановления труб. А срок службы трубопровода увеличивается, так как бандаж из стеклопластика обладает высокой химической стойкостью к агрессивным условиям внешней среды. Данное решение может найти применение для восстановления изношенных трубопроводов и для других отраслей промышленности. **КМ**

## Список литературы

1. Бадьин Ю.А., Солоденков С.В., Феоктистов В.А. Предотвращение повышенного эрозионно-коррозионного износа в технологических трубопроводах нефтеперерабатывающих предприятий. – URL: <https://chemtech.ru/predotvrashhenie-povyshennogo-jerozionno-korrozionnogo-iznosa-v-tehnologicheskikh-truboprovodah-neftepererabatyvajushhih-predpriyatij/> (дата обращения 2026-02-15).
2. Любимова О.Н., Любимов Е.В., Андреев В.В. Армирующие элементы на основе стеклометаллокомпозита: анализ целесообразности их внедрения: учебное пособие для вузов / Политехнический институт ДВФУ. – Владивосток: Изд-во Дальневост. федерал. ун-та, 2023. – 1 CD. [117 с.]. – Систем. требования: Acrobat Reader, Foxit Reader или любой другой их аналог. – ISBN 978-7444-5539-2. – Текст: электронный.
3. Холодников Ю.В., Альшиц Л.И., Дербышев А.С. «Применение композитов в оборудовании для химического производств. Часть 1» // Композитный мир. №3, 2019 г. – С. 36-44.

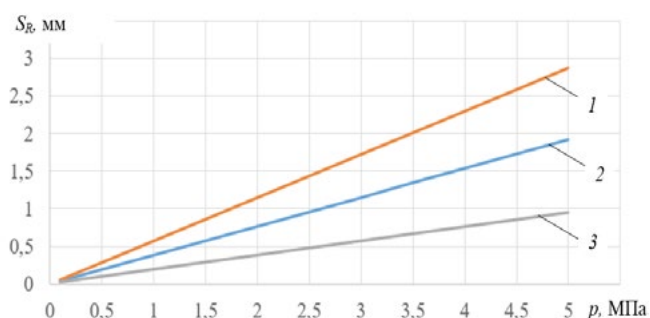


Рисунок 2. Зависимость минимальной расчетной толщины ремонтного стеклопластикового бандажа от избыточного давления для труб диаметром  $D_n$ :  
1 — 300 мм; 2 — 200 мм; 3 — 100 мм

# ООО «НПП «СВОИ КОМПОЗИТЫ»

## Материалы, механообработка и испытания — всё на одной площадке



nppsk.ru

Главная проблема российского рынка композитов — не дефицит самих материалов, а отсутствие комплексных поставщиков. Сегодня заказчики вынуждены работать по разорванной цепочке: покупать листы у одной компании, заказывать испытания в сторонней лаборатории, а чертежи и раскрой — у третьих лиц. Это приводит к значительным потерям времени и усложняет контроль качества. Научно-производственное предприятие «Свои Композиты» решает эту задачу, объединяя все этапы в одном контуре: от разработки рецептуры и производства до механической обработки по чертежам заказчика и проведения лабораторных испытаний. Мы берем на себя полный цикл, чтобы клиент получал готовое решение «под ключ».

### Производство под Санкт-Петербургом

Производственная площадка расположена в Кировске Ленинградской области. Основу составляет оборудование для производства композитных материалов и парк современных станков с ЧПУ, включая широкоформатные порталные фрезерные центры с обработкой изделий габаритом до 2,0 на 3,0 метра и установка гидроабразивной резки. Для композитов это принципиально: резка водой не даёт термического повреждения кромки и расслоения, а порталная обработка снимает ограничение по размеру детали.

Рабочий допуск на размер составляет 0,1 миллиметра. Для композитных материалов показатель жёсткий, и держится он не только станком, а связкой из оснастки, инструмента, режима резания и входного контроля заготовки. Детали делаются по чертежам заказчика практически из любого композитного материала: листового стеклотекстолита, трудногорючего стеклопластика, углепластика, наполненных полиамидов, композитов на минеральной основе, слюдопластов и многих других композитных материалов.

### Собственные композитные материалы

Ключевое направление компании — это разработка и выпуск собственных импортозамещающих материалов. Стеклопластик ДЮРОПЛАСТИК производится методом RTM. В отличие от классического

горячего прессования SMC-препрега этот способ не требует дорогостоящих металлических пресс-форм и прессового оборудования, применяется неметаллическая оснастка и полуавтоматизированная линия. Себестоимость изделия заметно снижается, качество поверхности и стабильность геометрии сохраняются.

Материал ДЮРОПЛАСТИК — трудногорючий полиэфирный стеклопластик, обладает высокими физико-механическими и электроизоляционными характеристиками, низким влагопоглощением, выпускается в нескольких цветовых исполнениях.

На сегодняшний день разработано и выпускаются 3 марки материала. Все марки внесены в Реестр Российской промышленной продукции по 719 постановлению Правительства РФ.

Применение данных материалов широкое: энергетическое машиностроение, промышленное строительство и судостроение, элементы вагонов метро, трамваев и подвижного состава, изоляторы и комплектующие в аппаратах и щитовом оборудовании.

### Специальные задачи

Предприятие работает со специальными композитными материалами — стеклопластики для работы в условиях экстремально низких температур до  $-196^{\circ}\text{C}$ , магнитопроводящие композиты, слюдопласты с рабочей температурой до  $600^{\circ}\text{C}$ .

Одной из компетенций компании является изготовление резьбового композитного крепежа из различных марок стеклопластиков — шпильки, гайки,

болты. Изготовление происходит по чертежам клиента. Крепеж востребован там, где металл неприменим из-за магнитных свойств и электропроводности, а также там, где нужна коррозионная стойкость. В судостроении композитная шпилька нередко оказывается дешевле аналога из нержавеющей стали.

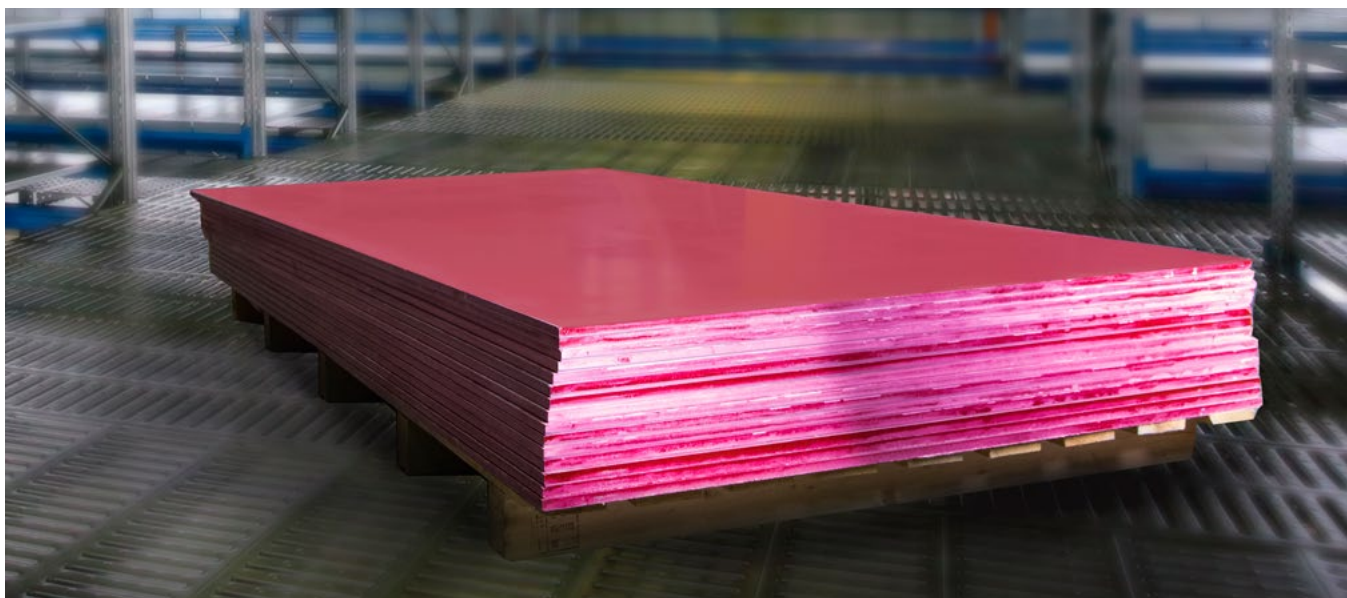
### Собственная лаборатория

Наличие собственной испытательной лаборатории позволяет закрывать задачи входного контроля сырья и контроля качества изготавливаемых материалов. Испытательная лаборатория определяет физико-механические характеристики и электрические параметры, включая тангенс угла диэлектрических потерь, диэлектрическую проницаемость и удельное сопротивление. Образцы сложной формы, например, лопасти для испытаний на растяжение по ГОСТ 11262-2017, изготавливаются на собственном производстве. Лаборатория обеспечивает полный цикл контроля качества: от отработки рецептур до подтверждения характеристик по методикам ГОСТ с обязательным протоколированием результатов.

### Беспилотные системы

В 2026 году предприятие впервые представило свои материалы на выставке «ДронЭкспо», и этот сегмент быстро выделился в отдельное направление работы. Производителям БПЛА нужен не уникальный материал как таковой, а предсказуемый: стабильный по партиям, доступный по срокам и технологичный в серийной механообработке. Собственное производство материала в сочетании со станочным парком, обеспечивающим допуск 0,1 мм, позволяет решать обе задачи — от поставки листа до готовой детали по чертежу. Сегодня компания уже освоила выпуск листового углепластика для изготовления рам БПЛА по чертежам заказчиков. **КМ**

*Компания ООО «НПП «СВОИ КОМПОЗИТЫ» располагает полным набором ресурсов для выпуска готового композитного изделия и решения на его основе: площадкой, парком высокоточного оборудования, лабораторией, специалистами и отлаженной логистикой. Подробнее на сайте [nppsk.ru](http://nppsk.ru)*



# Переработка углепластиков: проблемы рекуперации волокна и переход к экономике замкнутого цикла

Е. П. Ширшова  
А. В. Анисимов

СПбГУПТД  
sutd.ru

## Проблема образования отходов и приоритеты их переработки

Любая деятельность человека неизбежно сопровождается образованием отходов. Они могут находиться в твердом, жидком или газообразном состоянии. Промышленные отходы образуются в результате производства. К ним относятся остатки сырья, непригодные полуфабрикаты, бракованные изделия, отходы обработки (вырубка отверстий, распил, шлифовка), а также продукция, вышедшая из эксплуатации.

Федеральный закон № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» устанавливает приоритет максимального использования сырья и предотвращения образования отходов. Если отходы неизбежны, главными направлениями становятся их обработка и утилизация. Комплексная переработка позволяет вовлечь ресурсы обратно в хозяйственный оборот как дополнительный источник сырья для новых изделий или получения энергии. Чтобы превратить отходы во вторичные ресурсы, часто требуется их очистка, сортировка, концентрирование и выделение ценных компонентов [1].

## Рост производства углепластиков и проблема их утилизации

В погоне за снижением массы изделий, высокой прочностью и энергоэффективностью производство углепластиков становится всё более востребованным в серийном выпуске изделий. Однако увеличение объемов выпуска углепластика, полимерного композиционного материала (ПКМ) на основе термореактивного связующего и углеродного волокнистого наполнителя, ведет к накоплению отходов. Углепластики устойчивы к гидролизу, биодеструкции и разрушительному воздействию ультрафиолета. Они могут десятилетиями занимать полезные площади, создавая нагрузку на экосистему.

Складирование бракованных изделий или продук-

ции с истекшим сроком годности — это упущенная возможность использования ресурсов. Углеродное волокно (УВ), содержащееся в структуре композиционного материала, редко полностью исчерпывает свой потенциал, следовательно, его можно рекуперировать (восстановить).

## Основные методы переработки углепластиков

Существует четыре основных метода переработки ПКМ: механические, термические, химические и комбинированные. У каждого из них есть недостатки, поэтому ни один нельзя считать универсальным решением [2, 3].

### 1. Механические методы

Это дробление и измельчение. Они просты и дешевы, но приводят к сильному укорачиванию углеродного волокна. При этом волокно во вторичном сырье сильно загрязнено остатками полимерной матрицы, которую часто невозможно отделить от него. Такой рекуперированный материал подходит только как дисперсный наполнитель для неответственных моноконтруктивных изделий.

### 2. Химические методы

К ним относятся сольволиз и гидролиз. Эти методы позволяют выделить углеродное волокно высокой чистоты (рисунок 1) и максимально сохранить его свойства. Однако они требуют агрессивных, токсичных и дорогостоящих реагентов, а также высокого давления и температуры. Кроме того, нужна утилизация отработанных и вторично образованных реагентов [4].

Важно отметить, что химические процессы не протекают мгновенно. Их продолжительность в значительной степени зависит от состава матрицы и требует контроля со стороны квалифицированного

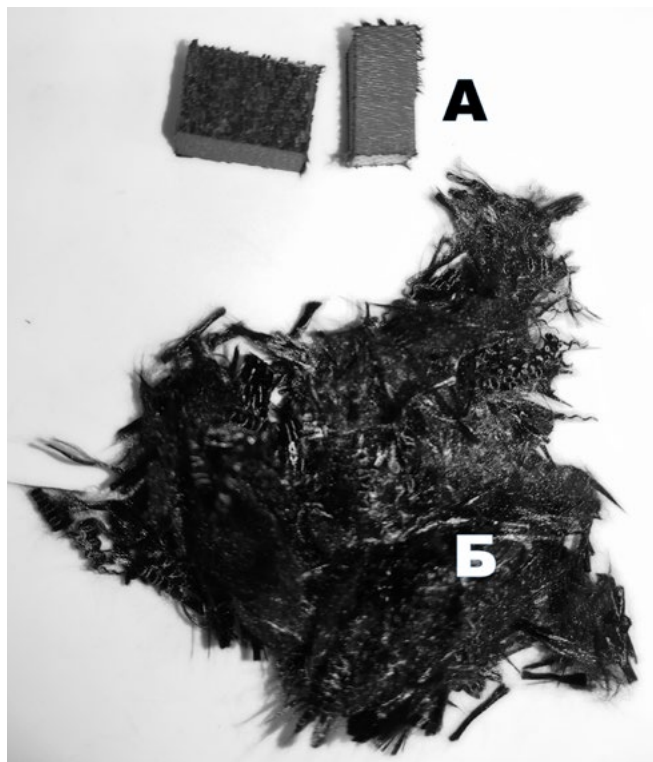


Рисунок 1. Внешний вид углепластика до обработки химическими реагентами (а) и выделенного волокнистого материала (б)

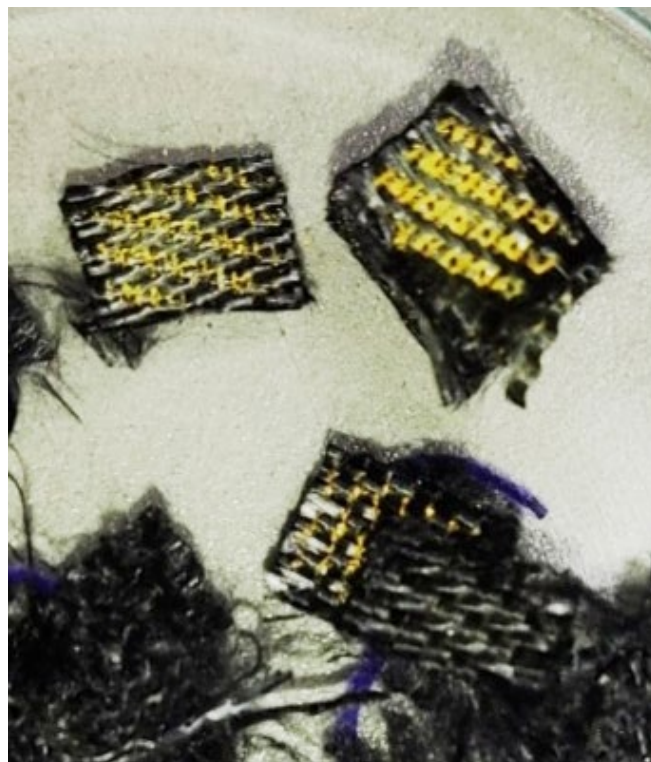


Рисунок 2. Внешний вид рекуперируемого углеродного волокна, загрязненного остатками не полностью разрушившейся матрицы

персонала. Например, снижение концентрации реагента приводит к неполному разложению матрицы (рисунок 2), что требует дополнительной очистки. На сегодняшний день в России существуют только лабораторные установки для химической переработки ПКМ, поэтому промышленное применение этого метода — дело отдаленного будущего.

### 3. Термические методы

Данные методы позволяют извлечь волокно с разной степенью сохранности структуры. Однако даже щадящий пиролиз в инертной среде не позволяет получить «чистые» волокна из-за неравномерного

прогрева утилизируемых отходов.

- После пиролизной обработки при  $600^{\circ}\text{C}$  в инертной среде (рисунок 3) образцы сохраняют форму, однако при незначительном воздействии расслаиваются на тканые слои. Волокна теряют прочность на 30–50 %.
- После обработки при  $900^{\circ}\text{C}$  (рисунок 4) образцы легко разделяются на отдельные хрупкие волокна, однако потеря прочности составляет 90 %, по сравнению с исходными волокнами.

Изучение морфологии рекуперированных УВ с использованием электронного микроскопа показывает, что на «чистых» внешне волокнах все равно присут-



Рисунок 3. Внешний вид углепластика после температурной обработки при  $600^{\circ}\text{C}$  в инертной среде



Рисунок 4. Внешний вид углепластика до пиролизной обработки (а) и выделенного углеродного волокна после высокотемпературной обработки при  $900^{\circ}\text{C}$  (б), загрязненного коксовыми продуктами

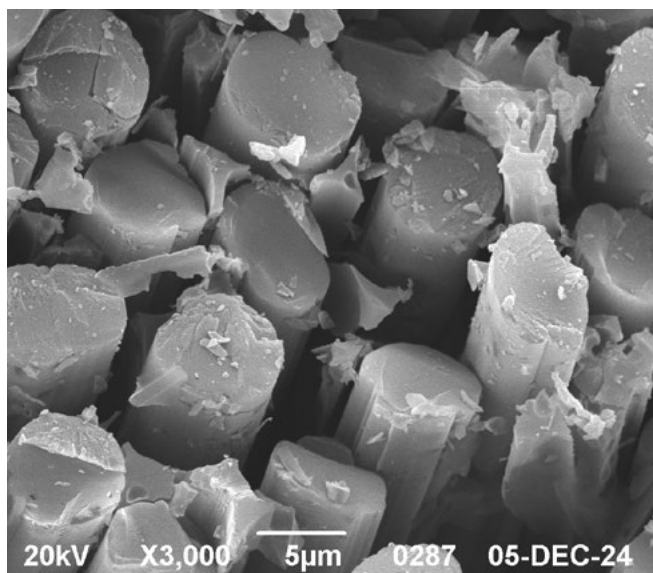


Рисунок 5. СЭМ изображение пучка «чистого» рекуперированного УВ, после обработки в инертной среде при температуре 600°C

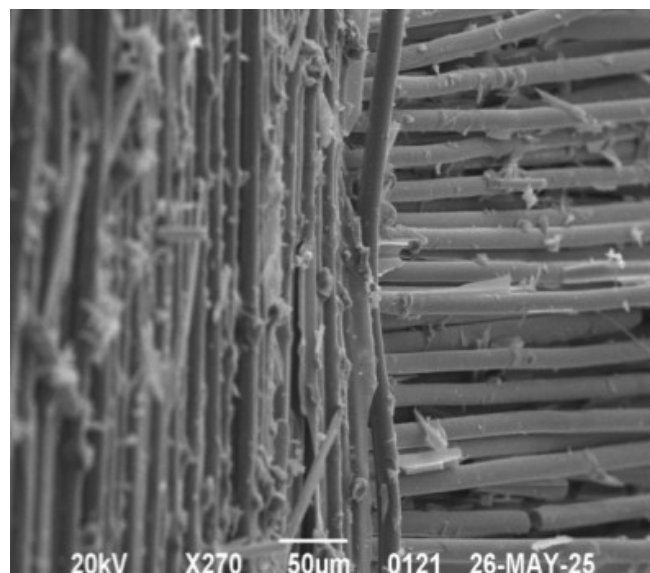


Рисунок 6. СЭМ изображение поверхности рекуперированного тканного участка УВ, после обработки в инертной среде при температуре 900°C и последующей ультразвуковой очистки

ствуют неотделимые остатки полимерной матрицы в виде коксового остатка (рисунок 5).

Для удаления загрязнений тканые образцы были подвергнуты дополнительной очистке при помощи ультразвукового воздействия в водной среде. Однако, как видно на рисунке 6, на поверхности все равно присутствует неотделимые продукты пиролиза матрицы, которые возникают из-за неравномерной конверсии полимерного связующего внутри плотного блока.

Недостатком термических методов переработки углепластиков является образование большого количества побочных пиролизных газов, в том числе оксида углерода, которые необходимо улавливать и конденсировать.

### Проблема газообразных выбросов и карбоновые полигоны

Образование оксида углерода характерно не только для процессов деструкции полимеров. Углекислый газ выделяется при сжигании топлива, в металлургии, химической промышленности, а также в природе (брожение, дыхание, вулканическая деятельность). Накопление  $\text{CO}_2$  в атмосфере усиливает парниковый эффект.

Для снижения этого влияния за рубежом разрабатывают технологии улавливания и утилизации углерода — CCUS (Carbon Capture, Utilization and Storage). Крупные компании внедряют их для повышения эффективности переработки [5, 6].

В России с 2021 года по инициативе Президента и Минобрнауки стартовали проекты по созданию карбоновых полигонов. На этих площадках разрабатывают методы оценки баланса экосистем, учета выбросов и улавливания углекислого газа. Рекомендуются конденсировать и очищать  $\text{CO}_2$  для дальнейшего использования в производстве, закачки в истощенные после добычи полезных ископаемых пласты или повышения нефтеотдачи на старых месторождениях [7, 8].

### Создание новых ПКМ из переработанного волокна

Продукты переработки углепластиков (волокна ограниченной длины, порошки, гранулы) можно использовать в автомобилестроении, авиации, строительстве и для создания очистных систем. Лидерами в этой области являются Япония (Toray Industries, Mitsubishi), Германия (SGL Carbon) и США (Hexcel, Cytec) [3].

Однако создание ПКМ из рекуперированного УВ сталкивается с рядом трудностей:

1. Нестабильность сырья: оно неоднородно и загрязнено продуктами деструкции матрицы.
2. Плохая адгезия: на поверхности вторичного волокна часто отсутствуют функциональные группы, что требует особых подходов к аппретированию.
3. Сложность подбора связующего.

Перечисленные особенности накладывают ограничения на выбор и применение технологий производства ПКМ, а также обуславливают необходимость модернизации оборудования и разработки новых компаундов, что требует дополнительных финансовых затрат. К примеру, для улучшения адгезии между полимерной матрицей и наполнителем можно использовать методы модификации поверхности: окисление, аппретирование, плазменную или ионно-лучевую обработки. На практике часто приходится использовать комбинирование технологий получения ПКМ для достижения желаемого качества готового изделия: к примеру, смешение вторичного УВ с первичным и связующее, для отверждения которого не требуется избыточное давление и температура [9, 10].

На рисунке 7 представлены образцы ПКМ на основе эпоксидной смолы и вторичного УВ в качестве наполнителя, полученные по технологии ручного формования в форму.

## Препятствия и перспективы развития переработки

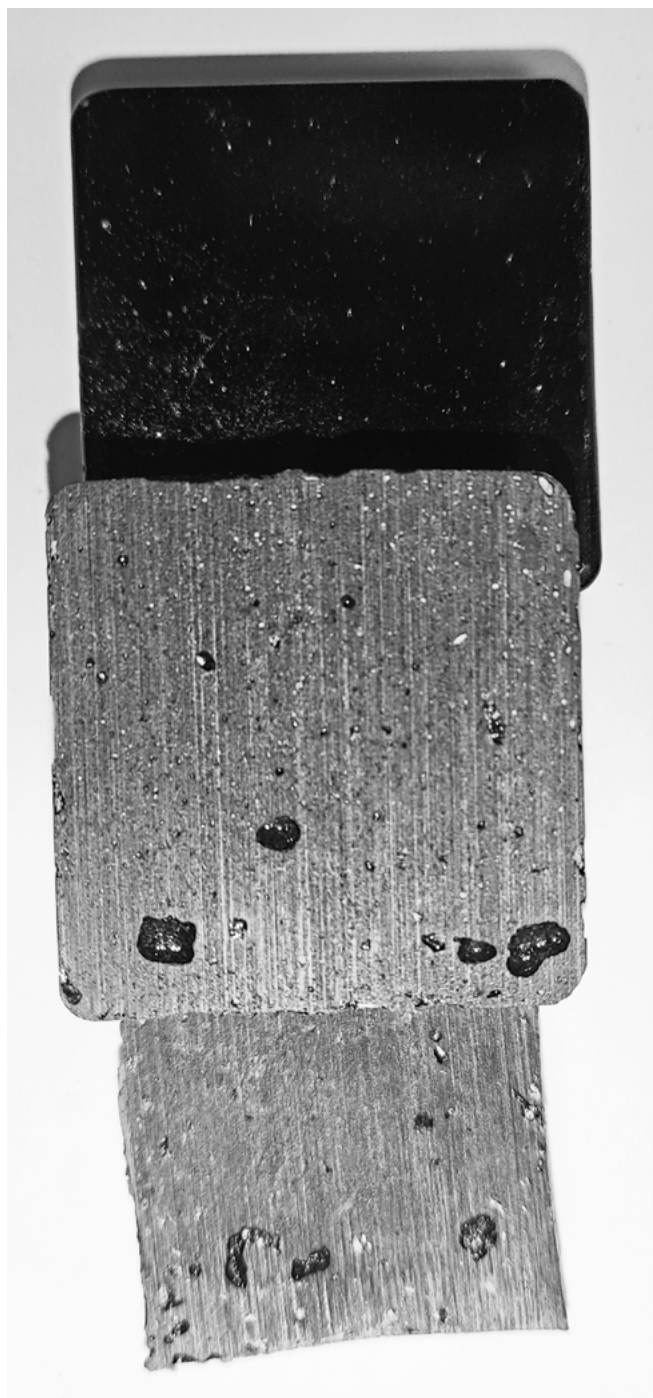
Для создания новых функциональных материалов на основе рекуперированного углеродного волокна и оптимизации имеющихся технологических решений требуются длительные и кропотливые научные изыскания, а также консолидированный подход государства, промышленности и бизнеса.

Ключевые шаги в этом направлении:

- признание рекуперированного УВ технологическим продуктом, а не отходом;
- создание ГОСТов и ТУ с четкими требованиями к свойствам;
- запуск линий переработки непосредственно на производствах (где известна история материала);
- внедрение результатов НИОКР и пилотных проектов.

На данный момент переработка промышленных

Рисунок 7. ПКМ на основе эпоксидного связующего и вторичного УВ



отходов углепластика нерентабельна из-за сложностей сортировки, нестабильности сырья, дороговизны оборудования, отсутствия стандартов и господдержки, а также низкого спроса. Переработчикам проще и дешевле подвергнуть сжиганию отходы, выделившиеся газы пустить на топливо, а тепловую энергию – на поддержание температурного режима оборудования.

Однако стоит помнить, что использование вторичного УВ сокращает потребность в дорогих новых материалах, способствует развитию экономики замкнутого цикла и совершенствованию методов производства.

## Использованная литература

1. Федеральный закон от 24 июня 1998 г. №89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» // Собрание законодательства РФ. - 1998. - №26. - Ст. 3309.
2. Петров, А.В. Технологии утилизации полимерных композиционных материалов (обзор) / А.В. Петров, М.С. Дориомедов, С.Ю. Скрипачев // Труды ВИАМ: элетрон. науч.-техн. журн. - 2015. - №8. - с.62-73
3. Малаховский, С.С. Основные тенденции получения и применения вторичных углеродных волокон (обзор) / С.С. Малаховский, С.И. Мишкин // Труды ВИАМ: элетрон. науч.-техн. журн. - 2019. - №9 (81). - с. 73-79
4. Ильиных, Г.В. Основные направления утилизации углепластиков // Г.В. Ильиных // Бюллетень науки и практики. - 2019. - т. 5, №12. - с.69-78. - DOI: doi.org/10.33619/2414 2948/49/08
5. Грушевенко, Е. Поймать и обезвредить. Как улавливание и хранение CO<sub>2</sub> может помочь человечеству в борьбе с глобальным потеплением / Е. Грушевенко // Вестник Атомпрома. - 2024. - URL: <https://atomvestnik.ru/2024/10/31/pojmat-i-obezvredit/>
6. Шершнева, Ю. Creon market monitor: CCUS (улавливание, хранение и утилизации CO<sub>2</sub>) / Ю. Шершнева // CREON Group. - 2021. - URL: <https://creon-group.com/wp-content/uploads/2021/10/2021-10-22-creon-market-monitor-ccus-ru-1.pdf>
7. Указ Президента РФ от 8 февраля 2021 г. №76 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений» // Собрание законодательства РФ. 2021. - №7. - Ст. 1012.
8. Константинов, А. Карбоновый полигон. Что это такое и как работает / А. Константинов // Цифровой океан.рф. - 2024. - URL: <https://digitalocean.ru/n/lovcsy-ugleroda>
9. Морозов С.В. Влияние модификации поверхности углеродных волокон на физикомеханические характеристики углепластиков / С.В. Морозов, С.В. Ананьин // Ползуновский вестник. - 2022. - № 1. - с. 134–138.
10. Сидорина, А.И. Модификация поверхности углеродных армирующих наполнителей для полимерных композиционных материалов электрохимической обработкой (обзор) / А.И. Сидорина // Труды ВИАМ: элетрон. науч.-техн. журн. - 2022. - №4. - с. 61-74.



# Сажа. Нanomатериал через тысячелетия

Д. А. Петрова,  
О. И. Гладунова  
Н. С. Лукичева

кафедра НВКМ  
sutd.ru

Есть материалы, которые сопровождают человечество столь долго, что кажутся само собой разумеющимися. Технический углерод — один из них. По внешнему виду это обычный чёрный порошок: невзрачный, лишённый какой-либо очевидной привлекательности. Однако за этой простотой скрывается один из наиболее функционально насыщенных материалов, которыми располагает современная промышленность. Технический углерод, в обиходе нередко называемый сажей, известен человеку с глубокой древности. Задолго до того, как появились химия, материаловедение и понятие «наноматериал», люди интуитивно находили этому веществу практическое применение — в живописи, письме, косметике, ритуалах. Тысячелетия спустя он оказался незаменим в совершенно иных контекстах: резиновой и шинной промышленности, производстве пластмасс, красок, электронных компонентов и энергонакопительных устройств.

Причина такой универсальности — не в химической формуле. Технический углерод состоит преимущественно из углерода, однако его реальные свойства определяются не составом, а структурой — той самой, которую невозможно увидеть невооружённым глазом.

Частицы технического углерода имеют нанометровый масштаб. Они объединяются в агрегаты и агло-

мераты, несут на поверхности активные химические группы, а развитая удельная поверхность обеспечивает интенсивное взаимодействие с матрицей — будь то каучук, полимер или лак. Именно морфология частиц, их структурность и поверхностная химия (рисунок 1), а не только элементный состав, определяют, как поведёт себя материал в конкретном применении [1].

## Наследие минувших эпох

Первые следы осознанного использования сажи теряются в глубине палеолита. На стенах пещер — среди наиболее известных примеров Альтамира и Ласко (рисунок 2) — археологи обнаруживают изображения, выполненные чёрным пигментом на основе угля и копоти. Древний художник брал продукт неполного сгорания — то, что оседало на камнях вокруг костра, — и переносил на стену [2].

В Древнем Египте сажа перестала быть случайным материалом и превратилась в намеренно получаемый продукт. Египтяне смешивали тонкодисперсную копоть с водой и растительными или животными связующими — камедью акации, желчью, маслами — и получали чернила для письма на папирусе. Именно эти чернила донесли до нас тексты, написанные тысячелетия назад: сажевый пигмент химически инертен,

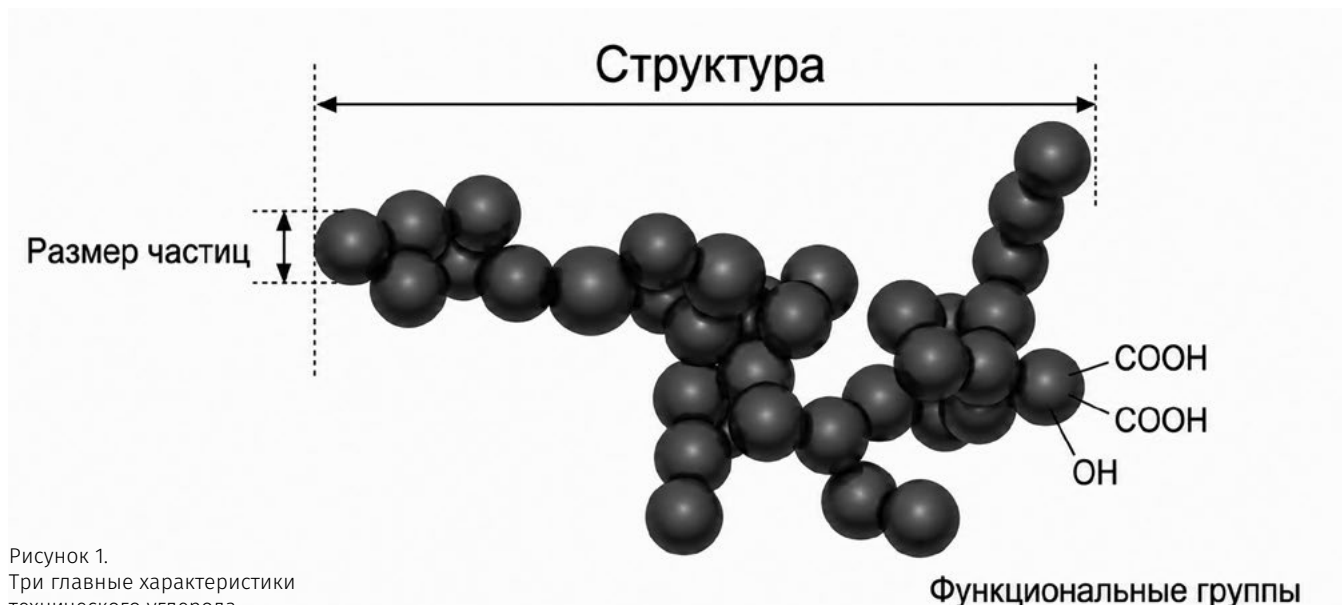


Рисунок 1.  
Три главные характеристики  
технического углерода

не разрушается под действием света и времени так, как органические красители.

Параллельно сажа использовалась в ритуальной и декоративной практике. Чёрная краска для подведения глаз — кохль — включала в свой состав углеродные пигменты наряду с минеральными компонентами [3].

Наиболее технологически развитую форму работы с сажей в доиндустриальную эпоху демонстрирует традиция китайской туши. Здесь речь идёт уже не о сборе случайной копоти, а о целенаправленном производстве тонкодисперсного углеродного пигмента.

Сырьём служили сосновая древесина, масла или ламповая копоть — продукт неполного сгорания растительных и животных жиров. Копоть собирали в специальных камерах, где она оседала на стенках, затем тщательно отделяли от более крупных частиц и примесей. Полученный порошок смешивали с животным клеем — чаще всего желатином из костей или кожи, — а затем формовали смесь в бруски (рисунок 3) или палочки. Перед применением тушь растирали с водой на шлифованном камне до нужной консистенции [4].

Качество туши определялось тонкостью помола, равномерностью частиц и соотношением пигмента и связующего. Лучшие сорта хранились десятилетиями и ценились чрезвычайно высоко. Мастера, производившие тушь, выработали эмпирические критерии, которые современная наука интерпретирует через удельную поверхность, дисперсность и структурность частиц: тогда это называлось просто «хорошая тушь».

На протяжении тысячелетий сажа оставалась пигментом — веществом, которое придаёт поверхности цвет. Переход в принципиально иную роль произошёл в XIX веке и был связан с развитием резиновой промышленности.

Натуральный каучук, известный европейцам с эпохи Великих географических открытий, долгое время оставался материалом капризным и ненадёжным. При низких температурах он твердел и трескался, при высоких — размягчался и терял форму. Изделия из сырого каучука не выдерживали механических нагрузок и быстро приходили в негодность.

В середине XIX века был разработан процесс вулканизации — химического сшивания полимерных



Рисунок 2. Изображения животных в пещере Ласко



Рисунок 3. Брусок китайской туши



Рисунок 4. Основные области применения технического углерода

цепей каучука с помощью серы при нагреве. Вулканизированная резина сохраняла эластичность в широком диапазоне температур, значительно лучше сопротивлялась деформации и механическому износу. Это открыло дорогу к промышленному производству резинотехнических изделий и, в дальнейшем, пневматических шин.

Однако вулканизированная резина из чистого каучука всё равно не обладала достаточными механическими характеристиками для тяжёлых условий эксплуатации — прежде всего для шин, которые испытывают постоянные циклические нагрузки, трение о дорожное покрытие и воздействие внешней среды.

Наблюдение о том, что добавление технического углерода в резиновую смесь резко улучшает свойства готового материала, было сделано в начале XX века. Это открытие оказалось одним из важнейших в истории материаловедения: технический углерод превратился из пигмента в активный усиливающий наполнитель [5].

Механизм усиления определяется той самой наноструктурой, о которой шла речь выше. Нанометровые частицы технического углерода с развитой удельной поверхностью вступают в интенсивное физическое и химическое взаимодействие с полимерными цепями каучука. Формируется сеть из агрегатов и агломератов, связанных с матрицей через поверхностные активные группы. В результате резина приобретает

принципиально иные характеристики по сравнению с ненаполненным материалом.

### Актуальность в новом тысячелетии

За пределами шинного производства технический углерод присутствует в широкой номенклатуре резинотехнических изделий: уплотнительных элементах, приводных ремнях, рукавах, вибродемпферах, конвейерных лентах. Во всех этих применениях механизм одинаков — наноразмерные агрегаты формируют с полимерной матрицей усиленную сетчатую структуру, радикально улучшающую эксплуатационные характеристики изделия [6].

### Пластмассы и полимерные композиты

В пластмассах технический углерод выполняет несколько функций одновременно. Прежде всего — пигментная: устойчивый глубокий чёрный цвет, не выцветающий под действием ультрафиолета и агрессивных сред. Второй функцией служит защита от УФ-излучения: технический углерод эффективно поглощает ультрафиолет и тем самым предохраняет полимерные цепи от фотодеструкции, существенно продлевая срок службы изделий, эксплуатируемых на открытом воздухе. В зависимости от марки и концен-

трации технический углерод может также придавать пластику антистатические или электропроводящие свойства [7, 8].

## Лакокрасочные материалы, чернила и тонеры

В полиграфии технический углерод — основа чёрных печатных красок и тонеров для лазерных принтеров и копировальных аппаратов [9]. Требования к дисперсности, структурности и поверхностной химии для этих применений принципиально иные, чем для резины: важны размер частиц, реологические свойства суспензии, взаимодействие с органическими связующими и закрепление на различных субстратах. Фактически типографская краска XXI века и китайская тушь тысячелетней давности разделяют один и тот же действующий компонент — только тщательно охарактеризованный и воспроизводимо синтезированный.

## Электропроводящие материалы и кабельная промышленность

Технический углерод обладает электронной проводимостью, обусловленной делокализованными  $\pi$ -электронами в графитоподобных фрагментах структуры. При введении в полимерную матрицу выше определённого порогового содержания агрегаты образуют непрерывную проводящую сеть — перколяционный кластер, — и материал приобретает измеримую электропроводность.

Это свойство широко используется в кабельной промышленности: электропроводящие и полупроводящие слои силовых кабелей высокого напряжения изготавливаются на основе полимерных композитов с техническим углеродом. Равномерность поля вокруг токоведущей жилы и надёжность электрической изоляции напрямую зависят от качества и стабильности этих слоёв.

## Электроды, суперконденсаторы и аккумуляторные системы

По мере развития электрохимической энергетики технический углерод занял важное место в составе электродных материалов. В литий-ионных аккумуляторах он используется как токопроводящая добавка к активным материалам катода и анода: развитая поверхность и высокая электронная проводимость обеспечивают эффективный отвод тока и снижают внутреннее сопротивление ячейки.

В суперконденсаторах — устройствах, способных накапливать и отдавать энергию значительно быстрее, чем классические аккумуляторы, — высокоструктурные и высокодисперсные марки технического углерода служат непосредственно основой электродного слоя. Большая удельная поверхность определяет ёмкость устройства, а проводимость — его мощностные характеристики. Таким образом, материал, чья история началась с наскальных рисунков, сегодня оказывается

компонентом накопителей энергии для электромобилей и промышленных систем резервного питания.

Таким образом, технический углерод представляет собой уникальный пример материала, чей путь от палеолитических рисунков до высокотехнологичных суперконденсаторов демонстрирует эволюцию человеческого мышления: от интуитивного использования сажи как красителя до осознанного управления её наноструктурой для создания сложных композитов. История «чёрного порошка» — это наглядный урок того, как глубокое понимание морфологии и поверхностных свойств наноматериала способно превратить обыденное вещество в незаменимую основу шинной, электротехнической и аккумуляторной промышленности. И если в древности ценность сажи определялась стойкостью цвета, то сегодня она измеряется удельной поверхностью, перколяционным порогом и способностью формировать проводящие сети. Пройдя сквозь тысячелетия, этот материал остаётся не просто свидетелем истории, а активным её участником, задающим тон в развитии современной энергетики и материаловедения. **КМ**

## Список использованных источников

1. Три основных свойства технического углерода : URL: <http://www.carbonblack.jp/en/cb/tokusei.html> (дата обращения 01.06.2026). – Текст. Изображение : электронные.
2. Zerboni, A.; Villa, F.; Wu, Y.-L.; Solomon, T.; Trentini, A.; Rizzi, A.; Cappitelli, F.; Gallinaro, M. The Sustainability of Rock Art: Preservation and Research. Sustainability 2022, 14, 6305. <https://doi.org/10.3390/su14106305>
3. The eyes have it: The intriguing history of kohl : URL: <https://edition.cnn.com/2024/02/29/style/eyeliner-kohl-cultural-history> (дата обращения 01.06.2026). – Текст : электронный.
4. History flows on a river of ink^ exploring the origins of modern ink : URL: <https://www.hamiltonpens.com/blogs/articles/history-flows-on-a-river-of-ink-exploring-the-origins-of-modern-ink> (дата обращения 01.06.2026). – Текст : электронный.
5. The manufacturing process of rubber : URL: <https://www.sciencing.com/manufacturing-process-rubber-5206099/> (дата обращения 01.06.2026). – Текст : электронный.
6. Применение технического углерода : URL: <https://blackbearcarbon.com/products-2-2/> (дата обращения 01.06.2026). – Текст. Изображение : электронные.
7. Zielinski T., Kijenski J. Plasma carbon black—the new active additive for plastics //Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. – 2005. – Т. 36. – №. 4. – С. 467-471.
8. Суровикин, Ю. В. Влияние углеродной матрицы на свойства нанокомпозита на основе высокодисперсного технического углерода / Ю.В. Суровикин, А.Г. Шайтанов, А.В. Лавренов, И.В. Резанов, А.В. Сырьева // Химия твердого топлива. 2020. – № 6 – с. 53-61.
9. Leach R. The printing ink manual. – Springer Science & Business Media, 2012.

# Отраслевые мероприятия

## 2026

### 7– 11 сентября

Всероссийская конференция

**«Актуальные проблемы создания бронезащитных  
и конструкционных композитных материалов и изделий»**

[www.armocom.ru](http://www.armocom.ru)

### 10–11 сентября

**«ФЕСТ КОМПОЗИТ 360°»**

Санкт-Петербург | [compositefest.ru](http://compositefest.ru)

### 10 сентября

**Петербургский международный научно-промышленный композитный форум**

Санкт-Петербург | [www.cclspb.ru](http://www.cclspb.ru)

### сентябрь

Фестиваль **«Композиты без границ»**

Москва | [compositesforum.ru](http://compositesforum.ru)

### 14–16 октября

Выставка **«Полимеры и композиты»**

Беларусь, Минск | [polymerexpo.by](http://polymerexpo.by)

### 22–24 октября

Международный форум-выставка

**«Российский промышленник»**

Санкт-Петербург | [promexpo.expoforum.ru](http://promexpo.expoforum.ru)

## 2027

### 25–26 февраля

Международный форум-выставка

новых материалов, химии и технологий **АМТЕХРО 2027**

[www.amtexpo.ru](http://www.amtexpo.ru)

### 16 – 18 марта

**Композит-Экспо** — международная выставка: композитные материалы,  
технологии производства, оборудование,  
изделия из композиционных материалов

Москва | [www.composite-expo.ru](http://www.composite-expo.ru)

**Полиуретанэкс** — международная выставка:

полиуретаны, полиуретановые материалы,

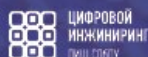
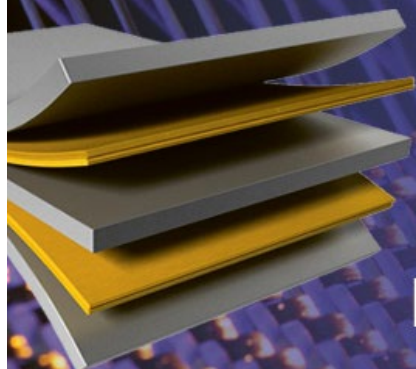
технологии производства, сферы использования

Москва | [www.polyurethanex.ru](http://www.polyurethanex.ru)

# «ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

30–31 июля 2026 года

НИК «Технополис Политех» СПбПУ



30–31 июля 2026 года Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого станет эпицентром дискуссии о будущем термопластичных композиционных материалов (ТПКМ). Четвертая научно-практическая конференция «Применение термопластичных композиционных материалов в промышленности», организованная при поддержке Композитного дивизиона Госкорпорации «Росатом» и компании ООО «Интек», обещает стать ключевым событием года для разработчиков, производителей и потребителей инновационных материалов.

Стремительное развитие технологий требует новых подходов к материалам. Термопластичные композиты, сочетающие легкость, прочность и возможность вторичной переработки, становятся основой для авиастроения, машиностроения и других высокотехнологичных отраслей. Обсуждение текущего состояния и перспектив этого направления станет главной темой предстоящей конференции, которая в четвертый раз пройдет в стенах Передовой инженерной школы «Цифровой инжиниринг» СПбПУ.

Мероприятие объединит представителей ведущих российских предприятий, включая Композитный дивизион Росатома, АО «ОДК», ООО «Интек», АО «Аэрокомпозит», ООО «ГК Техпром» и АО «АСКОН», а также ученых из КНИТУ-КАИ и других профильных вузов. Программа конференции охватывает четыре ключевых блока: состояние и перспективы развития рынка ТПКМ в России, вопросы производства, современные технологии изготовления изделий и подготовка кадров для отрасли.

Среди ключевых докладчиков — руководители и главные конструкторы отраслевых гигантов. Генеральный директор АО «АэроКомпозит» А.И. Гайданский представит доклад об использовании термопластов в гражданском авиастроении, а заместитель главного конструктора ПАО «ОДК-Сатурн» В.А. Крупенников расскажет о перспективах применения композитов в газотурбинных двигателях. Директор проектов Композитного дивизиона Росатома А.А. Шумаков осветит текущие разработки госкорпорации в этой сфере.

Особый интерес вызывает доклад CEO компании Suzhou Layway Intelligent Manufacturing Co., Ltd. Ф.К.

Антонова, посвященный крупносерийному производству деталей при помощи автоматизированной выкладки. Участники также обсудят разработки в области автоматизации производства от ЮРГПУ(НПИ), применение ТПКМ в машиностроении от ТулГУ и перспективные пултрузионные профили от экспертов Сколковского института науки и технологий.

В рамках конференции запланирована выставочная экспозиция, где будут представлены образцы термопластичных материалов, препрегов, готовых изделий и технологического оборудования.

«Конференция традиционно служит уникальной площадкой для профессионального диалога, обмена опытом и поиска новых направлений применения материалов в промышленности», — отмечают организаторы.

## Время и место проведения

Конференция пройдет 30 июля с 09:00 до 18:00 — основная программа, и 31 июля с 10:00 до 13:00 — переговоры участников.

Адрес: Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29, лит. АФ, НИК «Технополис Политех».

## Контактные лица для организации участия в мероприятии:

Оксана Вадимовна Никифорова  
ведущий научный сотрудник  
ПИШ «Цифровой инжиниринг»  
[tpcm@spbstu.ru](mailto:tpcm@spbstu.ru)  
+7 911 942-02-85

Антон Алексеевич Шумаков  
директор проекта «Термопласты»  
АО «Препрег-СКМ», Композитный дивизион  
Госкорпорации «Росатом»  
[a.shumakov@rosatom-composites.ru](mailto:a.shumakov@rosatom-composites.ru)  
+7 917 530-87-96



# КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Девятнадцатая международная специализированная выставка

## 16 - 18 марта 2027

Россия, Москва, МВЦ «Крокус Экспо»,  
павильон 1, залы 1 и 4

ufi Approved International Event

### 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

Expo Rating

выставка  
участник  
системы



независимый  
выставочный  
аудит

Параллельно проводится выставка:



## ПОЛИУРЕТАНЭКС

Восемнадцатая международная специализированная выставка  
[www.polyurethanex.ru](http://www.polyurethanex.ru)

Специальный  
раздел:  
**КЛЕИ И  
ГЕРМЕТИКИ**



### 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](mailto:info@composite-expo.ru) | Сайт: [www.composite-expo.ru](http://www.composite-expo.ru)

YouTube [youtube.com/user/compoexporussia](https://youtube.com/user/compoexporussia)

Выставка «Композит-Экспо»  
Россия (канал 52010143)

Telegram-канал  
«Композиты»



### Организатор:

