

КОМПОЗИТНЫЙ МИР

ISSN 2222-5439

#3 (112)
2025



КОМПОЗИТ
ИЗДЕЛИЯ



CARBO CARBO
КОМПОЗИТНЫЙ СУПЕРМАРКЕТ

Эпоксидные препреги для широкого спектра применений

Тип препрега	Универсальный	Быстроотверждаемый	Негорючий
Марка связующего	ResiFibe CP - 1360	ResiFibe CP - 1515	ResiFibe CP - 1560
Минимальное время отверждения	60 мин.	10 мин.	60 мин.
Температура формования	130°C	150°C	150°C
Температура стеклования Tg	140°C	120°C	110°C
Технологии переработки	безавтоклавная	безавтоклавная, прессование	прессование, автоклав
Области применения	БПЛА, машиностроение, спортивный инвентарь и экипировка	спортивный инвентарь и экипировка, массовое производство	авиация, транспортное машиностроение



НОВЫЕ ПРЕПРЕГИ В НАЛИЧИИ

На основе стеклоткани 100-280 г/м²

На основе углеткани 160-200 г/м²



+7(499)281-66-33

E-mail : info@carbocarbo.ru

carbocarbo.ru



О чем думает новое поколение композитчиков?

Уважаемые читатели!

В своей колонке я часто делюсь мыслями о глобальных трендах в мире композитов и новых материалов. Но сегодня хочу сменить ракурс и заглянуть в самое сердце нашей отрасли — в научные лаборатории и аудитории, где формируется будущее. Как главный редактор журнала, я имею уникальную возможность видеть, какие исследования рождаются на стыке науки и промышленности. А как старший преподаватель кафедры наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов СПбГУПТД — наблюдать, какие темы выбирает самое объективное и свободное от конъюнктуры сообщество — студенты.

Их выбор — точный барометр не только научной, но и технологической повестки. И сегодня этот барометр показывает явный сдвиг от фундаментальных исследований к комплексным, междисциплинарным проектам с четким прикладным выходом.

Настоящий бум интереса мы наблюдаем в области рециклинга и вторичной переработки. Молодые умы озадачены будущим планеты, что выливается в серьезные работы по переработке полимеров и композитов. Студенты не просто ищут способы утилизации — они разрабатывают технологии замкнутого цикла для материалов как на основе термопластов, так и для «неудобных» термореактивных смол, что является одним из главных вызовов для индустрии.

Другое магистральное направление — «умная» модификация материалов. Студенты изучают, как наноразмерные добавки трансформируют привычные процессы: меняют кинетику отверждения, реологию связующих и, в конечном итоге, кардинально улучшают прочностные и эксплуатационные свойства готовых изделий. Это уже не просто эксперименты, а осознанная работа над материалами следующего поколения.

Но самый показательный тренд — прямая интеграция с запросами промышленности. Значительная часть студенческих работ выполняется для реальных секторов: от биосовместимых материалов для медицины и радиопрозрачных покрытий для авиации до высокотехнологичного текстиля.

Это значит, что новое поколение приходит в отрасль с готовыми решениями. Будущее отечественных материалов — за тесными альянсами науки, образования и производства. Именно в таких коллаборациях, где студенты решают актуальные задачи, а компании видят в них стратегический резерв, и рождается технологический суверенитет. Этот процесс уже идет, и в смелых студенческих проектах часто скрываются семена больших прорывов.

Читайте с пользой!

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



Научно-популярный журнал
Композитный мир
#3 (112) 2025

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

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

ISSN — 2222-5439

Учредитель:

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

Директор: Сергей Gladunov
gladunov@kompomir.ru

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

Вёрстка и дизайн:
design@compositeworld.ru

По вопросам сотрудничества:
info@kompomir.ru

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

Номер подписан в печать 10.10.2025

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

Научные консультанты:

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

Ольга Владимировна Асташкина — к.т.н.,
доцент кафедры Наноструктурных,
волоконистых 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

Надежда на технологии 24

Композиты без границ 2025 26

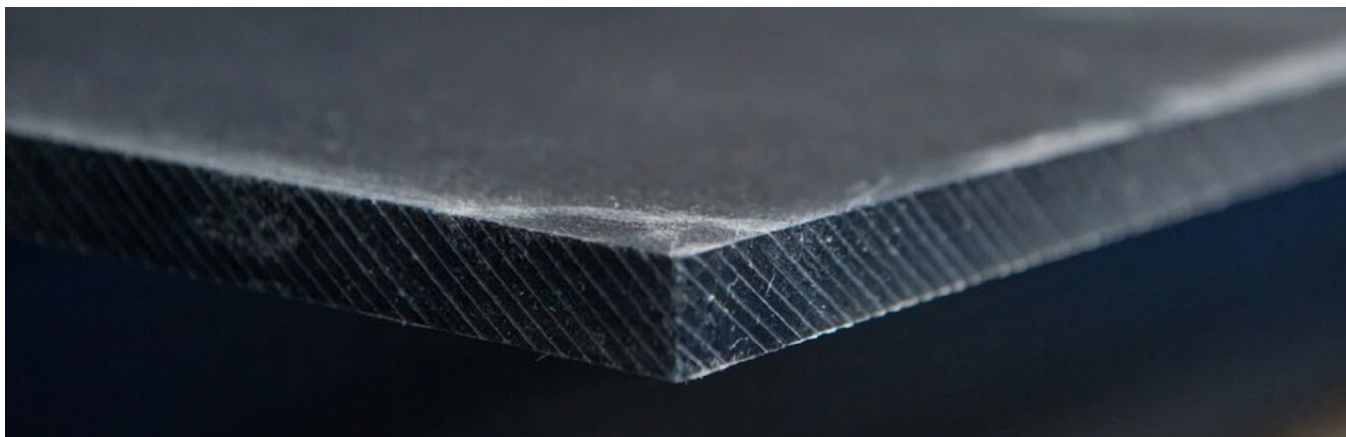
Материалы

Изготовление и испытания стеклопластиков
на основе отечественного эпоксидного
связующего «РезиКарб ЭП» 30

Стекломат для скинкота Vitruan
в бассейнах Laguna Pools 32

Сравнительный тест смолопроводящих
сеток «ПРО-СЕТ». Часть 2 36





Оборудование

Двухстольные пятиосевые фрезерные центры. Российский прорыв в обработке композитов	40
---	----

Применение

Композитный катамаран для транспортировки в контейнерах	44
ГК «Уралхимаппарат» запускает производство углепластиковых изделий	46

Технологии

Технология пултрузии: от исторических истоков до современных производственных вызовов	48
Ближайшие отраслевые мероприятия	58





19 сентября ушел из жизни глава Композитного дивизиона госкорпорации «Росатом» Тюнин Александр Владимирович. На протяжении последних 15 лет Александр Владимирович занимался развитием российской композитной отрасли, 9 лет из которых строил и масштабировал композитное направление внутри госкорпорации «Росатом».

Под началом Александра Владимировича были построены и запущены предприятия по производству композитных материалов, внесен большой вклад в достижение технологического суверенитета по ключевым технологиям в сегменте композитов, сформирована единственная в России, Восточной Европе и СНГ полная технологическая цепочка по углекомпозитам, разработаны отечественные технологии по передовым материалам и волокнам, создана линейка готовых решений для стратегических отраслей отечественной промышленности.

Александр Владимирович был преданным своему делу руководителем, профессионалом высокого уровня и человеком, который всегда умел сплотить команду вокруг самых амбициозных задач. Его энергия, целеустремленность и доброта навсегда останутся в нашей памяти.

Искренние соболезнования родным и близким.

Первое в России производство инновационных термопластичных композитов

В рамках международной выставки «ИННО-ПРОМ-2025» состоялась презентация первого в России серийного производства термопластичных композитных материалов. Это единственная в стране площадка, способная выпускать высокотехнологичные материалы, ранее доступные только за рубежом.

Производственные мощности позволяют выпускать консолидированные пластины, однонаправленные препреги, тоупреги и филаменты для 3D-печати. Эти инновационные материалы открывают новые возможности для авиастроения, космической и не-



фтегазовой отраслей, а также ускоряют внедрение аддитивных технологий в промышленность.

Годовой объем производства составит 11 тысяч пластин для термоштамповки, 50 тонн однонаправленных безутковых препрегов и тоупрегов для автоматической выкладки, а также 9 тонн филаментов из непрерывного углеродного волокна для 3D-печати. Запуск производства укрепит позиции России в области современных композитных технологий и обеспечит отечественную промышленность высокопрочными, легкими и долговечными материалами нового поколения, сообщает пресс-служба Росатом.

«Мировой рынок термопластичных композитов развивается стремительно, и теперь Россия входит в число технологических лидеров в этой сфере. Нам удалось не только разработать материалы, сопоставимые по качеству с продукцией мировых брендов, но и создать уникальное производство, аналогов которому в стране пока нет», — отметил Антон Шумаков, директор проекта «Термопласты» Композитного дивизиона «Росатома».

sdelanounas.ru

«Росатом» запустил вторую очередь производства полимерных композитов в Саранске

27 августа 2025 года состоялось торжественное открытие второй очереди производственной площадки ООО «Центр Полимерных композитов». Данный проект реализован Композитным дивизионом Госкорпорации «Росатом» совместно с производственным кластером ООО «Центр Полимерных Композитов», который объединяет несколько технологических переделов для производства высокотехнологичных, легких и долговечных композитных конструкций.

Запуск второй производственной очереди позволит масштабировать мощности с 1 200 т/год до 3 900 т/год, создать переделы по выпуску изделий по технологии прессования и термопластичного формования, а также наладить механическую обработку композитных изделий и сборку готовых конструкций на их основе. Ключевым и системообразующим потребителем продукции предприятия является строительная отрасль, реализуются поставки в знаковые проекты по



заказу муниципалитетов в Свердловской, Тюменской, Ивановской, Архангельской областях, развивается партнерство в железнодорожном и автодорожном строительстве.

Данный проект создаёт более 300 новых рабочих мест, что способствует экономическому росту региона и привлечению квалифицированных кадров и является важным шагом к обеспечению технологического суверенитета страны.

«Полимерная продукция, по сути технология будущего, применяется в ключевых секторах народного хозяйства, позволяет создавать новые продукты и способствует развитию инновационных сфер экономики. Для нас важно присутствие и развитие производства ГК «Росатом» на площадке территории опережающего развития «Рузаевка» в Мордовии. Мы сотрудничаем с госкорпорацией и в рамках поставок своей продукции, объем которых за минувший год вырос в 3,5 раза по сравнению с предыдущим. Республика оказывает поддержку проекту: предоставляем налоговые и преференции, земельные участки для реализации инвестиционного проекта», — отметил глава Республики Мордовия Артем Здунов.

Масштабирование производства полимерных композитов вывело Композитный дивизион «Росатома» на лидирующие позиции по объемам производимой продукции.

Композитный дивизион Госкорпорации «Росатом» занимает лидирующие позиции по производству ПАН-прекурсора, угле- и стекловолокна, тканей, препрегов и готовых изделий на их основе. Объединяет научно-исследовательский центр и промышленные предприятия, на которых создана полная производственная цепочка по композиционным материалам — от сырья до конечной продукции. В дивизион входит 17 предприятий в 13 регионах РФ.

Пресс-релиз компании

Carbon Studio расширяет свое присутствие на рынке композитных технологий в России

Ведущий российский разработчик и поставщик инженеринговых решений в области композитных материалов — компания Carbon Studio объявила об открытии нового офиса и складского комплекса в Москве.

Новый объект, расположенный по адресу: ул. Ижорская, д. 19, стр. 1, представляет собой важный этап в стратегическом расширении компании на территории Российской Федерации.

Свыше 18 лет компания Carbon Studio активно взаимодействует с ведущими производственными предприятиями страны, предоставляя широкий спектр услуг — от подбора и поставки материалов до консалтинга и профессионального обучения персонала. В числе ключевых направлений — внедрение инновационных решений, разработанных в сотрудничестве с международными партнерами, а также сопровождение полного жизненного цикла создания изделий из композиционных материалов.

Новый московский офис позволит оптимизировать логистические процессы, повысить доступность технической поддержки и расширить спектр предоставляемых услуг. Это укрепит позиции Carbon Studio как одного из ключевых игроков в отечественной индустрии композитов.

carbonstudio.ru

Татнефть начала строительство вертикального резервуара из композитов

Татнефть начала строительство первого в России крупного вертикального резервуара из композитов. Строительство осуществляется силами завода Татнефть-Пресскомпозит в нефтегазодобывающем управлении (НГДУ) Азнакаевскнефть, на площадке групповых замерных насосных установках (ГЗНУ) ГЗНУ-27 цеха добычи нефти и газа (ЦДНГ) ЦДНГ-5. Параметры композитного резервуара: объем 2000 м³, высота 12 м, вес около 80 т.

При строительстве резервуара используется технология вертикальной намотки, когда стеклоткань, пропитанная связующим материалом, укладывается слой за слоем. Все работы производятся непосредственно на месте установки будущего резервуара, в нескольких метрах от фундамента. С помощью вращающейся оправки на данном этапе работ изготавливают внутренний слой.

Из композитных материалов будет выполнена и инфраструктура резервуара — площадки обслуживания, ограждения, патрубки, система внутренних и



Судовые валы из полимерных композитов планируется изготовить до конца 2027 года

В России до конца 2027 года планируется изготовить и провести испытания экспериментальных натуральных образцов судовых валов из полимерных композиционных материалов (ПКМ). Это следует из материалов электронного конкурса, объявленного Минпромторгом России.

Министерство ищет исполнителя ОКР «Разработка новой конструкции и технологии создания судовых валов из полимерных композиционных материалов на основе перспективных углеродных армирующих систем с улучшенными ресурсными и вибро-шумопоглощающими характеристиками, с экспериментальной апробацией на опытных образцах предложенных конструктивно-технологических решений с целью замещения продукции ведущих мировых производителей», шифр «Валопровод-ПКМ».

Как уточняется в тактико-технических характеристиках закупки, сейчас в конструкциях судовых валопроводов зачастую применяются дорогие коррозионностойкие стали и сложные конструктивные элементы, требующие трудоемкой механической обработки. Это, по данным ведомства, существенно сказывается на стоимости и сроках их изготовления.

Внедрение в конструкции судовых валопроводов элементов из полимерных композиционных материалов, как ожидается, снизит их массу в сравнении с металлическими аналогами, сократит сроки изготовления за счет уменьшения механической обработки деталей и повышения уровня механизации и автоматизации производственного цикла, снизит уровни вибрации, улучшит эксплуатационные характеристики судна.

«Во многих странах, понимая все преимущества, которые дает применение ПКМ в конструкциях судовых валов, активно ведутся работы по созданию таких конструкций и серийному их производству. Патентные исследования, проведенные по ведущим странам Европы, Азии, а также США, и отдельные публикации показали большое многообразие запатентованных конструкций валов из ПКМ. В отечественном судостроении применение валов из ПКМ ограничивается только применением импортных образцов, поставка которых в сегодняшних реалиях для серийно строящихся и ремонтируемых судов затруднена или невозможна», — говорится в материалах закупки.

Несмотря на ряд проработок российских компаний, дальнейшего развития данная тематика в отечественной промышленности не получила, отмечают в Минпромторге.

Опытно-конструкторскую работу исполнитель должен выполнить в три этапа в рамках федерального проекта «Производство судов и судового оборудования» госпрограммы «Научно-технологическое развитие Российской Федерации». На первом этапе необходимо выбрать принципиальную конструкцию вала, состав и структуру полимерных композиционных материалов. Стоимость этапа составляет 25,25

наружных подводящих трубопроводов, в т.ч. маточник (устройство для равномерного распределения жидкости в резервуаре). Фундамент объекта также армирован стеклопластиковой арматурой.

Строительство планируется завершить в сжатые сроки — за 2 месяца. Это первый опыт строительства емкости для хранения жидкости такого объема полностью из композитных материалов. В 2026 г. запланировано строительство еще 2 резервуаров из композитных материалов, а в перспективе Татнефть планирует тиражировать технологию по всей стране.

Компания подчеркивает, что это первый проект по строительству крупного вертикального резервуара в России, но и мировых примеров таких экспериментов немного. В основном, резервуары из армированного волокном пластика (Fibre-reinforced plastic, FRP) применяются для химически крайне активных, но негорючих сред. Причем основной технологией строительства таких резервуаров является сбор резервуаров из сегментов на площадке. Татнефть пошла путем намотки на площадке (FW). Крупнейшим таким проектом считается строительство FRP-резервуаров на химическом заводе по производству удобрений в Индонезии, где в 2006 г. были смонтированы 2 резервуара для хранения 85%-ной фосфорной кислоты вместимостью 5000 м³ каждый, диаметром около 20 м и высотой около 15 м.

Несмотря на более высокие капитальные затраты при строительстве резервуаров из композитных материалов в сравнении с РВС, Татнефть считает это направление перспективным за счет снижения операционных затрат и др. преимуществ: конструкция из композитов будет обладать повышенной химстойкостью — композитный резервуар служит более 50 лет, ввиду отсутствия коррозии он не требует ремонта, что значительно снижает эксплуатационные затраты, возможность сбора конструкций из композита непосредственно на месте значительно сокращает сроки проведения работ и делает процесс менее трудозатратным, легкий вес построенного резервуара, изготовление и использование композитных резервуаров значительно снижает углеродный след по сравнению с традиционными РВС.

млн рублей. На втором этапе требуется разработать конструкторско-технологическую документацию на масштабные образцы вала из ПКМ, провести расчеты и испытания их конструкций. На эти работы выделяется до 144,75 млн рублей. Еще 140 млн рублей отводится на третий этап, который предполагает изготовление экспериментальных натурных образцов вала из полимерного композита и их испытания. В целом сроком исполнения контракта является 17 декабря 2027 года.

Результаты работы будут использованы проектан-тами и судостроительными предприятиями в судовых валопроводах пассажирских, круизных, рыболовных, скоростных судов, яхт и судов вспомогательного флота. Ориентировочными сроками внедрения названы 2028–2030 годы.

portnews.ru

Первый в России центр инженерных разработок по углехимии создадут в Кузбассе

Проект по созданию Межрегионального центра инженерных разработок получит федеральное финансирование в размере 400 миллионов рублей. Грант за победу в конкурсе Минпромторга РФ получил консорциум в составе КузГТУ, Федерального исследовательского центра угля и углехимии СО РАН, Донбасского государственного технического университета и НОЦ «Кузбасс — Донбасс».

«Новый центр, который будет создан на базе КузГТУ, станет уникальной для России площадкой полного цикла — от научной идеи до коммерциализации технологий глубокой переработки угля. Кузбасский центр инженерных разработок — это ответ на глобальные вызовы, стоящие перед угольной отраслью. Он позволит диверсифицировать экономику угледобывающих регионов, снизить зависимость от импорта и создать новые высокотехнологичные производства. Поддержка проекта со стороны Министерства энергетики России и ведущих промышленных компаний Кузбасса и других регионов страны подтверждает его высокую востребованность», — подчеркнул губернатор Кузбасса Илья Середюк.

Ключевая задача центра — разработка и передача промышленности не менее 20 конкурентоспособных технологий для производства продукции с высокой добавленной стоимостью. В фокусе работы будут производство синтетического топлива и водорода; создание новых материалов — углеродных волокон для авиации и космоса, композитов, полимеров; выделение ценных элементов: редкоземельных металлов, гуминовых веществ, горных восков для химической промышленности; разработка сорбентов для очистки воды и воздуха; цифровизация процессов путем создания цифровых двойников и применения искусственного интеллекта для оптимизации производств и другие направления.

Центр объединит мощный научный и кадровый потенциал, современную материально-техническую



базу ведущих вузов и НИИ двух угольных регионов — Кузбасса и Донбасса. К 2030 году планируется, что экономический эффект от внедренных разработок для промышленности составит не менее 800 млн рублей.

kemobl.ru

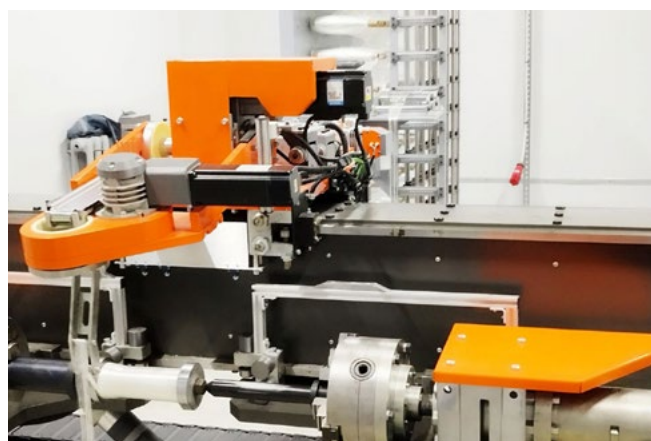
Уникальный роботизированный станок для создания деталей методом намотки

Станочный парк ПАО «Кировский завод «Маяк» (концерн «Калашников») пополнился технической новинкой, которая поможет предприятию не зависеть от сторонних поставок деталей из композитных материалов, выполненных методом намотки. На заводе завершилась пусконаладка намоточного станка российского производства. Оборудование установили ученые из Новочеркасска (Ростовская область), создавшие эту уникальную роботизированную систему.

Станок планируется использовать для производства композитных материалов, которые выдерживают температуру до 300 градусов по Цельсию, что заметно выше температурного режима стальных деталей.

По своим техническим характеристикам комплекс превосходит зарубежные аналоги. Подчеркнем, что донская разработка может плести больше двух с половиной километров композитной ткани в час.

Как пояснили разработчики станка, каждая нить стекловолокна проходит через ванну с жидкой смолой, пропитывается ею, а затем наматывается на



вращающуюся оправку по заранее заданной схеме. Рисунок создается в специальной программе. Затем намотанные волокна уплотняются для удаления излишков смолы, далее полученная структура отвердевает — волокна становятся частью детали.

Созданные путем намотки детали отличаются прочностью, длительный срок эксплуатации (более 50 лет), отсутствие коррозии и гниения. Они обладают низкой теплопроводностью и имеют небольшой вес, что позволяет снизить расходы на их транспортировку и монтаж. На следующем этапе ввода в эксплуатацию пройдут установка программного обеспечения и проверка электроники. После этого станок будет запущен в действие.

t.me/kalashnikovnews

Композиты «Росатома» помогли в кратчайшие сроки разработать 90% деталей самолета Tango

Разработанные и производимые Росатомом композиты помогли инженерам компании S7 в самые кратчайшие сроки разработать 90% деталей перспективного учебно-тренировочного самолета Tango, первые поставки которого начнутся в конце следующего года. Об этом сообщил на Мировой атомной неделе главный технолог проекта Tango Егор Голиков.

«Наш самолет разработан для будущих пилотов отечественной авиации. Сейчас на рынке наблюдается дефицит отечественных самолетов данного класса, и мы планируем заполнить этот пробел. Благодаря композитам Росатома мы реализовали этот проект в кратчайшие сроки. Уже в следующем году мы планируем выйти в серийное производство», — пояснил Голиков.

Как отметил Голиков, на долю композитов приходится около 90% разработанного самолета, причем использование этих материалов позволяет сократить в 1,5 раза массу этих деталей и снизить нагрузку на несущие конструкции. По его словам, проект Tango уже привлек внимание со стороны министерства транспорта, и участники проекта ожидают, что в конце следующего года первые серийные самолеты начнут использоваться в летных школах.

«Для реализации этого проекта сложились благоприятные условия — у нас есть материалы, из

которых его можно сделать, у нас была возможность быстро обучить персонал им пользоваться, а местное производство и хорошая логистика позволяли нам быстро, за 1,5–2 дня, изготавливать, обрабатывать и тестировать детали. С металлом такого бы не получилось — это и объясняет кратчайшие сроки реализации данного авиапроекта», — подытожил инженер.

tass.ru

«Свеза» запатентовала сэндвич-панели для транспорта

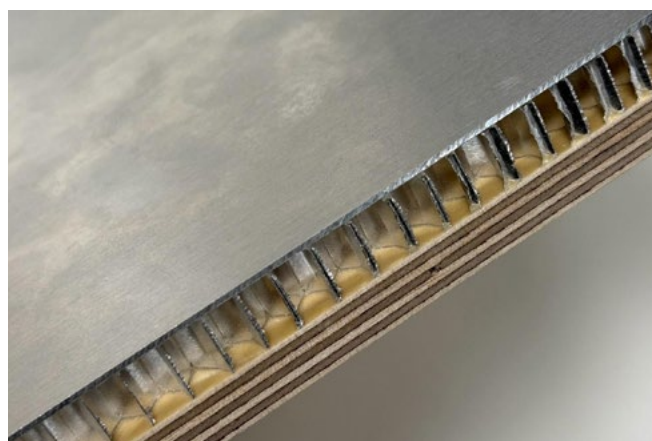
Петербургский комбинат лесопромышленной группы «Свеза» запатентовал легкие и прочные сэндвич-панели на основе фанеры и алюминия. Новая конструкция может использоваться как несущий элемент в стенах и полах наземного, морского и воздушного транспорта.

Перед специалистами стояла задача: разработать материал для транспортного сегмента, который сохранял бы прочность, но при этом снизил вес кузовной конструкции и нагрузку на ходовую часть. Это поможет повысить срок службы транспортного средства и снизить риск поломок.

За основу авторы взяли принцип пчелиных сот. Как и в природе, где легкость достигается за счет пустот и жестких оболочек, инженеры «Свезы» применили трехслойную структуру. Несущая сэндвич-панель включает два наружных элемента — фанеру и тонкий алюминиевый лист, расположенный между ними. Внутренний слой изготовлен из сотового алюминия. Хотя сэндвич-панели давно используются в различных отраслях по всему миру, «Свеза» первой предложила решение, основанное на сочетании фанеры и алюминия.

В лаборатории был проведен полный цикл испытаний опытного образца. Получившийся композитный материал имеет малый вес и обладает необходимыми физико-механическими свойствами. Он выдерживает не только нагрузку до 325 кг на квадратный метр, но и перепады температур. Первый комплект панелей успешно прошел эксплуатационные испытания в городских условиях.

«Работа над реализацией проекта началась в 2024



году и мы нашли решение, которое сочетает прочность, легкость и удобство производства, — говорит эксперт по технологии производства комбината «Свеза» в Санкт-Петербурге Виталий Колесник. — Патент подтверждает уникальность нашей разработки в России и открывает новые возможности для транспортного сегмента и не только. Сэндвич-панели можно использовать в любой отрасли, где требуется облегчение конструкции».

lesprom.com

Углеродное волокно для изготовления музыкальных инструментов

Производитель музыкальных инструментов начал применять углеродное волокно, которое выпускает компания из особой экономической зоны (ОЭЗ) «Технополис Москва». Об этом сообщил Министр Правительства Москвы, руководитель столичного Департамента инвестиционной и промышленной политики Анатолий Гарбузов.

«По поручению Сергея Собянина наращиваем производство и расширяем сферу применения высокотехнологичных новых материалов. Так, композитные изделия на основе углеродного волокна компании ОЭЗ «Технополис Москва» теперь используются не только в строительной и транспортной сферах, но и в изготовлении музыкальных инструментов: акустических и электрогитар, скрипок, альтов, виолончелей,



контрабасов, домр и балалаек. Применение нового материала обеспечивает качественное звучание инструмента, высокую прочность изделия, а также устойчивость к перепадам температуры», — рассказал Анатолий Гарбузов.

Использование композитного волокна компании «Препрег-СКМ» в производстве музыкальных инструментов открывает новые возможности для дальнейшего расширения сфер применения современных материалов, отметил директор особой экономической зоны «Технополис Москва» Геннадий Дегтев.

Сотрудничество компании — резидента ОЭЗ и производителя музыкальных инструментов стало еще одним шагом к полному импортозамещению композитных материалов. Это внесет значимый вклад в развитие отечественной высокотехнологичной промышленности.

mos.ru



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



www.composite-shop.ru



Производитель легендарных ПАЗиков показал новую модель

В 2025 году Павловский автобусный завод начнет серийное производство новой модели автобуса Citymax 8. В его кузове широко применены композитные материалы, которые отличаются прочностью и не подвержены коррозии. Он предназначен для эксплуатации на городских и пригородных маршрутах и соответствует требованиям программы «Доступная среда», сообщила «Автоновостям дня» компания-дистрибьютор таких автомобилей.

Отмечается, что подготовка к производству уже идет. Автобус Citymax 8 имеет оригинальный несущий кузов длиной 8,1 метра и вмещает 32 пассажира, из которых 21 могут занять сидячие места.

Citymax 8 имеет широкую двухстворчатую дверь для пассажиров без ступенек на входе и низкопольную накопительную площадку в центральной части салона со специальным местом для детской или инвалидной коляски.

Ожидается, что новой моделью завод ПАЗ дополнит существующую линейку автобусов, выйдя в сегмент компактных машин вместимостью до 32 человек. Такой транспорт востребован на маршрутах с невысоким пассажиропотоком, обеспечивая одновременно повышенный уровень комфорта для пассажиров и экономичность в эксплуатации для перевозчиков.

avtonovostidnya.ru

МС-21 снизит массу на 15–20% благодаря термопластичным КМ

Самолёт МС-21 планируется сделать легче на 15–20%, для этого российские инженеры используют термопластичные композиты. Такой подход позволит значительно улучшить топливную эффективность лайнера и его эксплуатационные характеристики.

Использование термопластичных композитов в конструкции МС-21 является важным шагом в развитии российского авиастроения. Эти материалы обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными, такими как меньший вес, высокая прочность и устойчивость к коррозии, отмечал директор Инженерного центра «Яковлева» Анатолий Гайданский.



Композиты легче традиционных материалов, что позволяет уменьшить общий вес самолёта. Материалы обладают высокой прочностью, что делает конструкцию более надёжной.

«Мы сейчас некоторые изменения вносим в конструкции отъёмной части крыла, чтобы реализовать накопленный опыт в виде массы. Несколько сотен килограмм мы надеемся снять именно с крыла. Ну и немного с хвостового оперения и чуть-чуть с обтекателей крыло-фюзеляж», - Анатолий Гайданский, директор Инженерного центра.

Снижение веса на 15–20% за счёт применения термопластичных композитов позволит МС-21 увеличить дальность полёта и увеличить дополнительную безопасность полётов

www1.ru

«Татнефть-Пресскомпозит» приняла участие в обустройстве пляжа

Новые решения для городской инфраструктуры проработал один из крупнейших в стране производителей изделий из полимерных композиционных материалов «Татнефть-Пресскомпозит». В Елабуге открылась прибрежная зона с современными спасательными вышками, раздевалками и удобными дорожками для передвижения по песчаной части пляжа. Все конструкции выполнены из композитных материалов и прослужат без ремонта и обновления до 50 лет.

В рамках благоустройства территории появились также урны, скамейки и велопарковки — все они тоже сделаны из композитов. Они прочные, долговечные и устойчивые к воздействию окружающей среды, в том числе к различным температурным и погодным условиям. Используемые материалы не подвержены коррозии, не боятся влаги и воздействия ультрафиолета, что особенно важно для условий эксплуатации на прибрежной территории. Кроме того, они экологичны и безопасны, что делает их идеальным решением для общественных пространств.

В благоустройстве пляжа использованы скамейки серии «Элегант». Они легче аналогов из металла, что облегчает транспортировку и монтаж, долговечны



и надежны — не нужно красить, ремонтировать и обслуживать, экологически безопасны, не ржавеют и не выгорают, не боятся дождя, снега и льда, дешевле по сравнению с аналогами из чугуна.

Особое внимание при благоустройстве пляжа было уделено эстетике и практичности — покрытия дорожек и фасады конструкций визуально напоминают натуральное дерево, что позволяет им органично вписываться в архитектуру зоны отдыха.

«Для нас важно, чтобы продукция «Татнефть-Пресскомпозит» не только была технологичной и современной, но и служила на благо людей. Мы рады, что наши решения помогают создавать красивые, долговечные и безопасные объекты инфраструктуры», — отметил директор ООО «Татнефть-Пресскомпозит» Азат Губайдуллин.

Проект реализован с учетом современных стандартов и соответствует принципам устойчивого развития — применяемые технологии снижают нагрузку на окружающую среду и повышают срок службы объектов.

business-gazeta.ru

Ученые изучат свойства строительных материалов с помощью ИИ

Ученые Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева разработали инновационную методологию оценки климатической устойчивости полимерных композитных материалов, используемых в строительной отрасли, с применением технологий искусственного интеллекта.

«Использование методов машинного обучения применительно к количественному описанию процесса натурального климатического старения полимерных композитов строительного назначения (включающему метеорологические, физико-химические, исторические и системные данные) позволит обеспечить необходимую достоверность прогнозирования в совокупности с сокращением материальных и временных затрат на оценку показателя климатической стойкости. Это, в свою очередь, ускорит внедрение современных и инновационных полимерных композиционных материалов в практику реального строительства», — прокомментировала директор института архитек-

туры и строительства МГУ им. Н.П. Огарева, доктор технических наук, профессор Татьяна Низина.

Современные полимерные композиты широко применяются в строительстве благодаря своим уникальным свойствам. Однако их внедрение осложняется рядом проблем.

«Основное ограничение оперативного внедрения современных и инновационных полимерных композитов в практику реального строительства заключается в необходимости комплексной достоверной оценки их свойств, в том числе долговечности в условиях действия факторов окружающей среды. Однако получение достоверной информации о данном показателе предполагает проведение длительных и полномасштабных натурных испытаний, не менее трех лет в представительных климатических зонах, что обусловлено большим числом действующих факторов окружающей среды, полное воспроизведение которых в лабораторных условиях в настоящее время не представляется возможным», — отмечает Татьяна Анатольевна.

Проект по исследованию полимерных композитов реализуется в течение трех лет — с 2026 по 2028 годы. На первом этапе будут определены ключевые характеристики материала, изготовлены опытные образцы и размещены в различных климатических зонах России (умеренный климат — Саранск, субтропики — Геленджик, экстремальный холод — Якутск). Одновременно начнется сбор данных и обработка результатов, включая разработку моделей долговечности с использованием методов машинного обучения.

В последующие два года продолжится мониторинг состояния образцов, совершенствование алгоритмов прогнозирования изменения свойств материалов и выявление основных факторов воздействия климата. Завершающим этапом станет обобщение всех собранных данных и выработка практических рекомендаций по использованию полимерных композитов в строительной отрасли с учетом особенностей разных регионов страны.

Подтверждением высокого уровня исследования мордовских ученых является положительное заключение, выданное Российской академией наук на выполнение государственного задания.

vsar.ru

В МАИ разрабатывают методику раннего прогнозирования живучести самолётов из композитных материалов

В Московском авиационном институте работают над созданием методики, которая позволит инженерам заранее предсказывать, будут ли повреждаться элементы самолёта из композитных материалов под действием переменных нагрузок. Её применение при проектировании увеличит срок службы авиационной техники, а также снизит затраты на её разработку и эксплуатацию.

Регулярно повторяющиеся нагрузки, которые действуют на воздушное судно в каждом полёте, вызывают «усталость» материала, что в конечном итоге приводит к поломкам. Помимо этого, в процессе эксплуатации возникают различные малозаметные дефекты. Однако на сегодняшний день в России отсутствует единый подход к расчёту живучести композитных авиационных конструкций — их способности сохранять функциональность после повреждений, а также сопротивляться дальнейшему разрушению.

«Методика позволит оценивать конструкторские решения на самых ранних стадиях проектирования. Согласно нашему опыту, допущенные на этом этапе недочёты в дальнейшем обходятся дороже всего. Например, разрушение конструкции планера в ходе сертификационных испытаний — настоящий удар по бюджету проекта и по репутации разработчика», — говорит начальник лаборатории № 3 «Моделирование композиционных конструкций» Центра аэрокосмических материалов и технологий института № 14 «Передовая инженерная школа», ведущий инженер лаборатории № 2 «Композиционные материалы» НИО-101 МАИ Николай Турбин.

В проекте участвуют специалисты НИО-101 «Проектирование и сертификация авиационной техники», лабораторий Передовой инженерной школы и Центра композитных конструкций МАИ. В качестве консультантов привлекаются эксперты различных специализаций — от испытателей и технологов до материаловедов.

В основе разработки лежит компьютерное моделирование. Для изучения сложных систем создаётся упрощённая цифровая модель, позволяющая предсказывать скорость и длительность развития дефек-

та, а также самые опасные сценарии. Это позволит сосредоточить усилия конструкторов на снижении рисков, что особенно важно, учитывая многообразие возможных повреждений.

В настоящее время параметры расчётной модели откалиброваны, получен патент на ПО. Проводится сопоставление предсказаний виртуальной модели с данными, полученными в ходе реальных испытаний различных агрегатов. Завершить проект планируется в течение двух лет.

plastics.ru

Ученым удалось повысить ударную стойкость дронов на 20%

Особые требования к прочности корпуса возникают при эксплуатации дрона в режиме частых взлётов, а также при использовании аппарата в суровых климатических условиях.

Специалисты МГТУ им. Н. Э. Баумана разработали полимерные композиционные материалы, повышающие на 20% стойкость беспилотников к ударной нагрузке. Авторы намерены запустить малосерийное производство усовершенствованных корпусов для дронов, сообщил ТАСС на полях форума «Технопром» директор Центра компетенций НТИ «Цифровое материаловедение: новые материалы и вещества» МГТУ им. Н. Э. Баумана Евгений Александров.

«Мы создали полимерные композиционные материалы на основе термопластичных связующих. Они позволяют повысить ударную стойкость дронов на 20% и более. Такие корпуса будут более прочными», — отметил он в разговоре с ТАСС.

Прочность корпуса БПЛА важна при высокой нагрузке на дрон — частых взлётах и приземлениях, а также при использовании аппарата в суровых климатических условиях.

«Формование таких изделий происходит моментально, при охлаждении. Эпоксидные, полиэфирные, винилэфирные и фенольные связующие, которые повсеместно сейчас используют, относительно хрупкие. Им нужно несколько часов, чтобы застыть», — отметил Евгений Александров.

Авторы разработки намерены запустить малосерийное производство усовершенствованных корпусов для дронов.

«Свойства новых материалов, цифровые инструменты и короткий цикл формования позволяют получать несколько десятков изделий в сутки», — добавил ученый.

tass.ru/nauka

35-летие «Унихимтек»: от университетской лаборатории до национального чемпиона в области химических технологий

Группа компаний «Унихимтек», один из ярких примеров успешной коммерциализации научных



разработок, отмечает 35-летие со дня основания. Компания, созданная на базе МГУ им. М.В. Ломоносова, прошла путь от отраслевой лаборатории до лидера в создании высокотехнологичных материалов для космоса, энергетики и промышленности.

История компании началась в 1990 году, когда заведующий лабораторией химии новых углеродных материалов химфака МГУ Виктор Авдеев вместе с командой единомышленников учредил Научно-производственный центр «Унихимтек». Это было первое малое государственное предприятие, созданное в университете. Его научной основой стало открытие советских ученых 80-х годов — способ получения сверхлегкого пенографита и графитовой фольги, вызвавший большой интерес со стороны министерств оборонной промышленности.

В сложные 90-е годы коллективу пришлось искать новые рынки. Ученые переориентировались с оборонных заказов на гражданские нужды, в частности, на энергетику. Основой для успеха стали разработки в области уплотнительных материалов. Команда во главе с Авдеевым, который сам стал «первым продавцом», предлагала энергетическим компаниям инновационные графитовые прокладки, превосходящие по характеристикам традиционные асбестовые и резиновые.

«Для нас бизнес был не самоцелью, а способом заработать на право заниматься наукой. Теперь я могу сказать, что высокотехнологичный бизнес еще интереснее, чем наука. Когда ты идею довел до того, что она приносит пользу людям, испытываешь гигантское удовлетворение», — отмечает Виктор Авдеев, председатель совета директоров группы компаний «Унихимтек», заведующий кафедрой химической технологии и новых материалов МГУ.

С 1990 по 1994 год в компании были разработаны и запатентованы уникальные технологии получения интеркалированных соединений графита и гибкого графитового материала «Графлекс». Сегодня «Унихимтек» остается примером эффективной интеграции науки и бизнеса, демонстрируя, как университетские разработки становятся основой для передовых промышленных решений.

В 1998 году «Унихимтек» запатентовал первые материалы на основе терморасширяющегося графита для «пассивной» огнезащиты промышленных объектов.

Композиты стали самым громким успехом «Унихимтека». Когда в 2019 году США запретили поставки в Россию материалов для композитного крыла нового российского самолета МС-21, многие эксперты решили, что этот проект новейшего российского авиалайнера, который должен был потеснить на мировом рынке Airbus A320neo и Boeing 737MAX, ждут большие проблемы, а то и полная остановка. Кое-кто даже предлагал обратно заменить композитные крылья на алюминиевые.

Но оказалось, что к тому времени «Унихимтек» и ИНУМиТ уже десять лет как по собственной инициативе и на свои средства в сотрудничестве с компанией «Аэрокомпозит-Ульяновск» занимались разработкой и производством системы материалов, необходимой

для выпуска композитных крыльев большого удлинения МС-21. Так что дальнейшему развитию проекта МС-21 «композитные санкции» не помешали.

«Для нас это был исторический момент, — рассказывает Авдеев, — когда мы где-то в 2006–2007 годах вернулись к научным исследованиям углепластиков и композитов конструкционного назначения для авиации и космоса».

На сегодня группа компаний «Унихимтек» — это более 1000 сотрудников, около 10 тыс. потребителей в России и мире, более 50 тыс. кв. м инфраструктуры, свыше 10 млрд рублей годовой выручки и более 45 тыс. продуктов разной номенклатуры, число которых неуклонно растёт.

www.stimul.online

Резидент Сколково разработал роботизированные комплексы для производства композитных изделий

Компания «Термопластиковые композитные технологии» (ТКТ), резидент Сколково разработала, изготовила и внедрила в производство автоматизированные комплексы для производства изделий из термопластичных углекомпозитов по собственной инновационной технологии. По оценке разработчика объём рынка в России оценивается в несколько миллиардов рублей.

Компания ТКТ при поддержке Инновационного центра «Сколково» занимается исследованиями и разработками в области термопластичных композитных материалов в течение шести лет, в том числе привлекая финансирование от венчурного фонда ПАО «Северсталь» Severstal Ventures. Одним из результатов этой работы стало не только создание нового материала, состоящего из угле- или стекловолокна с термопластичными связующими, но и выпуск базового сырья — ленты препрега максимальной шириной 150 мм. Благодаря разработке и пилотному внедрению специализированного автоматизированного оборудования, компания получила возможность организовать собственное производство композитных изделий с высокой производительностью и низкой себестоимостью для нужд авиационной, машиностроительной и иных отраслей промышленности, а также топливно-энергетического комплекса.

Конструкторские исследования и инжиниринг, сборка и программирование оборудования осуществлялось специалистами компании. На роботизированных комплексах выполняется полный цикл производственных операций: автоматизированные выкладка, намотка, прессование и овермолдинг. Так, например, работа комплекса по автоматизированной выкладке ведётся по принципу 3D-принтера, только вместо филамента используется лента препрега из термопластичного углеволокна. Станок работает со скоростью 60 м/мин и в зависимости от программы производит либо спайку, либо прессование сырья. Причём на данном станке можно изготавливать не

только плоские изделия, а также тела вращения по принципу трубы.

«Наша команда создала комплексную производственную технологию изготовления композитов на основе термопластичного связующего (ТПКМ), от базового сырья до готовых изделий. Преимущества технологии раскрываются при массовом производстве: значительно снижается время изготовления, трудозатраты и, соответственно, стоимость деталей. Большой интерес к технологии проявляют производители конструкционных труб, обечаек, элементов моторов, беспилотных летательных систем, медицинских и спортивных товаров и прочие. Потенциальный рынок ТПКМ в России — это миллиарды рублей», — рассказал Дмитрий Губанов, генеральный директор компании ТКТ.

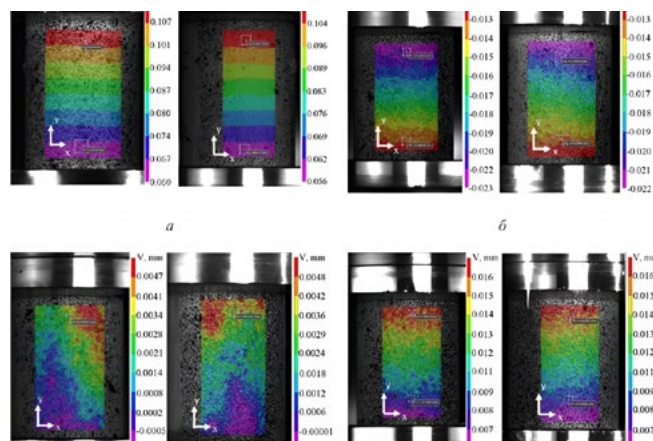
www.akm.ru

Ученые выяснили, как стеклопластик выдерживает экстремальные температуры и нагрузки

Эксперты Пермского Политеха и Сколтеха провели комплексные испытания стеклопластиков и выяснили, как на них влияют сложные режимы нагрузки и разные температуры.

Композитные материалы, такие как стеклопластики, активно применяются в строительной, транспортной и нефтегазовой отраслях, например, при изготовлении мостов, элементов кузовов, деталей судов, лопастей и корпусов летательных аппаратов. Это инновационный ресурс, способный заменить на промышленном рынке традиционный металл. Сфера его применения в России с каждым годом растет на 10–15%. Это конструкция на основе полимера и стеклянных волокон, которые усиливают ее, делают долговечнее и при этом гораздо легче по сравнению с алюминием и сталью. Однако композиты эксплуатируются в экстремальных условиях, где от прочности материала зависит все. Эксперты Пермского Политеха и Сколтеха провели комплексные испытания стеклопластиков и выяснили, как на них влияют сложные режимы нагрузки и разные температуры. Ученые объяснили, почему заморозка материала до –40 градусов увеличивает его стойкость на 10–15%, а повышенные температуры, наоборот, снижают на 20–25%. Результаты исследования способствуют созданию более надежных композитных конструкций для российской промышленности.

Композитом называют материал, созданный из двух и более компонентов, которые вместе работают лучше, чем по отдельности. В состав входит связующее (полимер, эпоксидная смола или металл), которое скрепляет составляющие и задает форму изделию, и армирующий элемент — наполнитель, отвечающий за жесткость и прочность конструкции. Обычно применяют стеклянные, углеродные или базальтовые волокна. В итоге получается легкий и высокопрочный материал.



Главная особенность стеклопластиков в том, что с их помощью можно значительно снизить вес высоконагруженных ответственных деталей, при этом не теряя прочность. Кроме того, они коррозионно-стойкие и долговечные. Их уже применяют в мостах, ветрогенераторах, элементах автомобилей и самолетов. Однако их термостойкость ограничена, и до сих пор плохо изучено, как стеклопластики ведут себя в условиях больших перепадов температур и сложных нагрузок.

На протяжении всего срока службы конструкции из стеклопластиков находятся в неоднородном напряженном (нагруженном) состоянии, которое приводит к образованию дефектов, а со временем и к разрушению материала. Поэтому перед процессом внедрения любых композитов в уже существующие изделия проводят комплексные исследования их поведения в условиях, приближенных к реальным. То есть моделируют разные виды нагрузок на деталь: подвергают нагреву, заморозке, сжатию, скручиванию. Это позволяет заранее выявить пределы материала, слабые места, где образуются трещины, и предсказать, как он себя поведет при эксплуатации.

Для исследования эксперты изготовили трубчатые образцы из стеклопластика с трехслойной структурой: внешние слои составляли хаотично расположенные стеклянные волокна, а центральный — однонаправленные.

Образцы подвергали различным нагрузкам на растяжение, сжатие, кручение и комбинированным воздействиям (например, одновременное сжатие и кручение). Сначала тестировали изделия при нормальной температуре (20 градусов), потом повторяли эксперимент при нагреве до 60 градусов и заморозке до –40. В процессе фиксировали образующиеся дефекты с помощью трехмерной цифровой оптической системы и сравнивали результаты.

Испытания при нормальных температурах показали, что материал выдерживает высокие нагрузки, но прочность зависит от режима нагружения. Например, при кручении и комбинированных воздействиях на поверхности образцов появляются множественные трещины. Растяжение же вызывает образование магистральной (приводящей к полному разрушению) трещины.

Интересно, что добавление небольшой доли кру-

чения к растяжению или сжатию даже немного повышает прочность стеклопластика из-за выпрямления волокон.

«Повышенные температуры привели к образованию трещин по всей поверхности образцов и снижению прочности на 20–25%. Тогда как заморозка материала до –40 градусов, наоборот, увеличила его стойкость на 10–15%. Образцы не разрушились даже при максимальной нагрузке в 10 тонн. Это связано с тем, что от нагрева полимерная основа материала размягчается, а от холода становится более жесткой», — поделился Олег Староверов, доцент кафедры «Экспериментальная механика и конструкционное материаловедение» ПНИПУ, старший научный сотрудник Центра экспериментальной механики, кандидат технических наук.

Полученные результаты говорят о том, что стеклопластик выдерживает перепады температур, но наиболее эффективно использование материала, с точки зрения прочности, в холодных регионах, где его устойчивость к нагрузкам только растет. Так, например, перспективно применение композита в арктических проектах, на морских платформах и трубопроводах, а также в космической и авиационной технике, где экстремальные атмосферные условия — норма.

pstu.ru

Ученые разработали датчик для контроля деформаций в композитных материалах

Изобретение способно в удаленном формате и с микронной точностью выявлять даже самые сложные деформации внутри высоконагруженных областей композитных конструкций, что позволит повысить безопасность и долговечность критически важных промышленных объектов.

Оптоволокно — это очень тонкая стеклянная или пластиковая нить, которая способна улавливать своими чувствительными элементами малейшие деформации и передавать данные на большие расстояния в виде световых сигналов.

Оптоволоконные технологии сейчас применяются практически повсюду благодаря своей способности быстро и без помех передавать данные. Особенно перспективно применение оптоволокон в качестве

встраиваемых датчиков для мониторинга состояний внутренних областей различных ответственных, например, авиационных конструкций, где превышение деформаций своих критических величин может привести к серьезным последствиям. Так, оптоволоконными датчиками, встраиваемыми в конструкцию на этапе ее производства, можно выявить, например, технологические дефекты изготовления деталей: поры, непроклеи, смятия волокон или слоев ткани, разрывы, отслоения и растрескивания в композиционном материале или выявить опасные зоны с критическими нагрузками при эксплуатации, появление микрповреждений начальной стадии разрушения, например, моста или жилого дома.

Все это возможно потому что свет, проходящий по оптоволокну датчика, взаимодействует и отражается от его чувствительного участка с учетом деформации. Система фиксирует все информативные сигналы отражения световых импульсов, которые измеряются на входе/выходе оптоволокна, и выдает данные о состоянии изделия. Современные технологии позволяют усовершенствовать такую технологию, повышая точность, чувствительность и ширину рабочего диапазона измерений.

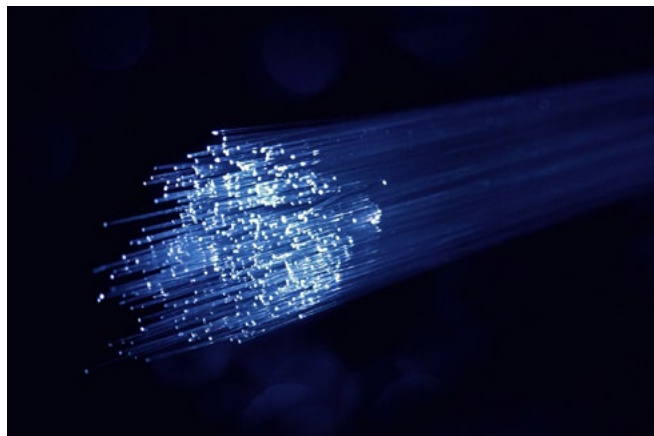
Разработка ученого представляет собой многожильный кабель сразу из шести оптических волокон в полимерной оболочке. Особенность датчика в том, что чувствительные элементы оптических волокон имеют различные наклоны своих отражающих поверхностей внутри световодов. Они информативно отражают падающие на них световые сигналы при деформации и позволяют полностью оценить сложное напряженное состояние материала в окрестности встроенного в него датчика.

Для сравнения, известные современные встраиваемые оптоволоконные датчики, состоящие из одиночного оптического волокна, позволяют найти лишь простые деформации растяжения или сжатия по направлению волокна, что не позволяет адекватно оценить прочность конструкции в условиях более сложного деформирования.

«Функционирование оптоволоконного датчика иллюстрируется разработанной математической моделью, которая описывает каждую реакцию чувствительных элементов внутри оптических волокон датчика на различные виды диагностируемых деформаций композитной окрестности датчика. На основе измерений спектров отражения всех шести оптических волокон она фиксирует, где и какого вида деформации происходят и дает оценку прочности», — объясняет Андрей Паньков, профессор кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций» ПНИПУ, доктор физико-математических наук.

Уникальный датчик ученого Пермского Политеха перспективен для применения в отраслях, где контроль за состоянием материалов особенно важен, например, для мониторинга лопаток турбин, фузеляжа, мостов, небоскребов и других ответственных и критически значимых объектов.

pstu.ru





«Самоупрочнённый» полиэтилен: ученые представили сверхпрочный композит для биомедицины и машиностроения

Российские учёные усовершенствовали композиты из сверхвысокомолекулярного полиэтилена, получив «самоупрочнённую» структуру, которая сочетает прочность и пластичность благодаря особой технологии. Материал перспективен для создания имплантатов суставов, деталей летательных аппаратов, средств индивидуальной защиты и спортивной экипировки.

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) известен не только долговечностью и биосовместимостью, но и тем, что он достигает прочности, сравнимой с металлами, при рекордно малом весе. Однако создание высокофункциональных композитов из волокон полиэтилена остаётся сложной задачей: материал нельзя просто переплавить, он требует особых методов горячего прессования. Кроме того, композиты обычно состоят из двух разных компонентов — прочных волокон и связующей их матрицы. Часто именно граница между ними становится слабым звеном конструкции. В представленном материале и волокна, и матрица состоят из СВМПЭ. Такой подход

не только решает проблему сцепления, но и делает материал пригодным для стопроцентной переработки.

«Ряд характеристик сверхвысокомолекулярного полиэтилена является рекордными среди всех материалов. Эксперты Центра композиционных материалов НИТУ МИСИС уже более 15 лет изучают структуру и свойства СВМПЭ, создают технологии переработки порошков и волокон в высокофункциональные изделия», — рассказал к.ф.-м.н. Алексей Салимон, заведующий кафедрой физической химии, заместитель руководителя лаборатории ускоренных частиц НИТУ МИСИС.

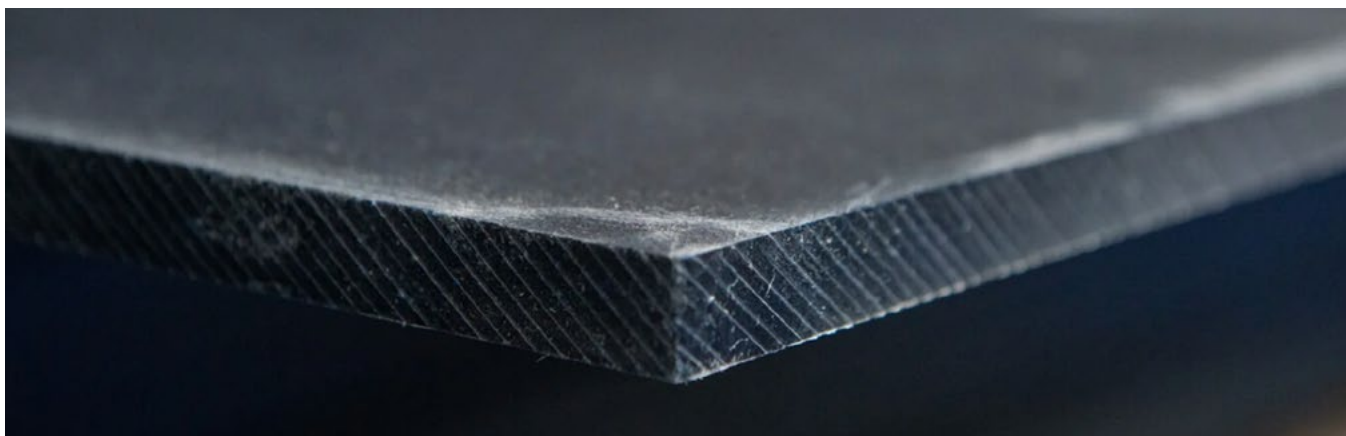
Чтобы выяснить, как параметры обработки влияют на структуру и свойства композита, учёные лаборатории ускоренных частиц НИТУ МИСИС, Сколтеха, ОИАИ, ИСПМ РАН, Университета «Сириус» и ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана изготовили образцы СВМПЭ при разных условиях и провели серию механических тестов — на изгиб, растяжение и ударную прочность, а также исследовали микроструктуру с помощью электронной микроскопии.

«Волокна полимеров, как правило, значительно прочнее прессованного порошка. Если их спрессовать, подплавив по границам, получается композит с замечательными свойствами из волокон СВМПЭ в его же матрице», — сказал Александр Корсунский, профессор Сколтеха, заслуженный профессор Тринити-колледжа Оксфордского университета.

Результаты показали, что при оптимальной температуре около 165–170°C и давлении 25–50 МПа достигается наилучшее сочетание прочности, модуля упругости и ударной вязкости. При этом прочность на растяжение новых композитов составляет до 50% от исходной прочности волокон — выдающийся показатель для однокомпонентных материалов.

Исследователи выяснили, что ключевую роль играет особая «самоупрочнённая» структура: при горячем прессовании поверхность волокон частично плавится и сплавляется с соседними, создавая надёжные связи без введения других полимеров. Это обеспечивает эффективную передачу нагрузки, а также высокую пластичность и способность поглощать удары без разрушения. Подробности исследования описаны в научном журнале *Fracture and Structural Integrity* (Q2).

misis.ru





Анонс конференции «Композитные и новые материалы»

Приглашаем вас принять участие в конференции «Композитные и новые материалы», которая пройдет 30 октября 2025 года в Санкт-Петербурге в рамках деловой программы Международного форума-выставки «Российский промышленник». Мероприятие станет ключевой площадкой для диалога между наукой и промышленностью.

Цель конференции — обсуждение хода реализации национального проекта «Новые материалы и химия», обмен опытом по разработке и внедрению инновационных композитных материалов, а также выработка решений, направленных на укрепление технологического суверенитета России.

В программе конференции запланировано обсуждение следующих тематических разделов:

- Ход реализации Национального проекта «Новые материалы и химия».
- Применение композиционных материалов в отраслях промышленности: машиностроение, строительство, авиастроение, судостроение, горнодобывающая промышленность, производство товаров народного потребления, технологии нефтегазопереработки в производстве новых материалов.

Композитные материалы, сочетающие в себе легкость, прочность и устойчивость к коррозии, уже сегодня находят безграничное применение — от авиации и ракетостроения до автомобилестроения, ветроэнергетики и производства товаров повседневного спроса. Конференция позволит наметить пути для их еще более широкого внедрения. Для ученых и специалистов промышленных предприятий это отличная возможность узнать о последних достижениях, установить новые деловые контакты и внести вклад в развитие высокотехнологичных отраслей.

www.mirexpo.ru

Конференция «Цифровое материаловедение — 2025»

Открыта регистрация на II Всероссийскую научно-практическую конференцию «Цифровое материаловедение — 2025»

24–25 ноября 2025 года в МГТУ им. Н. Э. Баумана состоится значимое отраслевое событие — II Всероссийская научно-практическая конференция «Цифровое материаловедение — 2025». Мероприятие, посвященное современным трендам цифрового моделирования и разработки полимерных и композиционных материалов, пройдет как в очном формате, так и дистанционно.

Цель конференции — создать площадку для открытого диалога между наукой, образованием и промышленностью, обсудить актуальные вызовы и перспективы в области материаловедения.

В фокусе внимания — ключевые направления работы:

- Цифровое моделирование в материаловедении
- Инновации в разработке полимерных материалов
- Композиционные материалы: технологии и перспективы
- Интеграция науки, образования и производства
- Современные тренды в материаловедении

Работа конференции будет организована в рамках тематических секций, включая «Методы моделирования материалов», «Полимерные материалы» и «Композиционные материалы».

К участию приглашены представители Аппарата Правительства РФ, ведущих министерств (Минпромторг, Минобрнауки), академики РАН, профессора ведущих технических вузов, а также топ-менеджеры и ключевые ученые из промышленных компаний.

Участие в конференции бесплатное и предусматривает несколько форматов: слушатель, спикер с докладом (без публикации), спикер с докладом и публикацией (прием статей до 10 октября 2025 г.).

Организаторы: Центр превосходства и научно-образовательный кластер «Цифровое материаловедение» МГТУ им. Н. Э. Баумана, Центр НТИ «Цифровое материаловедение: новые материалы и вещества».

Для участия необходимо зарегистрироваться до 17 ноября 2025 года на официальном сайте конференции: <https://conf.nti.bmstu.ru>





ОАО «Лакокраска» г. Лида (Беларусь) представит новый продукт — полиэфирные смолы

На предприятии есть собственное научное ядро, где разрабатывают позиции с большим экспортным потенциалом. Это предприятие единственное в Беларуси выпускает сырье для изготовления красок. Химическое соединение используют для собственных нужд и в больших объемах отгружают за рубеж.

Так, лидское предприятие готовится представить новый продукт. Речь идет о полиэфирных смолах. Это один из компонентов для производства стеклопластика, который все чаще предпочитают металлу.

Евгений Гаврош, первый заместитель директора — главный инженер предприятия по производству лакокрасочных изделий: «Большинство людей уже переходят от металла больше на стеклопластик, на стекловолокно, поэтому смолы, которые мы изготавливаем, будут непосредственно применяться в этих направлениях. А направления эти безграничные — начиная от сантехнической продукции до производства кабин для техники».

У предприятия есть утвержденные дорожные карты с Министерством промышленности, а также с такими гигантами как МАЗ, МТЗ, «Гомсельмаш», БЕЛАЗ, куда будет поставляться этот новый вид продукции.

belarus-news.by

Революционный быстроходный круизный шлюп

Дизайн-студия MASK Architects представила концепцию Project Tavolara-100, новаторского 100-футового (30,5-метрового) скоростного круизного шлюпа. Этот визионерский дизайн был разработан в рамках престижного конкурса для одного из ведущих мировых брендов роскошных и спортивных парусных яхт.

Tavolara-100 задумана как самая технически совершенная яхта, адаптированная к уникальному видению и запросам ее взыскательного владельца. Дизайн MASK Architects сочетает в себе передовые технологии, аэродинамическую эффективность и утонченную элегантность, создавая инженерный и художественный шедевр.

Основатели Озгур Пинар Цер и Данило Петта прокомментировали: «Проект Tavolara-100 представляет



собой уникальную возможность раздвинуть границы яхтенного дизайна. Наше видение заключается в том, чтобы создать гармоничное сочетание скорости, комфорта и технологий, чтобы яхта стала одновременно инженерным триумфом и плавучим произведением искусства».

Технические особенности и инновации:

- Корпус. Легкий и прочный композитный корпус из углеродного волокна с сердцевинной из пенопласта или бальзы, построенный с использованием VARTM или автоклавных процессов.
- Такелаж. Высокомодульная карбоновая мачта и паруса 3Di от North Sails, изготовленные из Dyneema и углеродных волокон для оптимальной производительности.
- Интерьер. Легкие композитные материалы, сотовые структуры и углеродное волокно для современного, изысканного дизайна.

Yachting-mag.com

Хирурги смогут «печатать» кости прямо в теле пациента

Сложные переломы костей в будущем могут лечиться без долгих операций и металлических имплантов. Южнокорейские и американские исследователи представили устройство, которое позволяет буквально «печатать» костные импланты прямо внутри организма пациента.

«Созданный нами аналог трехмерной системы печати обладает очень компактными размерами и его работой можно управлять вручную, что позволяет хирургу гибко регулировать направление, угол и глубину печати во время проведения операций. Эту процедуру можно осуществить всего за несколько минут и при этом ее проведение не требует предварительной подготовки, что повысит эффективность производства и установки имплантов», — пояснил доцент Университета Сонгюнган Ли Джонсын.

Ученые разработали устройство для «заклеивания» поврежденных участков костной ткани, внешне похожее на обычный клеевой пистолет. Роль «клея» в нем играет особый композитный материал на базе поликапролактона, прочного и биосовместимого полимера, а также гидроксоапатита, аналога минеральной части костной ткани, и встроенных в них молекул антибиотиков и веществ, способствующих регенерации костей.



Ученые подобрали такую структуру и свойства полимерных молекул, при которых данный композит можно легко расплавить при температурах, не превышающих 60 градусов Цельсия. Благодаря этому его нанесение на поверхность костей не вызывает массовой гибели окружающих тканей тела пациента, и при этом данный материал можно использовать для «склеивания» даже самых сложных повреждений.

Работу этого прибора для «печати» костных имплантов ученые проверили в опытах на кроликах, у которых были повреждены бедренные кости, одна из самых распространенных травм у жертв ДТП и различных природных катастроф, а также у пожилых больных в возрасте от 75 лет и старше. Ученые «склеили» поврежденные фрагменты данных костей в теле кроликов при помощи нового композита и обычного костного цемента и проследили за дальнейшей жизнью грызунов.

Эти наблюдения показали, что разработка южнокорейских и американских материаловедов не вызвала отторжения или воспалений, и при этом она ускорила восстановление костной ткани и не ухудшила ее прочность и другие механические свойства. В этом отношении новый композит значительно превосходит костный цемент, что делает его особенно привлекательным для дальнейшей разработки и проведения клинических испытаний с участием добровольцев, подытожил Ли Джонсын.

Tass.ru

BMW прощается с карбоном?

Компания BMW совместно со швейцарским стартапом Vcomr разработала уникальный материал из льняных волокон, который по прочности и внешнему виду может конкурировать с углепластиком, но при этом: производит на 40% меньше выбросов CO₂, является биоразлагаемым, дешевле в производстве.

Этот материал не просто эксперимент. Он прошёл испытания в гоночных условиях и уже готов к использованию в серийных моделях BMW.

Впервые композиты на основе льна были опробованы в автоспорте — в болидах BMW M4 DTM и BMW M4 GT4, в том числе на таких серьёзных соревнованиях, как 24 часа Нюрбургринга.

Результаты оказались настолько убедительными, что теперь BMW начинает внедрение этих компонентов

в обычные дорожные машины.

Новый материал уже показали на кузовных элементах купе BMW M4, таких как элементы верхней части кузова, задний диффузор и вставки капота.

Это не только выглядит эффектно, так как детали имеют текстуру углеродной ткани, но и способствует снижению веса автомобиля, что положительно влияет на динамику и экономичность.

Почему это важно? Углепластик красив и лёгок, но его производство очень энергоёмкое и далеко не экологичное. Именно поэтому BMW активно ищет альтернативы, а натуральный лен стал отличным решением. Лен является возобновляемым материалом и обладает способностью быстрого роста, в отличие от углеродного волокна, производство которого состоит из нескольких сложных и энергозатратных процессов.

«Натуральные волокна — важная часть инновационных лёгких решений в автоспорте. Мы с нетерпением ждём их в будущих моделях BMW M», — заявил глава BMW M Францискус ван Меель.

Это значит, что новые материалы появятся в дорожных автомобилях BMW M, возможно, уже в ближайшие пару лет. Будут ли они в продаже? Да, но не сразу и не на всех моделях. На первом этапе композитные детали из льна появятся в каталоге M Performance Parts как опциональные элементы тюнинга. Их можно будет установить на некоторые модели — например, на M3 или M4.

Будут ли они дешевле традиционного карбона — пока не сообщается. Но с учётом удешевления производства, вполне возможно, что такие детали станут доступнее.

jecomposites.com

Sustainable Extricko использует перегретый пар и давление для переработки композитов

Джо Пенхол Смит и его брат Сэм Пенхол увлечены парусным спортом. «Мы оба выросли очень близко к местному парусному клубу», — говорит Пенхол Смит, который продолжает заниматься парусным спортом в свободное время.

Будучи соучредителями Sustainable Extricko, братья теперь стремятся сделать спорт, который они любят, менее расточительным, перерабатывая композит-



ные материалы, которые широко используются в парусном спорте.

«Команды тратят много денег на высококачественные материалы только для того, чтобы использовать их один или два раза. Столько времени, усилий и энергии уходит на создание этих замечательных композитных элементов, а затем они просто оказываются в яме в земле», — говорит Пенхол Смит.

Углеродные и стеклянные волокна значительно снижают общий вес материалов, что делает их популярным выбором в таких областях применения как парусный спорт, где даже самые незначительные различия могут повлиять на результат. Добавление смол укрепляет материал, связывая волокна вместе. Однако после использования эти связанные компоненты невозможно разделить, а это означает, что коэффициент переработки композитных материалов составляет менее 1%. Пенхол Смит объясняет, что современные стратегии переработки включают либо пиролиз — нагревание материалов в инертной среде для их разрушения, либо сольволиз — растворение материалов в горячих растворителях. Эти не слишком эффективные и энергоемкие методы могут повредить волокна, привести к потере смоляного материала и образованию большого количества отходов растворителя.

Sustainable Extricko использует альтернативный метод, известный как прессолиз, при котором используется перегретый пар и давление для разделения компонентов. «Вода очень эффективно реагирует с относительно слабыми звеньями, которые связывают волокна и смолу вместе», — объясняет Пенхол Смит. Изменение температуры и давления может повысить общую эффективность и уменьшить количество энергии, необходимой для работы системы.

После обработки неразлагаемые материалы, такие как углеродное или стекловолокно, готовы к повторному использованию при условии правильной обработки. «Разделение смол — сложная задача, так как после прессолиза остается водный раствор интересной органической химии», — говорит Пенхол Смит, объясняя, что дальнейшее разделение использует различные физические свойства мономеров, такие как температура кипения, плотность и реакция на различные pH. При этом используется комбинация существующих технологий и новых методов, разработанных командой.

В настоящее время братья протестировали свой

метод и способны перерабатывать около 2 тонн композитных материалов в год. «Это капля в море, но это на две тонны больше, чем у других организаций», — говорит Пенхол Смит. Хотя первоначально они были нацелены на парусную индустрию, другие рынки, использующие композитные материалы, включая аэрокосмическую промышленность, возобновляемые источники энергии и моду, созрели для использования этой технологии.

Sustainable Extricko стремится продолжать «перерабатывать то, что исторически не подлежит переработке». «В Великобритании насчитывается около 100 000 тонн отходов композитных материалов... и поскольку ЕС продолжает жестко регулировать использование композитных материалов, есть довольно хороший путь для распространения данной технологии», — говорит Пенхол Смит.

www.chemistryworld.com

Революционные композитные материалы с функцией «самозаживления»

CompPair представляет революционные композитные материалы с функцией «самозаживления». Технология HealTech от компании CompPair позволяет быстро восстанавливать повреждения, такие как вмятины, царапины и расслоения, с помощью локального нагрева. Этот подход, вдохновленный природой, коренным образом меняет подход к обслуживанию и утилизации композитов.

В чём суть технологии HealTech? В основу материала встроена особая смола. При нагреве до температуры около 110-150°C с помощью термофена эта смола активируется, переходит в жидкую фазу и заполняет поврежденные участки. После остывания материал восстанавливает свою первоначальную структурную целостность и прочность.

Ключевые особенности технологии: процесс восстановления занимает около 60 секунд, а один и тот же участок материала можно ремонтировать многократно — исследования показали возможность до 60 ремонтных циклов без потери свойств. CompPair заявляет, что их технология ускоряет ремонт в 400 раз по сравнению с традиционными методами.

Материалы для данной технологии реализованы в виде препрегов HealTech™, которые совместимы



со стандартными промышленными процессами производства композитов.

Области применения данных материалов:

- Транспорт: Швейцарские федеральные железные дороги (SBB) используют HealTech™ для ремонта противоскользящих щитков на поездах.
- Аэрокосмос: Компания сотрудничает с ArianeGroup, а также участвует в проекте CASSANDRA Европейского космического агентства по созданию самовосстанавливающихся конструкций для аэрокосмической отрасли.
- Спорт и товары для отдыха: CompPair создала более долговечные лыжи в партнерстве с Salomon и работала с Decathlon над перерабатываемой подошвой для велотуфлей.
- Автоспорт: Технология используется для изготовления ремонтпригодных воздухозаборников для раллийного автомобиля Objectif Dunes.
- Ветроэнергетика: Проводятся предварительные испытания технологии быстрого ремонта лопастей ветряных турбин.

www.comppair.ch

Компании из разных стран представили композитные материалы на China Composites Expo

28-я Китайская международная выставка композитных материалов (China Composites Expo, CCE 2025) подтвердила свой статус крупнейшего и наиболее влиятельного отраслевого события в Азиатско-Тихоокеанском регионе. Выставка прошла с 16 по 18 сентября 2025 года в Национальном выставочном и конгресс-центре (NECC) в Шанхае. Организованная China Composites Group Corporation Ltd, она уже почти три десятилетия служит ключевой платформой для демонстрации достижений, обмена знаниями и установления деловых контактов для профессионалов

со всего мира в таких сферах, как аэрокосмическая отрасль, автомобилестроение, ветроэнергетика и строительство.

China Composites Expo 2025 успешно выполнила свою миссию, продемонстрировав не только текущее состояние индустрии, но и ее уверенный вектор движения в будущее.

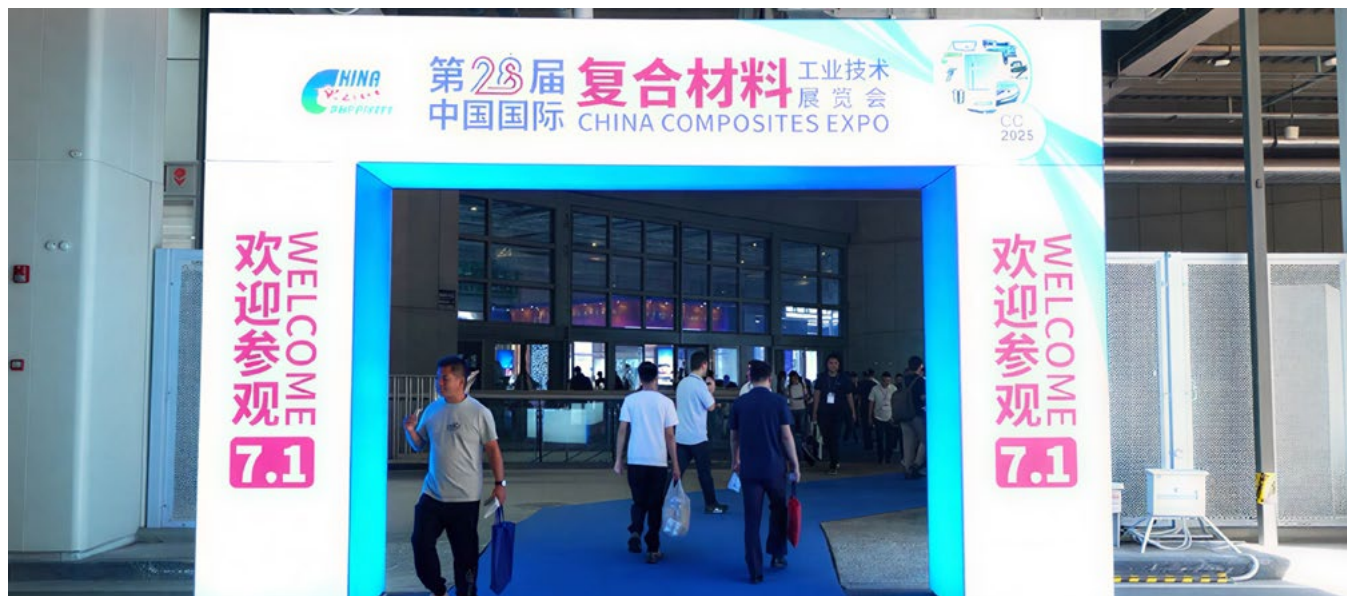
В секции «сырье и передовые материалы» были представлены новейшие разработки, такие как крупнорулонное углеродное волокно SYT45F от Zhongfu Shenying для более легких и крупноразмерных лопастей ветряных турбин и высокотемпературный термопластичный препрег от Jiangsu Bi-Gold New Material, который выдерживает температуры выше 200°C и применим в аэрокосмической отрасли. Компания Freshape представила высокотехнологичный композитный армирующий материал в виде бумаги на основе древесных волокон, который позиционируется как экологичная альтернатива синтетическим волокнам, таким как стекло- и углеродное волокно.

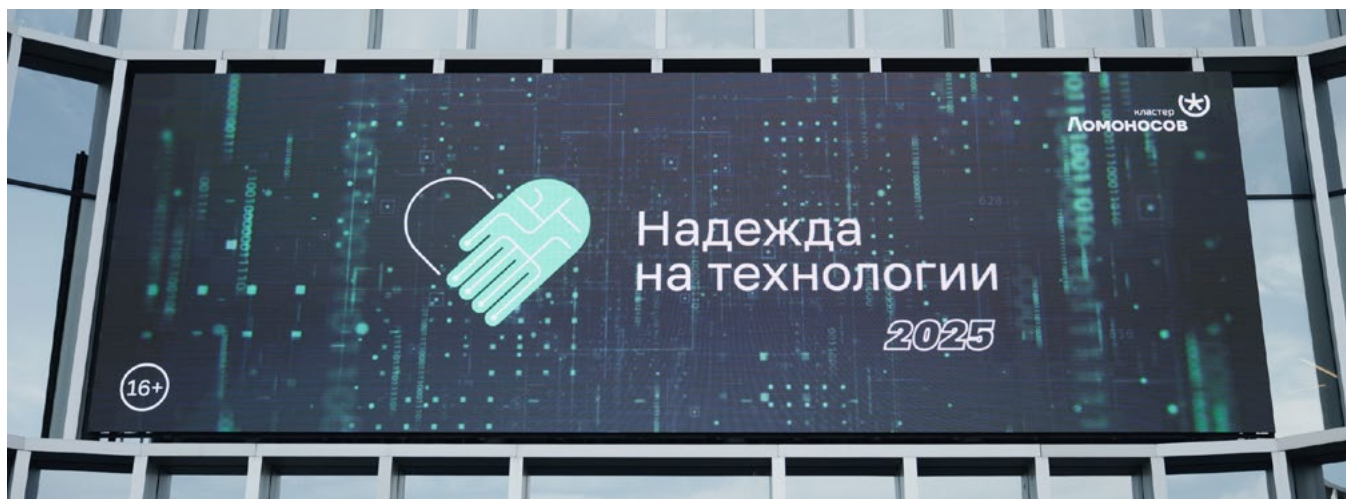
В разделе «оборудование и процессы» акцент был сделан на интеллектуализацию и автоматизацию производства. Например, AVIC Manufacturing Technology Institute представило собственное программное обеспечение для автоматической укладки волокна (Automatic Fibre Placement Software), что является важным шагом в локализации ключевых технологий.

Секция «готовой продукции и новых областей применения» представила крупногабаритные углекомпозитные изделия для железнодорожного транспорта от Shanghai Cedar Composites и перерабатываемую термореактивную лопасть ветряной турбины Model TMT86A от Zhuzhou Times New Material Technology — прорыв в решении проблемы утилизации композитов.

Экспозиция убедительно показала, что композиты — это уже не «материал-заменитель», а «материал-создатель», который активно формирует будущее таких сфер, как возобновляемая энергетика, эра электромобилей и авиация завтрашнего дня.

www.jeccomposites.com





Надежда на технологии

Лукичева Наталья Сергеевна
кафедра НВКМ СПбГУПТД

Анущенко Татьяна Юрьевна
кафедра НВКМ СПбГУПТД,
ГК «Линтекс»

Разработки в области композитов медицинского назначения представили на X национальном форуме реабилитационной индустрии и универсального дизайна «Надежда на технологии», прошедшем 10–11 июля 2025 года в Москве.

Форум был посвящен демонстрации комплексных решений и современных технологий для реабилитации и формирования доступной среды для людей с инвалидностью и иных маломобильных групп населения. И композиты, благодаря возможности создавать материалы с заранее заданным комплексом свойств, являются отличным вариантом для реализации данных решений. Из них изготавливают протезы, ортезы, экзоскелеты, рамы инвалидных колясок,

культеприемные гильзы и многое другое.

В этом году на форуме отдельное внимание было уделено сырьевому обеспечению реабилитационной отрасли, которое предполагает развитие отечественной компонентной базы и межотраслевое взаимодействие с такими направлениями, как химическая, металлургическая, радиоэлектронная промышленность. Активную работу в этом направлении ведет соорганизатор мероприятия — ФГАУ «Институт медицинских материалов» (ИММ).

Благодаря работе ФГАУ «ИММ» в 2025 году экспозиция форума впервые пополнилась тематическим стендом, посвященным сырью и материалам медицинского назначения, основную часть экспонатов для которого предоставили члены и партнеры Союза производителей композитов.

На стенде были представлены как непосредственно композиты (и изделия из них) на основе стеклянных, углеродных волокон, полиамидов и сверхвысокомолекулярного полиэтилена, так и основные материалы для их производства: армирующие наполнители, полимерные смолы.

В качестве экспонатов были продемонстрированы и разработки ученых кафедры наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А.И. Меоса Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна: стеклокомпозитные акустические мембраны для стетофонендоскопов и уже выпускаемые на производственных мощностях Группы компаний «Линтекс» композитные нити ФТОРЭКС® и ФТОРЛИН.



Применение композитных акустических мембран имеет ряд преимуществ перед традиционно используемыми материалами, такими как термопласты (поликарбонаты, ПП) или эластомеры (каучуки и латексы). Так, например:

- композитные мембраны эластичные, но прочные. Они более долговечные и износостойкие, обладают лучшей хемостойкостью к стерилизующим агентам;
- стеклокомпозитные мембраны подходят не только для стерилизации, но и изначально могут быть изготовлены с применением бактерицидных препаратов. Например, хлоргексидина, который способен образовывать химические связи с материалом связующего (эпоксидной смолой), и выступать с одной стороны отверждающим агентом, а с другой — выполнять антибактериальную функцию. Или с введенными окрашивающими наполнителями: техническим углеродом и диоксидом титана, которые также проявляют антибактериальные свойства. Что обеспечивает для пациентов дополнительные гарантии соблюдения гигиеничности процесса;
- композитные мембраны, варьируя их толщину или/и состав, возможно изготавливать под заданные акустические параметры прибора.

Материалы ФТОРЭКС® и ФТОРЛИН представляют собой нити лавсановые (полиэфирные) и полиамидные, плетеные или крученые, с фторкаучуковым покрытием. Фторполимерное покрытие увеличивает биосовместимость, полностью устраняет капиллярность и фитильность нити, повышает надежность хирургического узла, обеспечивает атравматичность при проведении через ткани. При этом нить прочна, гибка и удобна в манипуляциях, не требует наложения дополнительных узлов для надежной фиксации шва. Их, как и эндопротезы из них, применяют для восстановительной хирургии.

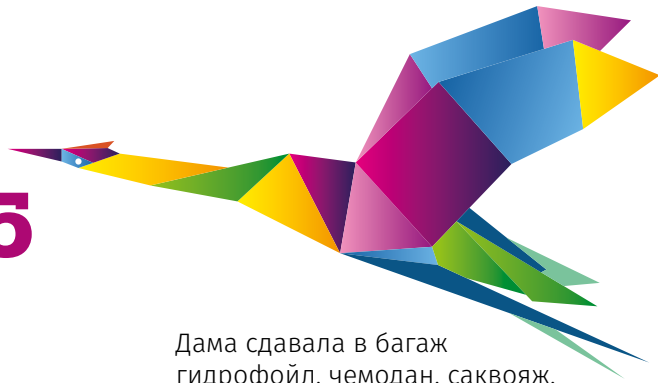
В форуме приняли участие порядка 97 производителей и за два дня постели более 2000 человек. Среди гостей были Министр промышленности и торговли Российской Федерации Антон Алиханов. Министр труда и социальной защиты Российской Федерации Антон Котяков, заместитель Председателя Совета Федерации, председатель Совета по делам инвалидов Совета Федерации Инна Святенко, заместитель председателя Государственной думы Анна Кузнецова, руководитель Федерального медико-биологического агентства Вероника Скворцова, председатель Координационного совета Народного фронта по делам инвалидов, директор Национальной ассоциации «АУРА-Тех» Иван Бирюков.

Надеемся, что проявленный на форуме большой интерес к разработкам из композитов станет новым импульсом развития и расширения применения данных материалов в области медицины и здравоохранения. **КМ**

Фотографии предоставлены
медиа-центром форума
«Надежда на технологии» www.nnteh.ru и
Союзом производителей композитов



Композиты без границ 2025



Наталья Лукичева
старший преподаватель кафедры НВКМ СПбГУПТД

Пост-релиз подготовлен при использовании помимо собственных материалов и фотографий с сайта compositesforum.ru

Дама сдавала в багаж
гидрофойл, чемодан, саквояж,
картину, машину, рогожки,
лонгборд, мотосёрф и сережки,
гитару, крыло и медали
и прочие угледетали...

В Москве на ВДНХ 27 и 28 сентября прошел второй молодёжный фестиваль «Композиты без границ».

В год 80-летия отечественной атомной промышленности фестиваль прошел в рамках молодежной программы «Мировой атомной недели» — крупнейшего события, посвященного атомной и смежным отраслям.

Композиты всегда шли вместе с атомной промышленностью, ведь создание инноваций, работа в экстремальных условиях, достижение высоких результатов, улучшение качества повседневной жизни действительно являются неотъемлемой частью этих двух направлений.

В павильоне «Композиты без границ» Композитный дивизион Госкорпорации «Росатом» представил как свои разработки, так и проекты своих партнеров. Программа фестиваля включала и выступления, популяризирующие и иллюстрирующие применение композитных материалов, и дискуссии, затрагивающие проблемы широкого внедрения композитов.

Так, спикеры из Госкорпорации «Росатом» рассказали об истории композитной отрасли в России, ее связи с атомной промышленностью и перспективных

современных проектах в области композитов.

Наверное, один самых насущных вопросов — как подготовить кадры для композитной промышленности — обсудили в рамках паблик-тока «Композиты в транспорте: как подготовить специалистов будущего?». Представители вузов поделились своим опытом привлечения талантливой молодежи, представив проект «Формула-студент», как пример работы обучающихся над созданием современного гоночного автомобиля из новых композитных материалов.

Тема применения композитов в автомобилестроении поднималась на мероприятии не единожды. Например, основатель компании «Конструкторское Бюро 7» Денис Абрамович рассказал, как создавался отечественный гоночный автомобиль для кольцевых гонок серии GT. Российский бизнесмен, видеоблогер, создатель первого гиперкара Flanker F Сергей Кабаргин и директор гоночной команды Мария Найт пообщались с участниками фестиваля о том, как создавался первый гиперкар, и какие у них планы на ближайший год.



Слева направо: Гиперкар Flanker F, первый гиперкар построенный для участия в соревнованиях по дрифту (разработка: Сергей Кабаргин), автомобиль проекта CN 3500 — альтернатива классу GT, с усиленной углепластиковой рамой и стеклопластиковым кузовом (ООО «Конструкторское бюро 7»), болид — участник проекта «Формула студент» от Bauman Racing Team



Мотосерф из углепластика

В рамках фестиваля также прошла серия лекций «20 минут о композитах». На протяжении двух дней в формате коротких выступлений спикеры рассказывали про применение композитов в авиации, транспорте, космосе, строительстве, а также о новых термопластичных материалах, которые постепенно захватывают ключевые отрасли российской промышленности.

Заместитель генерального директора по технологическому развитию «Проект Виктори» (S7 Group) Егор Голиков поделился историей создания учебно-тренировочного самолета Tango, который на 90%

состоит из российских композитных материалов. Такой самолет может использоваться в летных училищах, санитарной авиации, патрулировании объектов, аэрофотосъемке и др.

Пятикратный чемпион России в индивидуальной шоссейной велогонке Артём Овечкин, основатель компании Customizer Bike Роман Овчаров и основатель компании Syre Андрей Могучий обсудили, как композитные материалы помогают спортсменам ставить рекорды, и нужен ли любителям карбоновый велосипед.

Генеральный директор ООО «ТКТ» Дмитрий Губанов



Участники публик-тока «Композиты в транспорте: как подготовить специалистов будущего?»



Сумочка из бакелита, 20-е г. XX век
(экспонат выставки «Арт-деко», Эрмитаж, Санкт-Петербург)



Сумочка из углекомпози́та, 20-е г. XIX века (разработка: «Карбоночка»,
экспонат фестиваля «Композиты без границ», ВДНХ, Москва)



Как звучит карбон? Углекомпози́тные музыкальные инструменты



Велосипеды с углекомпонитными деталями CUSTOMIZER BIKE (российского производителя премиальных компонентов для профессионального велоспорта и триатлона)

поделился, как его компания, начиная с производства вейкбордов, разработала, изготовила и внедрила в производство автоматизированные комплексы для изготовления изделий из термопластов и теперь получает заказы от крупнейших компаний Российской Федерации.

В течение двух дней все желающие могли наглядно убедиться, что современные композиты находят своё применение во многих отраслях промышленности. Из них изготавливают и монококи гоночных автомобилей и спортивный инвентарь; крылья самолетов и модные аксессуары; газовые баллоны и балалайки. Львиная доля показанных экспонатов была изготовлена из углепластика.

На экспозиции был представлен целый ряд музыкальных инструментов с корпусами из углепластика: гитары, балалайки, перкуссии, барабаны. В музыкальной программе на площадке фестиваля выступили фингерстайл-гитарист Юрий Полежаев, перкуSSIONИСТ Андрей Танзю и карбоновый «Ладъ-квартет».

На протяжении всей своей истории человечество стремилось к использованию новых материалов. И не только в высокоответственных отраслях. В 20-х годах прошлого века многие дизайнеры одежды и аксессуаров обратили своё внимание на недавно синтезированный бакелит (фенолоформальдегидную смолу), создав из него интересные дамские сумочки. История повторяется, и через 100 лет сумки и украшения также создают из самых современных материалов, только уже углеродных.

Также в рамках фестиваля прошли мастер-класс по формированию изделий из композитов от основателя онлайн-школы авто/мото стайлинга «FURCAN CARBON» Евгения Фуркана, уличный мастер-класс по катанию на углекомпонитных лонгбордах Pepper Board от тренеров крупнейшей лонгборд-школы России Flip n Flow и тренинги по катанию на скейтах, сделанных с использованием композитных материалов.

Не смотря на промозглую погоду, энергия участников мероприятия, искренне заинтересованных в своем деле, все два дня согревала и заряжала оптимизмом и верой в массовое внедрение полимерных композитных материалов. **КМ**



Углекомпонитный мотоцикл — проект российского кастом-ателье Zillers Garage

Изготовление и испытания стеклопластиков на основе отечественного эпоксидного связующего «РезиКарб ЭП»



Хлебников Н. В.
Власенко Ф.С.,
Любимова А.С.
info@cp-vm.ru

Одним из наиболее актуальных и востребованных материалов в композитной отрасли являются стеклопластики. Доля стекловолокна и изделий из него занимает больше половины в структуре рынка, при этом на долю эпоксидных стеклопластиков приходится не менее 10-15%. Стеклопластики на основе современных эпоксидных связующих — это универсальные материалы с превосходными физико-механическими характеристиками. Их эксплуатационные характеристики несоизмеримо выше композитных материалов на полиэфирных смолах. Их применение позволяет создавать легкие, прочные и долговечные конструкции, отвечающие высоким требованиям. Эти материалы нашли свое применение в авиастроении, машиностроении, электротехнике, ветроэнергетике и других отраслях, где важна легкость, жесткость, прочность, надежность и долговечность конструкций.

Инженеры компании «Композит-Изделия» провели исследования физико-механических свойств стеклопластиков, полученных на основе собственного нового продукта отечественного производства — эпоксидного связующего «Резикарб ЭП» (ТУ 20.16.40-038-30189225-2024), предназначенного для изготовления полимерных композитных материалов методами вакуумной инфузии и ручного формования, применимых в различных отраслях промышленности. В качестве связующего использовалась система, состоящая из основы «Резикарб-ЭП» с набором отвердителей: быстрым («Резикарб ЭП-Б»), средним («Резикарб ЭП-С») и медленным («Резикарб ЭП-М»), основные характеристики которого приведены в таблице 1. Стеклопластиковые образцы для испытаний получали методом вакуумной инфузии путем пропитки эпоксидным связующим «Резикарб» (с разными си-

Таблица 1. Основные технологические характеристики «Резикарб ЭП»

Параметр	«Резикарб ЭП-Б»	«Резикарб ЭП-С»	«Резикарб ЭП-М»
Соотношение смешивание, масс.ч.	100:25	100:30	100:25
Вязкость не более, мПа*с	800	500	400
Время жизни, мин.	30-40	40-50	150-210
Рекомендованный режим отверждения*	24 ч при температуре 25 °С + постотверждение 5 ч при температуре 80 °С или 8 ч при 60 °С		
Температура стеклования, °С (отверждение 24 ч-25°С+5 ч-80°С)	80	84	95

*Возможен ускоренный режим отверждения при повышенных температурах

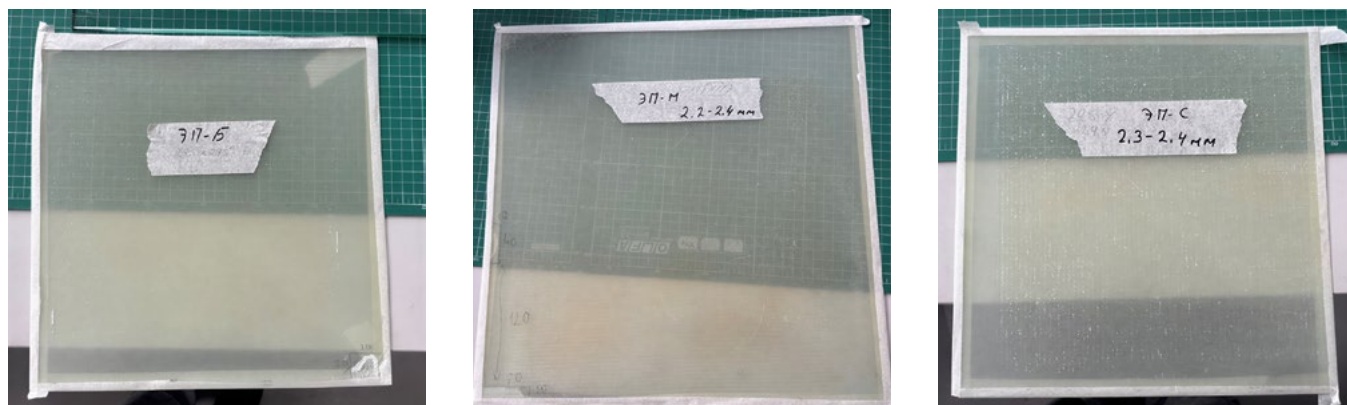


Рисунок 1. Стеклопластики на основе эпоксидного связующего «Резикарб ЭП»

стемами отверждения) стеклоткани плетения твил с плотностью 200 г/м² в количестве 13 слоев. В данном эксперименте использовалась укладка стеклоткани в направлении [0°]13 по основе. Эпоксидное связующее «Резикарб ЭП» в ходе работы продемонстрировало оптимальную вязкость, глубокую, равномерную и стабильную пропитку стеклоткани без образования сухих зон, хорошую дегазацию при вакуумировании, что способствовало получению качественных образцов и показало возможность обеспечения высокого качества промышленно выпускаемых ПКМ за счет минимизации пористости и дефектов. Дополнительно, широкий диапазон времени жизнеспособности и возможность регулирования скорости отверждения эпоксидного связующего обеспечивают удобство и технологическую гибкость процесса инфузии. В данном эксперименте был использован стандартный режим отверждения: 24 часа при 25°C + доотверждение 5 часов при 80°C. Все плиты были отверждены полностью в соответствии с техническими спецификациями. В результате были получены образцы

плоских квадратных плит размером 300 x 300 мм и толщиной 2,2–2,4 мм.

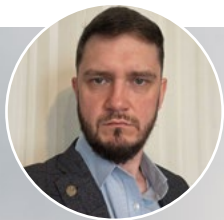
Из полученных плит были изготовлены образцы (рис. 1), которые были подвергнуты дальнейшим испытаниям согласно установленным методикам. Результаты испытаний представлены в Таблице 2.

Полученные значения физико-механических показателей свидетельствуют о высоких прочностных характеристиках материалов, что делает их потенциально пригодными для изготовления различных деталей и изделий из ПКМ в самых разных сферах промышленности.

Компания «Композит-Изделия» надеется, что данный отечественный продукт найдет широкое применение на предприятиях страны и готова предоставить на безвозмездной основе образцы своего нового продукта — эпоксидного связующего «Резикарб ЭП», а также провести консультации и обучение по использованию данного связующего и других продуктов ассортимента компании для своих клиентов. **КМ**

Таблица 2. Физико-механические свойства стеклопластиков на основе «Резикарб ЭП»

Отвердитель	Испытание	Метод	Прочность, МПа	Модуль упругости, ГПа
Резикарб ЭП-Б	Сжатие	ГОСТ Р 56812-2015 (ASTM D6641)	225-240	24
	Изгиб	ГОСТ 56810—2015	320-335	15
	Растяжение	ГОСТ Р 56785-2015 (ASTM D3039)	480-500	19
Резикарб ЭП-С	Сжатие	ГОСТ Р 56812-2015 (ASTM D6641)	220-225	23
	Изгиб	ГОСТ 56810—2015	300-315	14
	Растяжение	ГОСТ Р 56785-2015 (ASTM D3039)	460-480	18
Резикарб ЭП-М	Сжатие	ГОСТ Р 56812-2015 (ASTM D6641)	245-260	27
	Изгиб	ГОСТ 56810—2015	330-350	15
	Растяжение	ГОСТ Р 56785-2015 (ASTM D3039)	490-505	19



Горшков Алексей
vitrulan-composites.ru



Стекломат для скинкоута Vitrulan в бассейнах Laguna Pools

Не для кого не секрет, что скинкоут заложен в технологию производства не просто так. Данный слой защищает основной ламинат от разрушающего воздействия агрессивной среды, а пренебрежение этим слоем провоцирует в дальнейшем рекламации со стороны конечного заказчика и ремонты. Поэтому так важно постоянно работать над улучшением скинкоута, особенно в таких изделиях как бассейны.

Данный факт прекрасно понимают специалисты компании Laguna Pools поэтому следуют всем современным технологиям и используют самые современные материалы для поддержания неизменного высокого качества своих бассейнов. Стоит отметить, что за всё время производства бассейнов Laguna

Pools не было зафиксированного ни одного случая осмоса. Именно благодаря столь ответственному подходу компания Laguna Pools стала первой испытательной площадкой для тестирования стеломата для скинкоута от Vitrulan.

Процесс внедрения нового материала проходил, как это принято, поэтапно. Начиная с небольших образцов, затем небольшого, но сложного изделия и на конечном этапе — изготовление бассейна длиной 6 метров.

Этап 1. Небольшие и плоские образцы с одинаковой площадью и без гелькоута. На этом этапе было необходимо верифицировать информацию, представленную из лаборатории Vitrulan. Было изготовлено 2 образца — первый включал в себя 2 слоя порошкового стекломата Jushi плотностью 300 гр/м² в связке с винилэфирной смолой, второй образец включал в себя 2 слоя стекломата Vitrulan в связке с винилэфирной смолой той же марки и из той же бочки. В результате испытаний было установлено:

- Стекломат Vitrulan действительно пропитывается смолой гораздо быстрее стекломата Jushi.
- Расход винилэфирной смолы в образце со стекломатом Vitrulan ниже на 24%.
- В образце с порошковым стекломатом Jushi визуально наблюдались локальные сухие непропитанные волокна стекловолокна.
- В образце со стеломатом Vitrulan сухие непропитанные волокна отсутствовали полностью.

Этап 2. В качестве испытуемого изделия был выбран технологический прямок (рис. 1). Данное изделие



Рисунок 1



Рисунок 2

имеет площадь поверхности около 14 квадратных метра и все возможные углы, переходы и радиусы (рис. 2).

Целью данного испытания была проверка работы стекломата Vitrulan в производственных условиях в «боевом» режиме. По аналогии с первым этапом, было изготовлено 2 изделия. Первое включало в себя 2 слоя порошкового стекломата Jushi с плотностью 300 гр/м² и винилэфирной смолы, второе — 2 слоя стекломата Vitrulan в связке с той же винилэфирной смолой. Оба изделия включали голубой гелькоут и основой слой ламината.

По результатам испытаний было выявлено следующее:

1. Снижен расход смолы и увеличена прочность. При использовании стекломата Vitrulan снизилось соотношение стекло/смола с показателя 2,66 до 2,17. Расход смолы на китайском стекломате составил 22,32 кг на 8,4 кг стекломата, расход на стекломате Vitrulan составил 19,12 кг смолы на 8,8 кг стекломата.
2. Время формовки скинкоута сократилось на 23%.
3. Стекломат Vitrulan удерживает равномерную толщину по всей поверхности включая углы и радиусы.

Во время формовки китайского стекломата у формовщиков есть возможность убрать воздушные пузыри во внутренних углах за счет растягивания и уменьшения толщины стекломата. Стекломат Vitrulan не позволяет менять толщину, сохраняя равномерный слой в том числе в углах. Безусловно этот факт вызывает негатив со стороны формовщиков, однако конечное качество изделия важнее (рис. 3).

Для того чтобы качественно отформовать углы стекломатом Vitrulan рекомендуется использовать угловые валики (рис. 4).

Этап 3. На заключительном этапе необходимо



Рисунок 3



Рисунок 4



Рисунок 5

было проверить экономическую целесообразность использования стекломата Vitrulan. Поскольку стекломат Vitrulan стоит существенно дороже стекломата Jushi, то существовали серьёзные опасения насчет удорожания конечного изделия.

Для этого сотрудниками Laguna Pools был изготовлен бассейн длиной 6 метров с использованием стекломата Vitrulan и проведены подробные подсчеты расходуемого сырья. В результате удорожание чаши бассейна составило 0,2%. Данная цифра на уровне погрешности и, скорее всего, нивелируется после того, как формовщики приработаются к новому материалу (рис. 5).

В результате компания Laguna Pools приняла в работу стекломат Vitrulan и с июля 2025 года все

бассейны Laguna Pools имеют передовой и наиболее качественный скинкоут.

Помимо успешных испытаний на площадке Laguna Pools стоит отметить и общие тенденции на рынке. Стеклomat Vitrulan будет полезен тем производителям, которые используют в работе турецкие гелькоуты. Все турецкие гелькоуты вне зависимости от производителя имеют склонность к порообразованию, а это в свою очередь прямой путь к проникновению воды в структуру ламината и разрушению последнего. В то же время не полная пропитка китайского стекломата создаёт мостики для проникновения воды в структуру ламината, что существенно ускоряет процесс осмоса и сокращает срок жизни изделия (рис. 6).

Помимо проблем с влагой не полностью пропитанный стекломат в скинкоуте создаёт проблемы с эксплуатацией матриц. Поскольку сухие волокна снижают уровень адгезии скинкоута к гелькоуту, то порой можно наблюдать отрыв гелькоута от матрицы при расформовке. За счет полной пропитки стекломат Vitrulan обеспечивает максимальный уровень адгезии и продлевает срок службы матрицы.

Более подробно с особенностями стекломата Vitrulan можно ознакомиться на сайте компании vitrulan-composites.ru **КМ**



Рисунок 6



Полный ассортимент
мультиаксиальных тканей



Где купить

Vitrulan
Composites



Мультиаксиальные стеклоткани

VITRULAN

- ✓ Скорость инфузии выше конкурентов на 15%
- ✓ Улучшенная драпируемость, укладывается в самые сложные матрицы
- ✓ Полная пропитка смолой и никаких сухих ниток
- ✓ Высокая прочность за счет полной пропитки

Остались
сухие нити

Снижен
физ.мех.

Требуется
больше
слоёв

КОНКУРЕНТ

Все нити
пропитаны
смолой

Увеличен
физ.мех

Требуется
меньше
слоёв

VITRULAN

Сравнительный тест смолопроводящих сеток «ПРО-СЕТ». Часть 2

Первая часть статьи была опубликована в № 1 (110) 2025

Представленные ранее результаты сравнительных испытаний различных распределительных сеток марки «ПРО-СЕТ» позволили выделить ключевые

параметры этих материалов в условиях упрощённой схемы вакуумной инфузии (без армирующего наполнителя). Однако в производственной практике

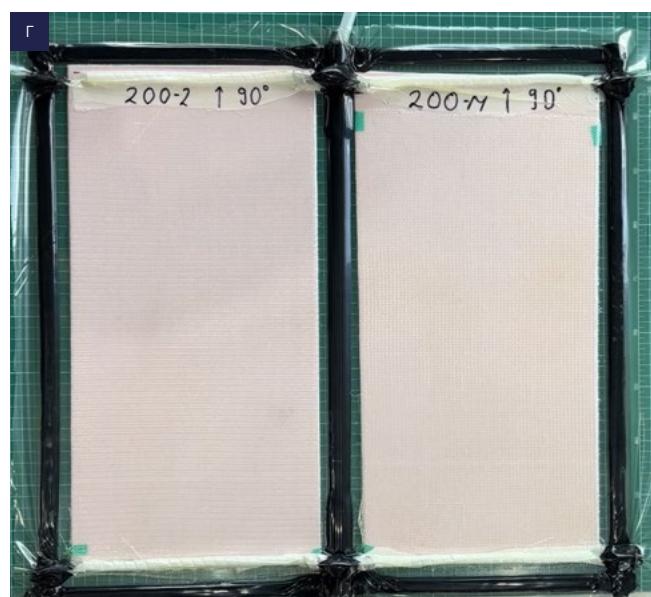
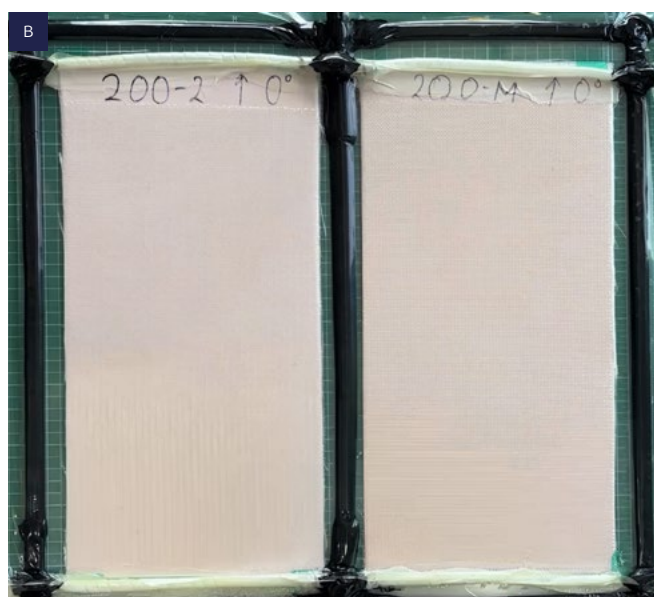
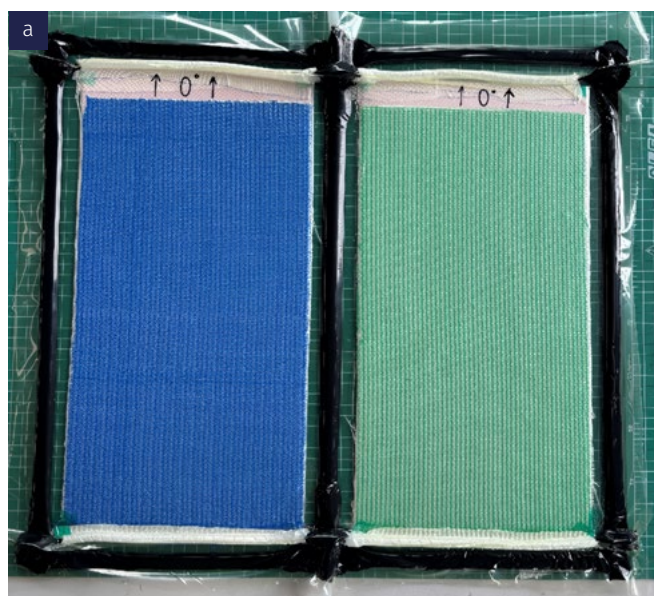


Рисунок 1. Фото вакуумного пакета: а) ПРО-СЕТ-100-145 и ПРО-СЕТ-100-150 в направлении 0°; б) ПРО-СЕТ-100-145 и ПРО-СЕТ-100-150 в направлении 90°; в) ПРО-СЕТ-200-2 и ПРО-СЕТ-200-М в направлении 0°; г) ПРО-СЕТ-200-2 и ПРО-СЕТ-200-М в направлении 90°.

распределительная сетка функционирует в составе многослойного инфузионного пакета, включающего армирующий наполнитель, жертвенные ткани, а также разделительные пленки. Эти элементы могут оказывать существенное влияние на динамику прохождения связующего, а значит — на общую технологическую эффективность распределительной сетки.

Цель настоящей части исследования — экспериментальное сопоставление характеристик тех же распределительных сеток в условиях, приближенных к реальному производственному процессу. Для этого проведены тесты с включением в инфузионный пакет армирующего наполнителя (стеклоткани), жертвенной ткани и перфорированной разделительной пленки. Выбор конфигурации обусловлен стремлением оценить, насколько показатели, полученные исключительно для самой сетки, сохраняют свою релевантность при практическом применении сетки в составе многослойной сборки. Полученные данные представляют интерес как для принятия решений при выборе распределительных материалов на ранних этапах проектирования композитных изделий, так и для оптимизации существующих технологических процессов.

Объекты и методики испытаний

Для сравнительного теста были использованы следующие вязанные распределительные сетки ООО «Композит-Изделия»:

- ПРО-СЕТ-200-2;
- ПРО-СЕТ-200-М;
- ПРО-СЕТ-100-145 (синяя);
- ПРО-СЕТ-100-150 (зеленая).

Размеры тестируемых образцов сеток составляли $200 \pm 1 \times 400 \pm 1$ мм.

В качестве основных для сравнительного теста были выбраны следующие контрольные параметры:

- время прохождения фронта связующего в направлении размотки рулона (направление 0°);
- время прохождения фронта связующего поперек направления размотки рулона (направление 90°);
- массы образцов сухого материала;
- массы образцов материала, пропитанного связующим (после проведения процесса вакуумной инфузии);
- расход связующего на 1 м^2 .

В отличие от предыдущего эксперимента, для оценки времени распространения фронта связующего использовался технологический пакет, приближенный к реальному производственному процессу (рисунок 1). Сборка включала в себя следующие материалы ООО «Композит-Изделия»:

- армирующий наполнитель (стеклоткань плетения твил с поверхностной плотностью 200 г/м^2 , 4 слоя);
- жертвенная полиамидная ткань «Р-ТЭКС Р95ПА» с поверхностной плотностью 95 г/м^2 ;
- разделительная перфорированная пленка «Полиплан-150» (тип перфорации П16);
- распределительные сетки «ПРО-СЕТ».

Контрольные образцы тестировались парно с разделением областей пропитки. Для теста использовалась эпоксидная система — смола L + отвердитель L (R&G).

Результаты и их обсуждение

В таблице 1 представлены результаты времени прохождения фронта связующего в пакетах. Отдельно показано время прохождения фронта только по распределительной сетке и для всего ламината при различных направлениях пропитки при проведении процесса инфузии. Стоит отметить, что при проведении данных тестов температура в помещении была выше, чем при проведении тестов с упрощенной схемой, поэтому не везде есть прямая корреляция, однако становится очевидным влияние повышенной температуры производственного помещения.

Средние результаты взвешивания образцов пропитанных и непропитанных сеток, а также рассчитанный на основе полученных данных итоговый расход связующего по каждому типу сетки представлены в таблице 2. Исходя из данных в таблице можно сделать вывод о незначительном влиянии направления пропитки на расход связующего, а также оценить степень впитывания связующего по каждому типу сетки.

В таблице 3 приведено сравнение скорости прохождения связующего по идентичным пакетам при использовании одной и той же технологии и марок составляющих пакета, но при разных температурах рабочего помещения. Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что повышение температуры окружающей среды значительно ускоряет

Таблица 1. Время прохождения фронта связующего

№ п/п	Наименование материала	Направление пропитки	Время прохождения фронта связующего по сетке (без ламината), с	Время прохождения фронта связующего по сетке (с ламинатом), с	Время прохождения фронта связующего по ламинату, с
1	ПРО-СЕТ-200-2	0°	92	114	140
		90°	120	132	168
2	ПРО-СЕТ-200-М	0°	170	297	349
		90°	195	288	335
3	ПРО-СЕТ-100-145 (синяя)	0°	103	217	264
		90°	143	184	216
4	ПРО-СЕТ-100-150 (зеленая)	0°	65	88	108
		90°	124	81	102

Таблица 2. Результаты взвешивания образцов и расчета расхода связующего

Наименование материала	Направление пропитки	Масса сухого образца, г	Масса пропитанного образца, г	Расход связующего, г/м ²
ПРО-СЕТ-200-2	0°	7,15	43,92	459,6
	90°	7,22	39,10	398,5
ПРО-СЕТ-200-М	0°	8,12	36,43	353,9
	90°	8,14	36,69	356,9
ПРО-СЕТ-100-150	0°	12,24	54,72	531,0
	90°	12,31	55,80	543,6
ПРО-СЕТ-100-145	0°	11,67	52,34	508,4
	90°	11,65	52,26	507,6

Таблица 3. Время прохождения фронта связующего в зависимости от температуры помещения

Наименование материала	Направление пропитки	Время прохождения фронта связующего по сетке (с ламинатом), с		Время прохождения фронта связующего по ламинату, с	
		t=25° C	t=32° C	t=25° C	t=32° C
ПРО-СЕТ-100-145	0°	222	217	269	264
	90°	278	184	320	216

прохождение связующего и по сетке, и по ламинату в целом в направлении 90°.

Выводы

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что в рамках технологического процесса, приближенного к реальному производственному процессу, скорость (время) распространения фронта связующего отличается от случая с упрощенной схемой упаковки вакуумного пакета. Увеличение времени распространения связующего по распределительной сетке при переходе от рассмотрения упрощенной схемы к рассмотрению схемы с ламинатом также сильно варьируется в зависимости от марки сетки — разброс составляет от 10% до 75%, а в случае ПРО-СЕТ-100-150 можно даже отметить снижение времени пропитки в направлении 90°, что также связано с температурными условиями проведения теста. При этом, как показывает эксперимент, пропадает прямая зависимость увеличения времени пропитки при переходе от направления 0° к 90°: в случае полноценного пакета у некоторых типов сеток скорость прохождения связующего в направлении 90° даже выше, чем в направлении 0°.

Не менее важными характеристиками, изученными в рамках данной статьи, являются смолопоглощение сеток, а также скорость (время) распространения фронта связующего по ламинату в целом. Также наглядно показано влияние температуры рабочего помещения на скорость распространения фронта связующего при вакуумной инфузии — даже незначительное повышение температуры можно сильно повлиять на ход процесса.

Надеемся, что данный материал окажется полезен, позволит понять основные технологические

свойства, оценить преимущества использования распределительных сеток «ПРО-СЕТ» и с уверенностью применять их в собственном производстве изделий из композитных материалов, оптимизируя технологические процессы. Стоит понимать, что данные являются демонстрационными, для вывода более фундаментальных зависимостей необходимо проведение большого числа повторений опытов при одинаковых условиях, однако представленные результаты обладают практической ценностью для технологов производств, занимающихся работой с композиционными материалами. При выборе технологом типа и марки распределительной сетки стоит учитывать большой спектр факторов: габариты изделия, окружающие условия, тип и свойства армирующего наполнителя и эпоксидной системы и т.д. За дополнительной информацией касательно ассортимента продукции ООО «Композит-Изделия», их характеристик и рекомендаций по применению можно обращаться к специалистам компании.

Литература

1. Кербер М.Л. и др. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология. 5-е исправленное и дополненное издание - СПб.: ЦОП Профессия. 2018. 640 стр.
2. Васильев, В.В. Композиционные материалы: справочник / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др.; под общ. ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. - М.: Машиностроение, 1990. - 512 с.
3. Преображенский, А.И. Стеклопластики - свойства, применение, технологии / А.И. Преображенский // Главный механик. - 2010. - № 5. - С. 26-37.
4. Афанасьев, Д.В. Безавтоклавные технологии / Д.В. Афанасьев, М.Ю. Ощепков // Композитный мир. - 2010. - № 5. - С.28-37.



CARBO CARBO
КОМПОЗИТНЫЙ СУПЕРМАРКЕТ

Конструкционные пенопласты PVC PET PMI

Airex C70.55, C70.75 2-10 мм

Легкость,
прочность,
превосходство

CP-PVC 50, 60, 80 кг/м3 от 1,2 мм

Надежная
легкость
по доступной
цене



+7(499)281-66-33

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

Двухстольные пятиосевые фрезерные центры

российский прорыв в обработке композитов

mineevs.ru

Обработка композитных материалов — одна из самых динамично развивающихся отраслей современного машиностроения. Композиты уверенно вытесняют традиционные материалы в авиации, автомобилестроении, судостроении, энергетике и строительстве благодаря своей легкости, прочности и устойчивости к коррозии. Однако работа с композитами требует не только особых знаний, но и специализированного оборудования, способного обеспечить высокую точность и производительность при обработке сложных форм и крупногабаритных деталей.

В последние годы российский рынок оборудования для обработки композитов переживает заметные перемены. Если еще недавно предприятия были вынуждены закупать сложные фрезерные центры исключительно за рубежом, то сегодня отечественные производители выходят на передовые позиции, предлагая уникальные решения, адаптированные под специфику российского производства.

Первые в России: опыт компании «Минеев технологии»

Одним из таких решений стал двухстольный пятиосевой фрезерный обрабатывающий центр, разработанный и построенный компанией «Минеев технологии». Это первый подобный станок, полностью созданный в России — ранее оборудование такого класса импортировалось из Европы и Азии, а попытки других отечественных производителей реализовать подобный проект заканчивались отказом из-за сложности и высокой стоимости разработки.

Редакция «Композитного мира» внимательно следила за этим проектом с самого начала. По словам инженеров компании, путь к реализации был непростым: пришлось решать задачи, связанные с синхронизацией работы двух столов, обеспечением стабильной точности при обработке крупных деталей. Однако команда «Минеев технологии» справилась



Фрезерный ОЦ MINEEV Bizon на территории компании ООО «Интехпласт»



Двухстольный фрезерный ОЦ MINNEEV Bizon 2 поколения. В процессе изготовления для компании ООО «СервисТрансАвто»



Одностольный фрезерный ОЦ MINNEEV Bizon Mini

с вызовами, и сегодня первый двухстольный пятиосевой центр успешно работает на предприятии ООО «Интехпласт» в Набережных Челнах, где используется для производства композитных изделий для автомобильного транспорта.

Технические особенности и преимущества двухстольных центров

Главная особенность двухстольных пятиосевых центров — возможность одновременной работы на двух независимых столах. Пока на одном столе идет обработка изделия (например, обрезка кромок, вырезание карманов, сверление отверстий), оператор на втором столе может производить смену заготовок, подготовку следующей детали или выполнять вспомогательные операции. Это существенно сокращает время простоя оборудования и увеличивает производительность.

В ряде случаев для обрезки композитных заготовок используют промышленных роботов, однако такой подход не всегда оптимален. Роботы ограничены в точности, скорости и гибкости при работе с крупными и сложными деталями, а также требуют сложной интеграции с системами управления и дополнительного обслуживания. Двухстольный центр решает эти задачи за счет высокой точности позиционирования, возможности быстрой переналадки и интеграции с CAD/CAM-системами.

Еще одно важное преимущество — возможность работы столов в тандеме. Это особенно актуально при изготовлении мастер-моделей для последующего формования композитных изделий. В таком режиме рабочая зона станка увеличивается до внушительных размеров — до 3100x3050 мм (ширина и высота), что позволяет обрабатывать крупногабаритные детали и создавать сложные формы, востребованные в авиации и автопроме.

Широкий модельный ряд: от компактных до гигантских решений

Компания «Минеев технологии» не ограничивается только двухстольными центрами. В линейке представлены одностольные фрезерные обрабатывающие центры, а также закрытые модели — как в одностольной, так и в двухстольной конфигурации.

Закрытые центры особенно востребованы при работе с материалами, образующими пыль и мелкую стружку, поскольку обеспечивают безопасность оператора и чистоту производственного помещения.

Для предприятий, работающих с крупными изделиями, предлагаются фрезерные центры с максимальными габаритами заготовки в пяти осях до 4000x12000x2200 мм (XYZ).

Это позволяет обрабатывать детали для авиации, судостроения, энергетики и других отраслей, где



Одностольный фрезерный ОЦ MINNEEV Bizon Mini в кабинетном исполнении



Двухстольный фрезерный
ОЦ MINEEV Bizon
в кабинетном исполнении

размеры изделий выходят за рамки стандартных решений. Причем, как отмечают специалисты компании, эти габариты — далеко не предел: конструкция станков позволяет масштабировать рабочую зону под конкретные задачи заказчика.

В каждом станке реализованы современные системы автоматической смены инструмента, высокоточные шпиндели, эффективные системы удаления стружки и пыли, а также интеграция с профессиональными стойками управления отечественного производства. Это обеспечивает надежность, точность и удобство эксплуатации на всех этапах работы.

Конкурентные преимущества: честная стоимость и сервис «под ключ»

На российском рынке оборудование «Минеев технологии» уверенно конкурирует с китайскими аналогами. Стоимость станков сопоставима, а по ряду позиций даже ниже, чем у зарубежных производителей. Важно отметить, что компания придерживается политики прозрачного ценообразования: практически все расходы учтены в стоимости оборудования, минимальное количество скрытых платежей, никаких неожиданных доплат за сервис, обучение или доставку.

Поставка оборудования осуществляется «под

ключ»: шеф-монтаж, пусконаладочные работы, обучение персонала, доставка — все входит в пакет услуг. Техническая поддержка осуществляется на русском языке, что существенно облегчает коммуникацию и решение возникающих вопросов.

Использование профессиональных отечественных стоек управления обеспечивает надежную интеграцию с российскими и зарубежными CAD/CAM-системами, а также гарантирует долгосрочную поддержку и обновление программного обеспечения.

Вывод: российские технологии для российского производства

Сегодня, когда отечественная промышленность стремится к независимости и технологическому лидерству, появление двухстольных пятиосевых фрезерных центров российского производства — событие знаковое. Компания «Минеев технологии» доказала, что сложные задачи можно решать внутри страны, предлагая оборудование, которое не уступает зарубежным аналогам ни по качеству, ни по функциональности, ни по стоимости.

Если ваша компания работает с композитными материалами и ищет надежное, производительное и современное оборудование — мы рекомендуем обратить внимание на решения «Минеев технологии». Это не просто станки, а комплексные технологические решения, которые помогут вывести производство на новый уровень.

Будущее обработки композитов в России строится здесь и сейчас, и строится на таких инновациях, как двухстольные пятиосевые фрезерные центры. Обращайтесь к профессионалам — и ваш бизнес получит надежного технологического партнера на долгие годы. **КМ**



Фрезерный ОЦ MINEEV Bizon AP.
Максимальные габариты заготовки:
4000x12000x2200 мм (XYZ)

Сайт: mineevs.ru
Телеграм: t.me/mineev_tech
Rutube: rutube.ru/channel/51042194/
YouTube: [/www.youtube.com/@mineev_tech](https://www.youtube.com/@mineev_tech)
Телефон: +7 855 292-33-47
Email: fz@mineevs.ru



КОМПОЗИТ ИЗДЕЛИЯ

РЕЗИКАРБ

Эпоксидное связующее

ТУ 20.16.40-038-30189225-2024



предназначено для изготовления изделий из ПКМ для различных отраслей промышленности;



подходит для методов вакуумной инфузии, ручного формования;



позволяет варьировать время технологического процесса;



не содержит летучих органических растворителей;



обеспечивает хорошую и быструю пропитку угле- и стекловолокна;



обладает низкой вязкостью и низкой усадкой;



Основа Отвердитель

Резикарб ЭП
+ Резикарб ЭП-М

Резикарб ЭП
+ Резикарб ЭП-С

Резикарб ЭП
+ Резикарб ЭП-Б

Масс. соотношение
смешивания

100 : 25

100 : 30

100 : 25

Вязкость системы
при 25°C

≤ 400 мПа

≤ 500 мПа

≤ 800 мПа

Время жизни смеси
(100 г) при 25°C

150-210 мин

35-55 мин

25-45 мин

Температура стеклования,
не менее

90 °C

80 °C

80 °C

+7 499 281 66 37

info@cp-vm.ru

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



Композитный катамаран для транспортировки в контейнерах

Российское КБ «АН Марин Консалтинг» разработало проект малого пассажирского катамарана, который можно перевозить в стандартных 40-футовых контейнерах. Проект получил название «Пингвин» и предназначен для пассажирских перевозок и туризма в прибрежной зоне морей.

Идея проекта — транспортабельный катамаран, доступный по цене, без сложной отделки, с простым пропульсивным комплексом, пассажирский «под Регистр» для полноценной коммерческой эксплуатации.

При разработке проекта ставилась задача улучшения транспортировки судов-катамаранов за счет сборной конструкции, повышение серийности и снижение стоимости за счет применения композитов,

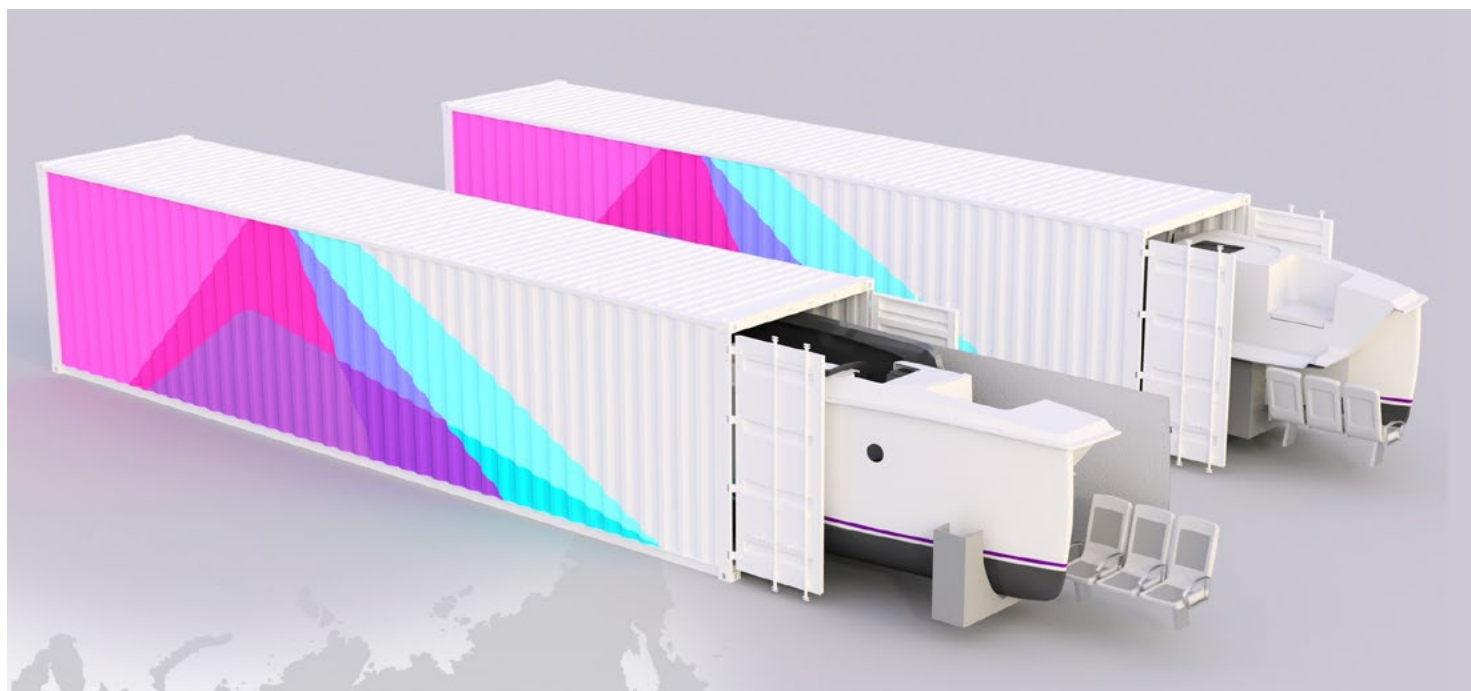
адекватный по цене для малого бизнеса и развития туризма в регионах. Судно перевозится в разобранном виде в двух стандартных 40-футовых контейнерах и собирается на месте эксплуатации. Может быть доставлено на отдаленные водоемы.

Катамаран состоит из композитных модулей, стыкующихся с использованием клеевых соединений, без вторичного армирования. Стапель для сборки поставляется вместе с судном. Судно полностью изготавливается из отечественных композиционных материалов и полностью на отечественной производственной базе.

Судно может быть построено как высокоскоростное, так и для «водоизмещающих» скоростей движения, по требованию заказчика. Корма судна адаптируется под разные пропульсивные комплексы путем вставок в матрицу. Судно может быть оборудовано подвесными двигателями (на дизельном либо бензиновом топливе), стационарными двигателями, водометами либо системой электродвижения по выбору заказчика. Многовариантность пропульсивного комплекса позволяет решить проблему подбора двигателей на рынке РФ.

Бортовые двери на оба борта судна обеспечивают безопасную посадку и высадку, в т.ч. для лиц с ограничениями по мобильности. Также возможна посадка





с необорудованного берега, через носовую аппарель.

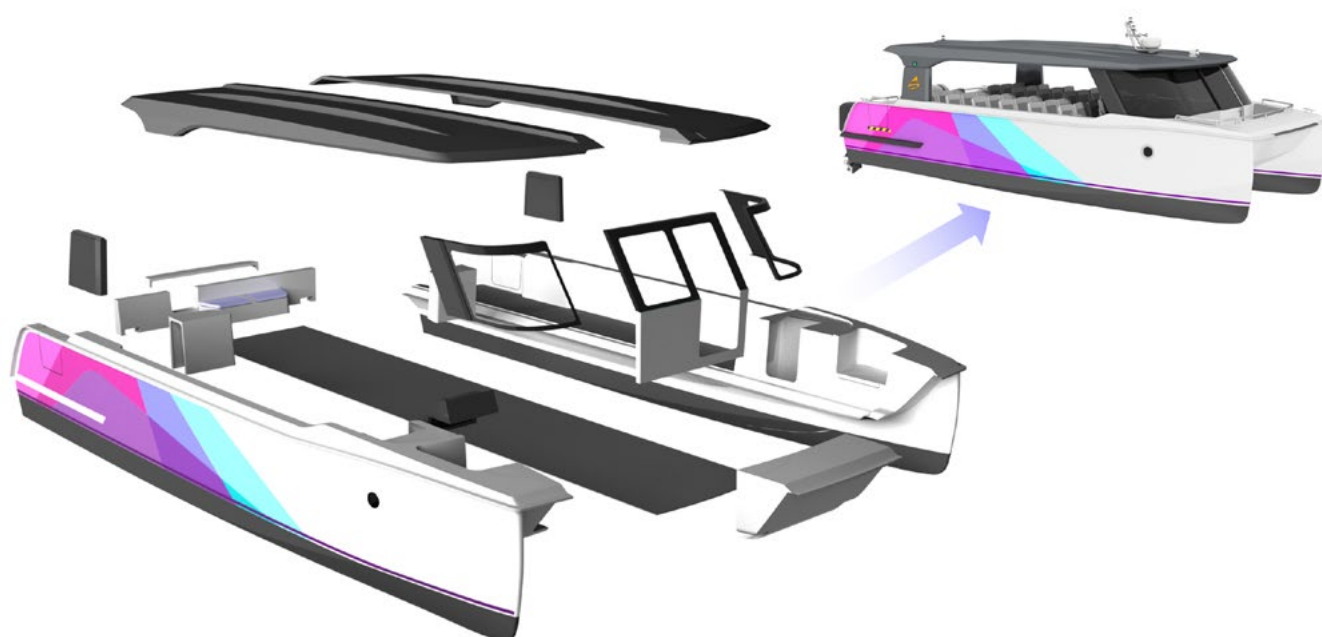
Предусмотрено несколько вариантов компоновки палубы-салона, включая вариант со столиками и для перевозки дайверов. В прохладную погоду салон закрывается мягкими ПВХ-окнами. Судно может перевозить до 36 пассажиров.

Основные характеристики: длина корпуса/наибольшая 12,0/12,4 м, ширина наибольшая 4,4 м, скорость 10... 20...25 узлов, пассажировместимость 36 пассажиров, экипаж 2 человека, материал корпуса — композит.

Строитель катамарана АО «Русатом Ветролопасты» (Ульяновск). Сертификация и классификация от отечественного классификационного общества — Российского морского регистра судоходства.

Технические решения узла соединения и принципы сборки судна, а также внешний облик, защищены патентами РФ. **КМ**

ЦЕНА ОДНОГО ПАССАЖИРО-МЕСТА НА СУДАХ ПОСТРОЙКИ РФ



ГК «Уралхимпарат» расширяет производство углепластиковых изделий

Группа компаний «УРАЛХИМАППАРАТ» совершает стратегический рывок в области новых материалов, наращивая объемы выпуска тканей и запуская полноцикловое высокотехнологичное производство по серийному и массовому выпуску технических изделий из углепластиков. Мощности позволяют производить до 30 000 пластин в месяц, а также широкую номенклатуру профилей и готовых конструкций для авиационной промышленности и производителей беспилотных авиационных систем (БАС).

Технологическое превосходство путем создания производственного кластера полного цикла

Для обеспечения высочайшего качества и конкурентоспособности продукции «УРАЛХИМАППАРАТ» запустил комплекс современных производственных линий:

1. Производство углеродной ткани: Предприятие наращивает ключевые компетенции, масштабируя собственное производство углеродных тканей марки UCTEX, входящей в состав ГК «УРАЛХИМАППАРАТ» — основного сырья для композитов. В настоящее время UCTEX стабильно выпускает ткани плотностью 200 и 240 г/м² общим объемом более 10 000 метров в месяц. Расширение номенклатуры выпускаемых тканей позволяет гибко удовлетворять потребности различных проектов. Введены в производство новые, востребованные рынком номенклатуры: высокоплотная ткань 12K 600 г/м² для силовых конструкций, а также универсальные ткани 3K 160 г/м² и 3K 245 г/м² для широкого спектра применений, от авиационных панелей до элементов каркаса БПЛА.

2. Автоклавная установка: Ключевое приобретение предприятия — новая автоклавная установка с рабочими габаритами 3 на 1,5 метра. Это позволяет проводить высокотемпературную обработку и полимеризацию крупногабаритных и ответственных изделий, таких как силовые рамы и панели для БПЛА и авиационной отрасли, обеспечивая им максимальные прочностные характеристики и минимальный вес.
3. Линия производства трубок: Запущена специализированная линия для изготовления трубок и профилей различного диаметра и сечения из углеволокна. Данная продукция критически важна для создания легких и прочных конструкций летательных аппаратов.
4. Пропитывающая линия для препрегов: Введена в эксплуатацию собственная линия пропитки, которая производит препрег — углеродную ткань, предварительно пропитанную смолой. Использование собственного препрега позволяет жестко контролировать качество на входе и гибко управлять номенклатурой выпускаемых материалов.

Запуск производства был обеспечен не только закупкой современного оборудования, но и созданием собственного технологического задела. На предприятии внедрены:

- Автоматизированные высокосерийные линии термокомпрессионного формования и вводящаяся в эксплуатацию автоклавная установка, позволяющие обеспечивать стабильно высокое качество и точные физико-механические характеристики материала в каждой партии.
- Лаборатория входного и выходного контроля, оснащенная всем необходимым для испытаний на растяжение, сжатие, изгиб, а также для проведения исследований микроструктуры.
- Система неразрушающего контроля, гарантирующая отсутствие внутренних дефектов в готовых изделиях.

«Наличие автоклава и линий полного цикла дает нам беспрецедентную гибкость и контроль над всем процессом — от сырья до готовой детали. Для нас ключевым приоритетом является не просто выпуск «углепластика», а выпуск качественного и пред-



Производство углеродных тканей



Автоклавная установка

сказуемого материала и изделий, — подчеркивает Дегай Сергей Алексеевич: управляющий ГК «УРАЛХИМАППАРАТ»

От опытных образцов к промышленным объемам

Долгое время производство изделий из углепластика в России носило штучный или мелкосерийный характер. «УРАЛХИМАППАРАТ», обладая уникальным опытом работы с широким спектром материалов и современными методами производства (включая автоматизированную обработку, контрольно-измерительное оборудование и неразрушающий контроль), провел масштабную работу по адаптации своих мощностей. Расширение производственного портфеля стало логичным этапом развития компании, известной своей экспертизой в работе с высокотехнологичными материалами и сложными производственными процессами.

Мощности нового кластера позволяют выпускать

широкий спектр продукции для авиационной отрасли:

- Пластины из углепластика (до 30 000 единиц в месяц)
- Силовые рамы и каркасы для БПЛА
- Трубки и профили различного сечения для конструкций летательных аппаратов
- Крупногабаритные панели и обшивки

«Запуск массового производства изделий для авиационной отрасли и БАС — это не случайный шаг, а закономерный результат нашей деятельности. Мы создаем производственный кластер, который позволяет выпускать высокотехнологичную продукцию в промышленных объемах. Наша цель — предложить рынку не просто материал, а готовые решения, отвечающие строгим требованиям наших клиентов». — отмечает Дьяков Егор Михайлович: руководитель по спец. проектам ГК «УРАЛХИМАППАРАТ»

Перспективы развития

Запуск массового производства изделий из углепластика позиционирует «УРАЛХИМАППАРАТ» как поставщика критически важных материалов и технологий для модернизации отечественной промышленности. Это значительный вклад в технологический суверенитет страны и укрепление позиций компании в качестве многопрофильного промышленного холдинга полного цикла.

Создание массового и серийного производства композиционных материалов выводит предприятие в число ключевых поставщиков для отечественных производителей БПЛА.

Предприятие готово к масштабированию мощностей и разработке новых продуктов в соответствии с потребностями рынка. **КМ**



Пропитывающая линия для препрегов



Технология пултрузии: от исторических истоков до современных производственных вызовов

Гладунова Ольга Игоревна
кафедра НВКМ СПбГУПТД

Технология пултрузии представляет собой один из наиболее эффективных и экономически целесообразных методов производства композитных материалов с постоянным поперечным сечением. Этот непрерывный процесс, заключающийся в протягивании армирующих волокон, пропитанных полимерной смолой, через нагретую фильеру, позволяет создавать изделия с исключительными прочностными характеристиками, коррозионной стойкостью и долговечностью. В современном мире, где требования к материалам постоянно ужесточаются, пултрузия занимает особое место, позволяя производить продукцию, которая успешно конкурирует с традиционными металлическими и деревянными конструкциями в различных отраслях промышленности.

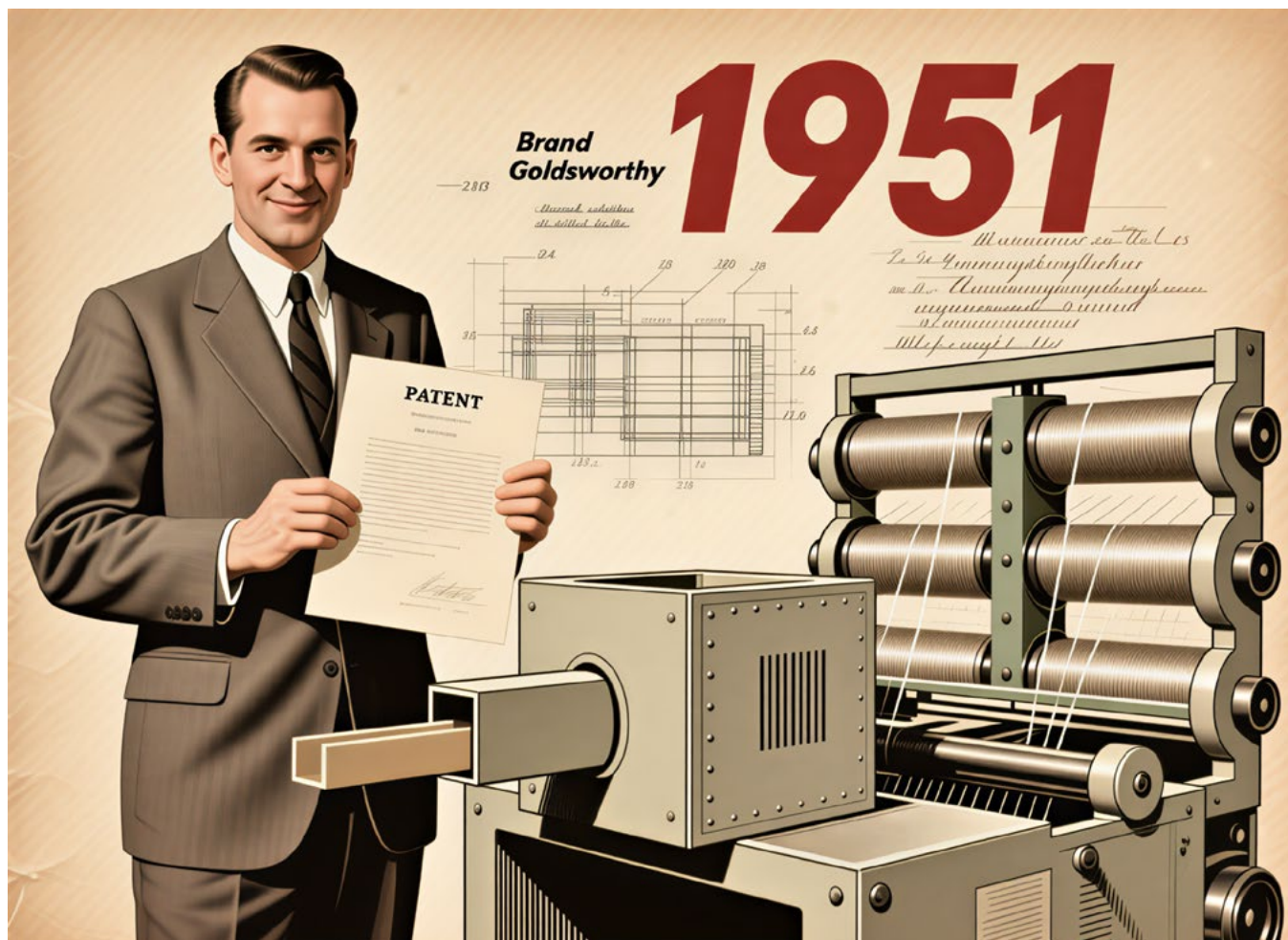
Актуальность технологии пултрузии обусловлена растущим спросом на легкие и прочные материалы в строительстве, транспортном машиностроении, энергетике и других секторах экономики. По сравнению с альтернативными методами производства композитов, пултрузия предлагает уникальное сочетание высокой производительности, минимальных отходов производства и возможности создания изделий практически неограниченной длины. Эти преимущества делают ее особенно привлекательной

для массового производства стандартизированных профилей и конструкционных элементов.

История развития технологии пултрузии

История технологии пултрузии тесно связана с потребностями военной промышленности середины XX века. Как и многие другие инновационные разработки, этот метод производства композитных материалов первоначально использовался в авиационной промышленности для нужд ВВС США. Технология возникла как ответ на необходимость создания легких и прочных конструкционных материалов для аэрокосмической и ракетной техники, где соотношение прочности и веса имеет критическое значение и использовалась для изготовления желобов для поддержки пулеметных патронов в самолетах.

Изобретателем современного процесса пултрузии считают калифорнийца У. Брандт Голдсуорси (1915–2003). У. Брандт Голдсуорси изучал машиностроение в Калифорнийском университете в Беркли в 1930-х годах. Его интерес к композитным материалам начался во время Второй мировой войны, когда он работал над проектом по объединению фенольной смолы с



стекловолокном для создания армированного композитного изделия.

Важнейшей вехой в истории пултрузии стал 1951 год, когда В. Брандт Голдсуорти получил первый в мире патент на эту технологию в Соединенных Штатах Америки. Этот патент ознаменовал официальное признание метода и заложил основы для его последующего коммерческого использования. Голдсуорти по праву считается изобретателем современного процесса пултрузии, хотя в его первоначальном варианте технология рассматривалась преимущественно как метод получения простых сплошных профилей, армированных однонаправленным волокном.

В 1954 году Голдсуорти опубликовал свою научно-исследовательскую работу под названием «Непрерывная экструзия материалов, армированных пластиком», где детально описал ключевые аспекты получения композиционных материалов на основе полиэфирных смол с использованием процесса протягивания. Эта публикация стала важным теоретическим основанием для дальнейшего развития технологии и привлекла к ней внимание промышленников и исследователей.

Следующим значимым этапом стало основание Голдсуорти совместно с Фрэдом Лэндграфом компании Glastrusions Inc., которая на долгие годы стала лидером и монополистом на рынке пултрузионного оборудования. Эта компания сыграла ключевую роль в коммерциализации технологии и внедрении ее в различные отрасли промышленности.

Важным технологическим прорывом стало появление в середине 1960-х годов возможности наделяния профилей поперечной прочностью за счет включения слоев стекломатов/стеклоткани в наружные и внутренние слои пултрузионных профилей. Это нововведение значительно расширило область применения пултрузионных изделий, позволив использовать их в конструкциях, где требуются многопараметрические механические свойства.

1969 год стал знаковым для развития метода пултрузии благодаря публикации фундаментального труда М. Голдсуорти «Теория и практика усиления пластмассы». В этой работе впервые был представлен наиболее полный для своего времени перечень полиэфиров и методов получения композиционных материалов способом пултрузии. Этот труд систематизировал накопленные знания и послужил основой для дальнейших исследований и усовершенствований технологии.

1970-й год принято считать временем, когда пултрузия выделилась в самостоятельный сегмент бизнеса и науки, образовав отдельную индустриальную отрасль. К этому моменту на мировом рынке уже сформировалось около десяти компаний, четко ориентированных на пултрузию как способ производства и сегмент потребления специализированных материалов. Это свидетельствовало о растущей коммерческой значимости технологии и ее промышленном потенциале.

До 1980-х годов развитие технологии носило пре-

Эволюция технологических возможностей пултрузии

Период	Технологические возможности	Области применения
1950-е годы	Простые сплошные профили с однонаправленным армированием	Авиационная промышленность, военные нужды
1960-е годы	Профили с поперечной прочностью за счет стекломатов	Строительство, транспорт
1970-е годы	Многонаправленное армирование, полые профили	Аэрокосмическая отрасль, строительство
1980-1990-е годы	Широкий ассортимент профилей, термопластичные матрицы	Автомобилестроение, инфраструктура
2000-е годы по н.в.	Высокоскоростное производство, гибридные материалы	Энергетика, строительство, экологичные решения

имущественно революционный характер. В результате многочисленных научно-исследовательских и практических изысканий пултрузия превратилась в метод производства практически неограниченного ассортимента сплошных и полых профильных изделий. Кроме того, появилась возможность получения изделий, свойства которых удовлетворяют широкому диапазону технологических и конструктивных требований.

В последние десятилетия широко проводятся исследования по использованию в качестве матрицы термопластичных полимеров вместо традиционных термореактивных смол. Первоначально ученые столкнулись с проблемами, связанными с высокой вязкостью расплавов большинства термопластичных полимеров, что затрудняло получение качественной пропитки армирующего слоя, но постепенно эти сложности удалось преодолеть. Использование термопластичных матриц открывает новые возможности для вторичной переработки изделий, что значительно улучшает экологические характеристики технологии.

Принципы процесса пултрузии и используемые материалы

Технологический процесс пултрузии представляет собой непрерывный метод производства композитных материалов с постоянным поперечным сечением. Основная суть процесса заключается в протягивании армирующих волокон через ванну со смолой для пропитки, а затем через нагретую фильеру, где происходит формование и отверждение материала с образованием готового профиля. В отличие от экструзии, где основным рабочим воздействием служит давление, при пултрузии таковым является тянущее усилие.

Классический процесс пултрузии включает несколько ключевых этапов, каждый из которых играет ключевую роль в обеспечении качества конечной продукции. Эти этапы тщательно контролируются и оптимизируются для достижения желаемых свойств изделий и максимальной эффективности производства.

Основные этапы процесса пултрузии

- 1. Подача армирующих волокон:** Непрерывные армирующие волокна (ровинг или стекломаты) подаются со шпулярников через направляющую систему, которая обеспечивает правильное выравнивание и формирование для подготовки к этапу пропитки. На этом этапе различные типы армирующих материалов могут комбинироваться в соответствии с требованиями к конечному продукту.
- 2. Пропитка смолой:** Волокна проходят через ванну со смолой, где они тщательно пропитываются связующим материалом. Существует несколько систем пропитки: открытая ванна, прямоточная ванна и система впрыска смолы. Каждая из этих систем имеет свои преимущества и недостатки, а выбор конкретного метода зависит от требований к качеству пропитки и типа используемых материалов.
- 3. Предварительное формование:** Пропитанные смолой волокна направляются через систему предварительного формования (преформер), которая уплотняет и консолидирует их, придавая форму, близкую к конечному профилю. Преформеры имеют важное значение для обеспечения равномерного



Подача армирующих волокон.
Фото: пресс-служба композитного дивизиона ГК «Росатом»



Шумоизоляционные панели для дорог и ангаров.
Фото: пресс-служба композитного дивизиона ГК «Росатом»

распределения волокон и предотвращения их смещения на последующих этапах процесса.

4. **Нагрев и отверждение:** Предварительно сформированные, пропитанные смолой волокна поступают в нагретую фильеру, где начинается процесс отверждения. Температурный профиль внутри фильеры тщательно контролируется для обеспечения полного и равномерного отверждения материала без образования внутренних напряжений или дефектов.
5. **Протягивание:** Система тянущих устройств (пулл-эров) протягивает отвержденный профиль через фильеру. Существуют различные типы тянущих систем, включая гидравлические возвратно-поступательные механизмы и непрерывные системы гусеничного типа. Выбор системы зависит от требований к производительности и характеристик производимых профилей.
6. **Резка:** Полностью отвержденный пултрузионный профиль разрезается на отрезки нужной длины с помощью отрезной пилы. Современные системы резки используют автоматизированные управления, которые оптимизируют процесс резки для каждого типа профиля с учетом его толщины и материала.

Ключевые компоненты и материалы

Процесс пултрузии зависит от нескольких ключевых компонентов, каждый из которых играет важную роль в производстве высококачественных композитных профилей. К ним относятся система подачи армирующих материалов, система пропитки смолой, преформер, нагретая фильера, система тянущих устройств и отрезной механизм.

Армирующие материалы являются основным нагрузочным элементом композита. Наиболее распространенным армирующим материалом является стекловолокно (ровинг), благодаря его хорошим механическим свойствам и относительно низкой стоимости. Также используются углеродные волокна, которые обеспечивают более высокую удельную прочность и жесткость, но по более высокой цене. Реже применяются базальтовые и арамидные волокна.

Связующие (матричные) материалы служат для свя-

зывания армирующих волокон и передачи нагрузок между ними. Традиционно в пултрузии используются термореактивные смолы, такие как полиэфирные, винилэфирные, эпоксидные и фенольные смолы. Эти смолы обладают низкой вязкостью, что облегчает пропитку волокон, и после отверждения образуют жесткую трехмерную сшитую структуру.

В последние годы возрастает интерес к использованию термопластичных полимеров в качестве матрицы, что позволяет преодолеть основные недостатки термореактивных смол, такие как невозможность вторичной переработки и выделение вредных веществ в процессе отверждения. Однако высокая вязкость расплавов термопластов представляет значительную проблему для качественной пропитки волокон.

Наполнители и добавки используются для модификации свойств композита и снижения стоимости. К распространенным наполнителям относятся карбонат кальция и тригидрат алюминия, который также придает огнезащитные свойства. Также используются инициаторы для отверждения смолы, разделительные составы, пигменты и средства для выравнивания поверхности и подавления трещин.

Области применения пултрузионных изделий

Технология пултрузии нашла применение в самых различных отраслях промышленности благодаря возможности производить изделия с уникальным сочетанием свойств: высокой прочностью при малом весе, коррозионной стойкостью, диэлектрическими характеристиками и долговечностью. Широкий спектр применений делает эту технологию востребованной как в традиционных, так и в инновационных отраслях.

Строительство и инфраструктура

В строительной промышленности пултрузионные изделия используются для производства оконных и дверных профилей, несущих конструкций, элементов карнизов и подвесных потолков, веранд, балконов и теплиц. Эти изделия дают преимущества по сравнению с традиционными материалами в виде повышенной долговечности, стойкости к воздействию окружающей среды и сниженных затрат обслуживания.



Мост в Свердловской области. Фото: e-mordovia.ru

В дорожной и строительной отрасли пултрузионные изделия применяются для изготовления столбов для дорожных знаков, шлагбаумов, пешеходных мостиков, фонарных столбов. Следует отметить еще одну важную область применения — композитная арматура, которая не подвержена коррозии и обладает диэлектрическими свойствами, что особенно важно в условиях воздействия агрессивных сред и в электромагнитных полях.

Одним из перспективных направлений является использование пултрузионных изделий в гидротехническом строительстве. Как отмечается в источниках, еще в 1950-х годах американские ученые разработали первые образцы шпунтовых свай из композитных материалов. Первоначально высокая стоимость ограничивала их широкое применение, но в настоящее время эти изделия становятся все более конкурентоспособными. Композитные шпунтовые сваи обладают несущей способностью, превосходящей металлические аналоги, при этом их стоимость ниже, а гарантийный срок службы практически не ограничен.

Транспортная отрасль

В транспортной отрасли пултрузионные изделия применяются для производства вентиляционных каналов для автобусов, кондиционеров, напольных настилов для контейнеров. Благодаря малому весу и высокой прочности, композитные материалы способствуют снижению общего веса транспортных средств, что приводит к экономии топлива и снижению вредных выбросов.

В автомобильной промышленности пултрузия используется для создания конструктивных элементов, деталей интерьера и экстерьера, которые должны сочетать легкость и прочность. Композитные профили находят применение в качестве усилителей кузова, элементов рамы, опорных конструкций и декоративных элементов.



Углепластиковое шасси, изготовленное по технологии пултрузии, на 60% легче, чем аналогичные стальные конструкции. Фото: CarbonTT



Настилы для пешеходных переходов через железнодорожные пути. Фото: пресс-служба композитного дивизиона ГК «Росатом»

Энергетика и электротехника

В энергетическом секторе пултрузионные изделия используются для производства изоляционных стержней, кабельных лотков, антенн. Высокие диэлектрические свойства и стойкость к воздействию окружающей среды делают композитные материалы идеальным выбором для применений в электроэнергетике.

В электротехнической области пултрузия применяется для изготовления миниканалов, мачт электропередач, трубчатых конструкций для прокладки кабелей и электропроводки. Эти изделия обеспечивают надежную и долговечную работу электротехнического оборудования даже в суровых условиях эксплуатации.

Сельское хозяйство и другие области

В сельском хозяйстве пултрузионные изделия используются для производства деталей теплиц, поливальных и дождевальных установок, элементов сельскохозяйственной техники. Стойкость к влаге, химикатам и другим агрессивным воздействиям делает композитные материалы ценным решением для аграрного сектора.

В потребительских товарах пултрузионные продукты представлены в виде лестниц, опорных шестов для палаток, удочек, слесарных инструментов. Легкость и прочность этих изделий обеспечивают их популярность среди потребителей.

Инновационные применения пултрузии продолжают расширяться. Например, компания KaZaK Composites Inc. разработала быстро монтируемые жесткостенные здания (здания быстрого развертывания — HERS) для нужд военных в полевых условиях. Эти укрытия могут использоваться как полевые госпитали и временное жилье в случае стихийных бедствий. Используя пултрузионную технологию для изготовления широких панелей, компания смогла снизить стоимость традиционных панелей на 50% и на 50% улучшить термоизоляцию.

Основные области применения пултрузионных изделий

Отрасль	Примеры применений	Преимущества перед традиционными материалами
Строительство	Оконные и дверные профили, несущие конструкции, арматура	Коррозионная стойкость, долговечность, низкие затраты на обслуживание
Транспорт	Вентиляционные каналы, напольные настилы, элементы кузова	Малый вес, прочность, стойкость к вибрациям и усталости
Энергетика	Изоляционные стержни, кабельные лотки, мачты электропередач	Диэлектрические свойства, стойкость к УФ-излучению
Сельское хозяйство	Элементы теплиц, поливальные установки	Стойкость к влаге и химикатам, долговечность
Спорт и отдых	Удочки, шесты для палаток, лестницы	Малый вес, прочность, устойчивость к окружающей среде

Современное состояние технологии и мировые производители оборудования

Современный этап развития технологии пултрузии характеризуется интенсивной автоматизацией процесса, расширением номенклатуры производимых профилей и внедрением новых материалов. В настоящее время технология пултрузии освоена лишь в ограниченном числе технологически развитых стран, причем реальными значительными результатами в этой области обладают США, Германия и Великобритания. Определенными успехами также могут похвастаться Россия, Беларусь и Китай, который становится все более заметным игроком на мировом рынке пултрузионной продукции.

Глобальные рынки и производственные тенденции

Мировой рынок пултрузионной продукции претерпевает значительные изменения в последние годы. Как отмечается в исследованиях, все большее количество пултрузионных производств перемещается в страны с низким уровнем заработной платы — в Восточную Европу и Азию. Это связано не только с стремлением снизить производственные затраты, но и с возможностью освоения растущих местных рынков сбыта.

Китай играет важную роль в этом процессе. Китайский рынок пултрузии начал свое развитие еще в 1960-х годах, настоящий скачок произошел только в середине 1990-х, стимулируемый освоением производственного оборудования международных компаний и развитием собственных технологий и ноу-хау китайскими производителями. По данным Owens Corning, в стране насчитывается около 100 пултрузионных производств (70% из которых расположены в восточном Китае) и 400 пултрузионных установок, 360 из которых произведены в самом Китае.

Росту китайского пултрузионного рынка способствует экспортная ориентация производства, особенно потребительских товаров, а также активное развитие китайской строительной индустрии. Ежегодно китайская пултрузионная промышленность использует около 60 000 тонн стекловолокна. Одна

из крупнейших сфер применения пултрузии в Китае — производство решеток и настилов. Также Owens Corning полагает, что стеклопластик имеет огромный потенциал на рынке окон, имея лучшие перспективы роста, по сравнению с алюминием и ПВХ.

Прогнозируется незначительный рост производственных мощностей в Северной Америке и Западной Европе в течение нескольких последующих лет, поскольку мировые производители концентрируют свое внимание на растущих рынках и переносят свои производственные мощности в Центральную и Восточную Европу и в азиатские страны, такие как Китай и Индия. При этом, как отмечает Kees van Dorp из Европейской промышленной Группы Deloitte, основной причиной переноса производства не всегда является стоимость рабочей силы. Потенциал продаж и маркетинга становится основным движущим фактором в этих производственных перемещениях.

Ведущие производители оборудования

Производство оборудования для пултрузии представляет собой высокотехнологичную отрасль, требующую глубоких знаний в области механики, материаловедения и автоматизации. Среди мировых производителей оборудования для пултрузии можно выделить несколько ключевых игроков.

Pultrex — один из ведущих мировых производителей пултрузионного оборудования, предлагающий линии различной производительности и сложности. Оборудование этой компании характеризуется высокой надежностью и точностью контроля параметров процесса.

MPI — еще один известный производитель пултрузионного оборудования, которое отличается современными системами автоматизации и контроля. Оборудование MPI оснащается автоматическими интеллектуальными системами контроля тянущего усилия и температуры, что обеспечивает стабильное качество продукции.

Китайские производители оборудования, такие как Shanghai Maihong Trading Co., предлагают конкурентоспособные решения по более низким ценам. Эти компании часто предоставляют полный комплекс услуг — от подбора оборудования до его установки и запуска на предприятии заказчика. Как заявляют

представители Shanghai Maihong Trading, они работают напрямую с лучшими заводами-производителями, что позволяет им предлагать цены внутреннего рынка, которые всегда ниже, чем цены на экспорт.

Развитие пултрुзии в России

Развитие технологии пултрузии в России имеет свою специфику и особенности, связанные с историческими и экономическими особенностями страны. Технология известна в России уже несколько десятилетий, ее широкое внедрение сдерживалось различными факторами, включая высокую стоимость оборудования и материалов, а также консерватизм традиционных отраслей промышленности.

Исторический контекст и современное состояние

Первые разработки в области пултрузии в России начались еще в советский период, но серьезного промышленного применения эта технология в то время не получила. Как отмечается в источниках, долгие годы технология не приживалась в России ввиду ее высокой стоимости. Однако время не стоит на месте, и бурное развитие современной техники требует все новых материалов с заранее заданными свойствами: с высокой прочностью, твердостью, коррозионной стойкостью, экономичностью и другими характеристиками.

В современной России одним из пионеров в области пултрузии стеклокомпозитов является АО «Пултрusionные технологии». В арсенале компании — не имеющие аналогов технологии и собственный парк высокотехнологичного производственного

оборудования. Конструкторский отдел сформирован из ведущих специалистов отрасли. Объем производства до 1 600 тонн продукции в год. Резидент Инновационного центра Сколково». Компания обладает собственным Центром НИОКР.

ООО «Нанотехнологический центр композитов» (НЦК) в Москве работает на рынке композитов с 2011 года. В 2014 году НЦК запустил линию пултрузии. Сегодня производственные мощности компании включают новейшее оборудование ведущих мировых брендов Pultrex и MPI, позволяющее производить широкий ассортимент продукции, в том числе строительные, конструкционные и электроизоляционные профили.

В 2021 году в Рузаевке (Мордовия) была запущена первая очередь завода по производству конструкционных композитов ООО «Конструкционные композиты». А в конце августа 2025 года состоялось торжественное открытие второй очереди производственной площадки ООО «Центр Полимерных композитов». Данный проект реализован Композитным дивизионом Госкорпорации «Росатом» совместно с производственным кластером ООО «Центр Полимерных Композитов», который объединяет несколько технологических переделов для производства высокотехнологичных, легких и долговечных композитных конструкций. Объем производства вырос с 1 200 тонн до 3 900 тонн продукции в год. Это делает данную площадку крупнейшим производством пултрusionных композитов в России.

Еще один крупный игрок на рынке пултрusionных изделий — ООО «Русатом Пултрusionия» (Саров, Нижегородская область). Компания основана в 2021 году. На предприятии функционирует 3 пултрusionных линии, что позволяет производить до 3 000 тонн композитных изделий в год. Выпускаемая продукция



27 августа 2025 года торжественное открытие второй очереди производственной площадки ООО «Центр Полимерных композитов». Фото: пресс-служба композитного дивизиона ГК «Росатом»

соответствует ГОСТ Р 57942-2017 и имеет технические свидетельства Минстроя России.

Компания «Флотенк» специализируется на производстве пултрузионных профилей (уголков, двутавров, швеллеров, труб, поручней, настилов и др.) из стеклокомпазитов.

Холдинг «Композит-Юг» производит стеклопластиковые профили методом пултрузии (двутавры, швеллеры, трубы, уголки и др.).

ООО «ПГМ — Городское Пространство» специализируется на производстве изделий из стекловолоконного композита методом пултрузии и SMC-прессования.

Стоит упомянуть компанию PulTrust, которая оказывает инжиниринговые услуги и производит композитные изделия методом пултрузии, литья под давлением и др. Занимается проектированием, подбором материалов и сертификацией продукции.

А также производителя оборудования — IV-MashZavod). IV-MashZavod, предлагает пултрузионные линии для производства композитной арматуры, профилей и сетки. Они обеспечивают полный цикл — от поставки оборудования до обучения и сертификации.

Научные исследования и разработки

Российские ученые активно участвуют в исследованиях и разработках в области совершенствования технологии пултрузии. Ярким примером является

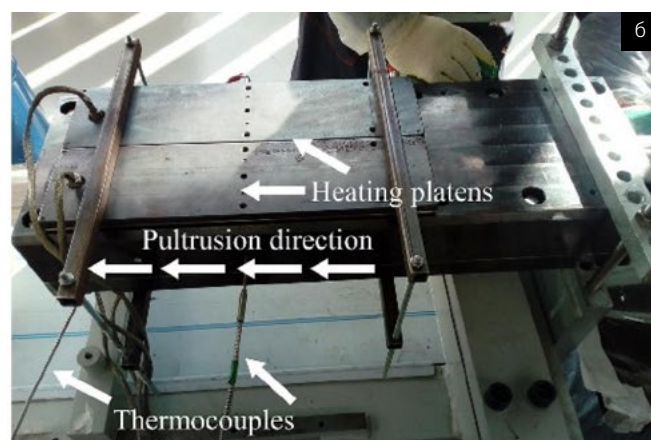
работа исследователей из Сколковского института науки и технологий (Сколтех), которые совместно с коллегами из Университета Салерно (Италия) успешно решили задачу повышения эффективности процесса пултрузии и улучшения структурных свойств профилей за счет оптимизации скорости вытягивания волокна.

Ученые установили и проанализировали влияние скорости вытягивания на интенсивность искажений формы профиля, изменения его механических свойств и образования трещин, а также отслаиваний матрицы в процессе пултрузии. Результаты этого исследования имеют важное значение, поскольку в предыдущих работах структурные свойства профилей рассматривались по отдельности, без учета взаимосвязей между ними.

Результаты исследований открывают новые возможности не только для совершенствования производственного процесса, но и для разработки математической модели, которая позволит предсказать линейное упругое и вязкоупругое поведение профилей как в процессе изготовления, так и при их дальнейшем хранении.

Перспективы и вызовы

Перспективы российского рынка пултрузионных изделий выглядят весьма оптимистично и связаны с активным развитием отечественного производства,



а) Размещение ткани и UD-армирования перед вводом в фильеру; б) Фильеры во время пултрузии; в) Отвержденный композит, выходящий из фильеры; г) Профили, изготовленные при исследованных скоростях вытягивания 200, 400 и 600 мм/мин.

Фото: www.sciencedirect.com



поддержкой со стороны государства и растущим спросом со стороны различных отраслей промышленности.

Ключевые драйверы роста рынка:

1. Динамичный рост рынка композитов: Объем рынка полимерных композитов в России в 2023 году оценивался в 110 млрд рублей, что вдвое больше, чем в 2017 году. В ближайшей перспективе ежегодный прирост прогнозируется на уровне 10–15%.
2. Масштабирование производственных мощностей: Ярким примером является запуск второй очереди «Центра полимерных композитов» (входит в композитный дивизион «Росатома») в Мордовии в августе 2025 года. Это позволило более чем втрое увеличить мощности предприятия — с 1,2 до 3,9 тыс. тонн продукции в год, создав крупнейшее в стране пултрузионное производство. Инвестиции в этот проект превысили 1 млрд рублей.
3. Государственная поддержка и импортозамещение: Развитие производства композитов ведется в рамках поручения руководства страны и рассматривается как важный шаг к обеспечению технологического суверенитета. Проекты получают поддержку регионов, например, в виде налоговых льгот и предоставления земельных участков.
4. Расширяющаяся область применения: Продукция пользуется спросом в строительстве, сельском хозяйстве, энергетике, при создании железнодорожной и транспортной инфраструктуры. Ключевыми заказчиками выступают предприятия «Росатома», «Русгидро», РЖД и Росавтодор. Преимущества материалов, такие как легкость, долговечность (срок службы 40–60 лет) и устойчивость к коррозии, делают их выгодной заменой традиционным материалам.
5. Развитие нормативной базы и научного сопровождения: Активно ведутся работы по развитию нормативной базы для применения композитных материалов в строительстве. «Центр полимерных композитов» сотрудничает с ведущими вузами страны (МГСУ, Мордовским государственным университетом), что обеспечивает научное сопровождение и подготовку кадров для отрасли.

Однако развитие пултрузии в России сталкивается и с определенными вызовами. К ним относятся зависимость от импортного оборудования и материалов, недостаток квалифицированных кадров, а также конкуренция со стороны иностранных производи-

телей. Для преодоления этих вызовов необходимы совместные усилия со стороны государства, научных учреждений и промышленных предприятий.

Будущее технологии пултрузии

Будущее технологии пултрузии выглядит очень перспективно и обещает инновации в материалах и процессах, что позволит расширить области использования и улучшить экологичность. Развитие технологии идет по нескольким направлениям, каждое из которых вносит вклад в совершенствование процесса и расширение возможностей его применения.

Новые материалы и процессы

Одной из наиболее перспективных тенденций является все большее развитие инъекционной пултрузии, которая включает введение смолы под давлением непосредственно в форму. Этот метод улучшает качество продукции и сокращает время производства, а также позволяет лучше контролировать процесс пропитки волокон.

Другой важной тенденцией является использование термопластичных матриц вместо традиционных термореактивных смол. Это направление преследует цель преодолеть основные недостатки термореактивных смол: вредность в использовании, невозможность вторичной переработки и высокую стоимость. На начальных стадиях ученые и технологи столкнулись с проблемами, связанными с высокой вязкостью расплавов большинства термопластичных полимеров, что затрудняло получение качественной пропитки армирующего слоя, но постепенно эти проблемы решаются.

Бесспорно, достигнут некоторый успех в получении качественных изделий на основе термопластичных полимеров, но только лишь при использовании первичных, а не вторичных, низковязких расплавов. Это привело к тому, что изделия на основе термопластичных полимеров имеют высокую стоимость, что пока ограничивает их широкое применение.

Повышение эффективности и автоматизации

Современные линии пултрузии достигают скорости в 4–6 погонных метров изделия в минуту, тогда как изначально этот показатель едва превышал отметку в 1 метр за минуту. Это стало возможным благодаря разработке специальных марок смол, предназначенных специально для производства продукции методом пултрузии, а также совершенствованию оборудования и систем контроля.

Автоматизация процесса продолжает оставаться ключевым направлением развития. Современное пултрузионное оборудование оснащается автоматическими интеллектуальными системами контроля тянущего усилия и температуры, что обеспечивает стабильное качество продукции на протяжении всего процесса производства. **КМ**



ТЕХНОЛОГИЯ
ДЕЙСТВИЯ

СОБСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

ПОЛИЭФИРНЫЕ СМОЛЫ

ГЕЛЬКОУТЫ

ПОЛУПОСТОЯННЫЕ
РАЗДЕЛИТЕЛИ

ОБОРУДОВАНИЕ МВП



Полимер



Полимергель



Поливоск



Полипигмент



Полиактив



Полиадгезив



ГЕЛЬКОУТЕРЫ
ЧОППЕРЫ
ИНЖЕКЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ
ЗАПАСНЫЕ ЧАСТИ

г. Нижний Новгород,
ул. Нефтегазовская, 1А
тел.: +7 (831) 243-10-00
факс: +7 (831) 243-23-03

polymerprom-nn.ru
polymerprom@polymerprom-nn.ru

Ближайшие отраслевые мероприятия

16 октября 2025

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

22–23 октября 2025

**Практический семинар по ускоренному изготовлению оснастки
и подготовке поверхности матрицы,** Нижний Новгород | www.polymerprom-nn.ru

29–31 октября 2025

«Российский промышленник» — международный форум-выставка,
Санкт-Петербург | promexpo.expoforum.ru

30 октября 2025

Конференция «Композитные и новые материалы», Санкт-Петербург | www.mirexpo.ru

12 ноября 2025

**Практический семинар по подготовке поверхности матрицы
с использованием полупостоянных разделителей,** Санкт-Петербург | www.polymerprom-nn.ru

24–25 ноября 2025

Конференция «Цифровое материаловедение – 2025»,
Москва | conf.nti.bmstu.ru

5 декабря 2025

Форум «Полимеры России 2025»,
Москва | www.creon-conferences.com

27–28 января 2026

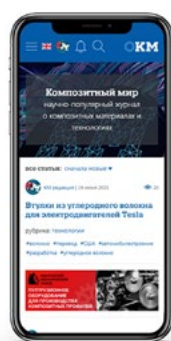
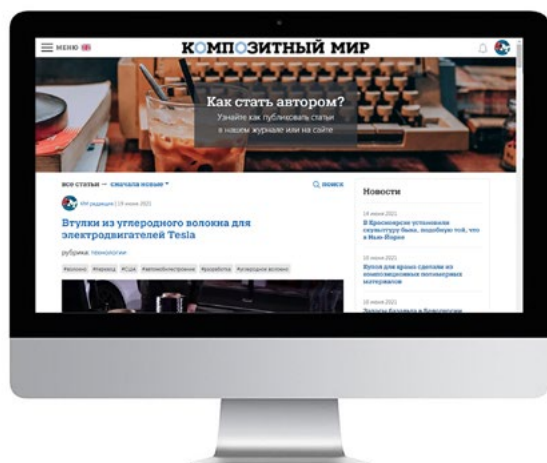
АМТ ЕХРО – III Международный форум новых материалов, химии и технологий,
Москва | www.amtexpo.ru

22–24 апреля 2026

«Композит-Экспо» – 18-я международная выставка, Москва | www.composite-expo.ru

22–24 апреля 2026

«Полиуретанэкс» – 17-я международная выставка, Москва | www.polyurethanex.ru



Не забудьте
посетить наш сайт
compositeworld.ru





КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Восемнадцатая международная специализированная выставка

22 - 24 апреля 2026



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

Основные разделы выставки:

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

Специальный
раздел:
**КЛЕИ И
ГЕРМЕТИКИ**



выставка
участник
системы



независимый
выставочный
аудит

Параллельно проводится выставка:



ПОЛИУРЕТАНЭКС

Семнадцатая международная специализированная выставка
www.polyurethanex.ru



Информационная поддержка:



Дирекция:

Выставочная Компания «Мир-Экспо»

Россия, Москва, Варшавское шоссе, дом 118, корпус 1, помещение 1/5

Телефоны: 8 800 333-78-25, 8 (495) 137-78-25

E-mail: info@composite-expo.ru | Сайт: www.composite-expo.ru

You Tube youtube.com/user/compoexporussia

X [@compoexporus](https://twitter.com/compoexporus)

Telegram-канал
«Композиты»

@ocompo



Организатор:



UCTEX.RU

КАЧЕСТВЕННАЯ
УГЛЕТКАНЬ
ДЛЯ ИНФУЗИИ
И ЛАМИНАЦИИ

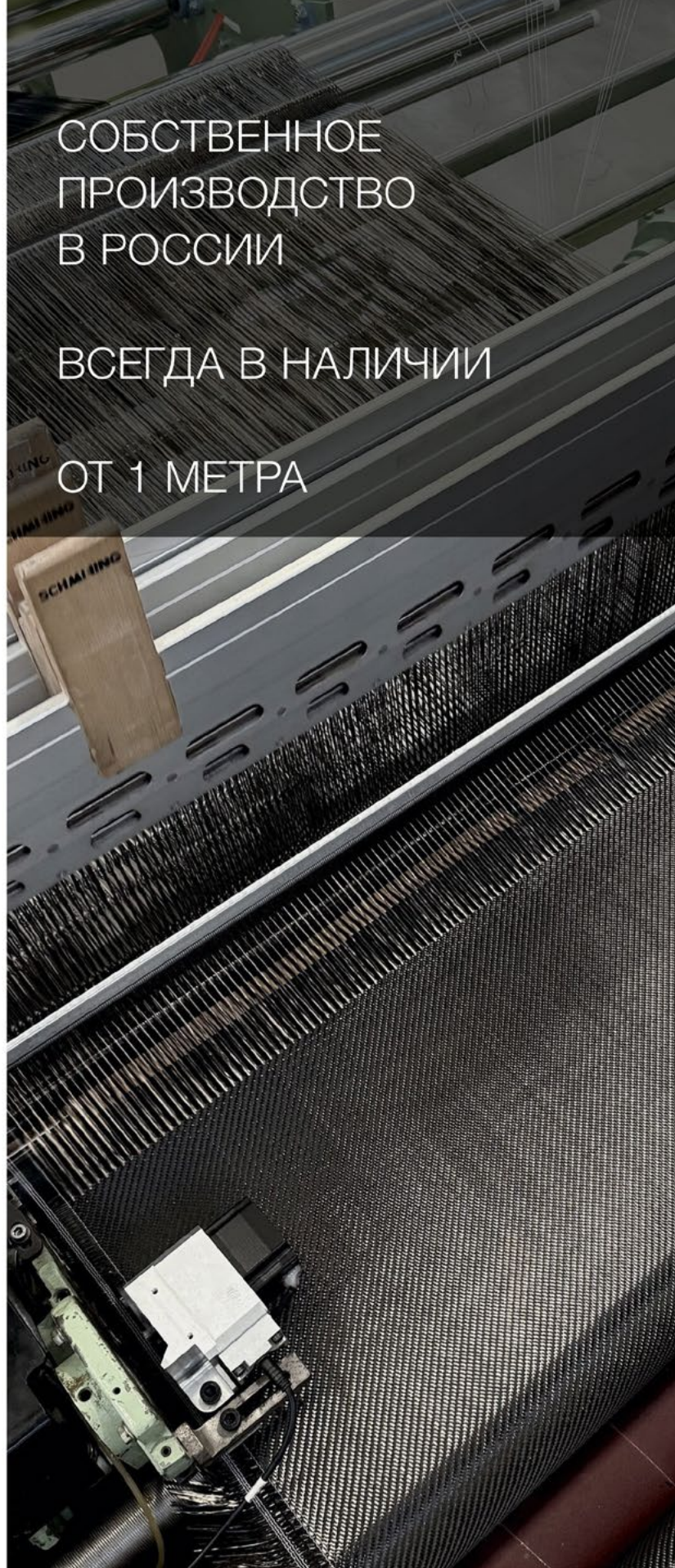
Преимущества тканей бренда UCTEX:

- высокая визуальная плотность плетения (6,68 нитей на см)
- сохранение качественного и равномерного рисунка карбона при выкладке декоративных слоёв
- хорошая драпируемость, удобство работы в трудных зонах матриц
- отличная пропитка различными смолами



СОБСТВЕННОЕ
ПРОИЗВОДСТВО
В РОССИИ

ВСЕГДА В НАЛИЧИИ
ОТ 1 МЕТРА



+7 (904) 548-64-92
mail@uctex.ru

