

КОМПОЗИТНЫЙ МИР

#3 (96)
2021



ISSN 2222-5439





СОБСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ПОЛИЭФИРНЫХ СМОЛ

для
НАМОТКИ

для ИНЖЕКЦИИ:
ИНФУЗИЯ, RTM,
LRTM,
FLEX MOLDING



для РУЧНОГО
ФОРМОВАНИЯ
И НАПЫЛЕНИЯ

для ЛИТЬЯ:
ИСКУССТВЕННЫЙ
КАМЕНЬ

ТРУДНОГОРЮЧИЕ

- Ортофталевые
- Изофталевые
- Полиэфиракрилатные
- Эпоксивинилэфирные



Полимер

Серия Полиэфирных Смол



Полимергель

Серия Гелькоутов



Поливоск

Серия
Разделительных Восков



Полипигмент

Серия Пигментных Паст



Полиактив

Серия Ускорителей



Полиадгезив

Серия Склеивающих
Составов



Полигранул

Серия Гранул
для Искусственного Камня

ДИСТРИБЬЮЦИЯ

- Magnum Venus Products (MVP)
- Chomarat
- Lantor BV
- Jiangsu Changhai Composite Materials Holding Co.
- Chem-Trend
- Mirka Ltd
- ES Manufacturing

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ

И ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА / ОБУЧЕНИЕ

Изготовление полимерной оснастки и организация производств изделий из стеклопластика "под ключ".
Обучение техпроцессам изготовления изделий из стеклопластика и искусственного камня.

603074. г. Н.Новгород, ул. Нефтегазовая 1А
тел. 8 (831) 243-10-00
E-mail: polymerprom@polymerprom-nn.ru

 [instagram.com/polymerprom](https://www.instagram.com/polymerprom)
 vk.com/polymerpromnn



Дорогие друзья!

Что делать с отходами композитного производства и композитными изделиями с истёкшим сроком службы? Этот вопрос, являющийся одним из ключевых, стоящих перед композитной отраслью, на наш взгляд, не обсуждается в должной мере.

Начиная с этого номера, мы даем «зеленый свет» статьям, посвященным такой важной теме как рециклинг и переработка композитных материалов.

Если у вас есть наработки в этой области, подходящее оборудование, технологии или идеи вторичного использования композитных материалов — присылайте материалы в редакцию, и они появятся на страницах Композитного мира.

Кстати, более 15 статей на эту тему размещены на нашем сайте www.compositeworld.ru. Используя ключевое слово «утилизация», вы без труда их найдете.

Читайте с пользой!

С уважением, Ольга Gladunova

Идеи для города:
Детская площадка из крыльев
ветряной мельницы в Роттердаме

Технологии утилизации
композиционных материалов

compositeworld.ru



[#утилизация](https://twitter.com/utimizatsiya)

Европейские инженеры сделали
производство возобновляемой
энергии еще более экологичным

Экологичные
бочки
для Арктики

Разработана технология по вторичной
переработке эпоксидных смол

Переработка композитов:
тенденции и опыт

Опилки превратили
в водостойкий
биоразлагаемый материал



Научно-популярный журнал
Композитный мир
#3 (96) 2021

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, 8 (911) 758-73-98
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 подписки:
podpiska@kompomir.ru

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

Advertising:
Maria Melanich
maria.melanich@kompomir.ru
marketing@kompomir.ru
en.compositeworld.ru

Номер подписан в печать 24.09.2021

Фото на обложке: компания «Интрей»

Отпечатано в типографии «Премиум Пресс»
Тираж 7500 экз. (печатная + электронная версия)
Цена свободная

Адрес редакции:
190000, Санкт-Петербург
ул. Большая Морская, дом 49, литер А
помещение 2Н, офис 2

Научные консультанты:
Александр Александрович Лысенко — д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А. И. Меоса Санкт-Петербургского Государственного Университета Промышленных технологий и дизайна;
Валерий Анатольевич Жуковский — д.т.н., профессор кафедры Наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А. И. Меоса Санкт-Петербургского Государственного Университета Промышленных технологий и дизайна;
Ольга Владимировна Асташкина — к.т.н., доцент кафедры Наноструктурных, волокнистых 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 мнением автора

www.instagram.com/kompomir

www.vk.com/club10345019

www.facebook.com/groups/1707063799531253



Новости

Российские новости	6
Мировые новости	17

Отрасль

Цифровое материаловедение в интересах авиаиндустрии	22
Технологи компании «ИНТРЕЙ Полимерные Системы» провели обучающий семинар для студентов кафедры НВКМ СПбГУПТД	24
Мировой и российский рынок полимерных композиционных материалов. Тенденции и перспективы	28
Утилизация лопастей турбин: ахиллесова пята ветроэнергетики	34

Материалы

Краевой дренажный стекломатериал для автоклавного формования при повышенных температурах	40
--	----





Технологии

Разработка ученых Пермского Политеха
улучшит 3D-ткани для армирования
композитов авиационного назначения..... 42

Технология: Новые
композитные материалы..... 44

Применение

Применение смол Crestapol
и структурных адгезивов Crestabond
при производстве морских
беспилотных аппаратов..... 46

Киоски на территории Африки,
изготовленные с использованием
смол Crystic и матричной системы Crestamould..... 47

Использование перспективных ПКМ
для создания авиационных конструкций..... 48

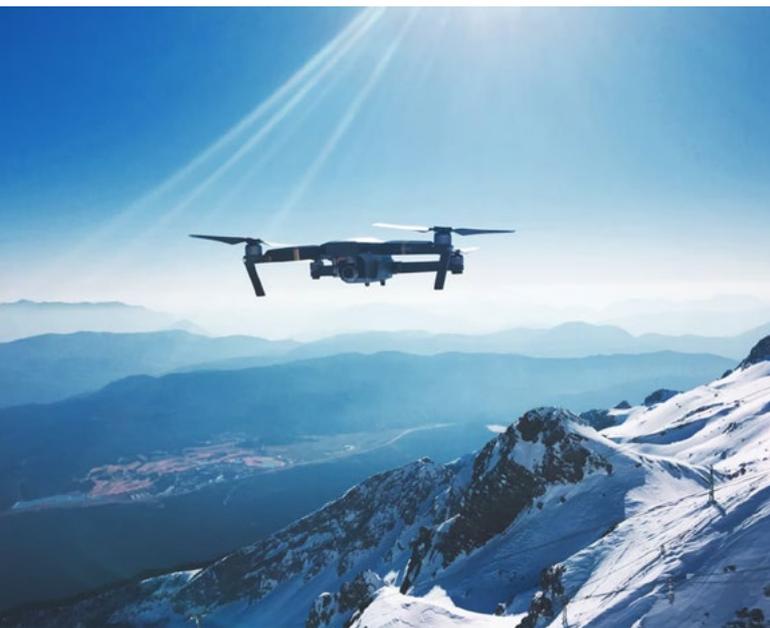
Наука

Трехслойные фторопласт-
стекловолоконные композиты..... 54

Анонс «композитных» мероприятий
октябрь — декабрь 2021..... 58



УЗГА и UMATEX Росатом будут создавать беспилотные авиационные системы с применением технологий искусственного интеллекта



АО «Уральский завод гражданской авиации» (УЗГА) и UMATEX Росатом создают совместное предприятие по разработке и производству конструкций из полимерных композиционных материалов (ПКМ) для авиации и нужд Госкорпорации «Росатом», а также по развитию бизнеса в сфере гражданских

беспилотных авиационных систем с применением технологий искусственного интеллекта.

Подписание документа состоялось 22 июля 2021 года на Авиасалоне МАКС-2021 на стенде Росатома. Подписи под соглашением поставили заместитель генерального директора UMATEX Дмитрий Коган и заместитель генерального директора по инновационному развитию и технологиям АО «УЗГА» Дмитрий Подорящий. Документ предполагает создание совместного производства композитных конструкций для учебно-тренировочной, региональной авиации и гражданских беспилотных летательных аппаратов.

Предприятие будет базироваться в ПОЭЗ «Ульяновск» в Ульяновской области. В настоящий момент ведутся работы по сооружению производственных корпусов. Ввод в эксплуатацию первой очереди завода запланирован на первый квартал 2022 года. Предприятие будет оснащено специальным производственно-технологическим оборудованием и оснасткой для изготовления изделий из ПКМ.

В рамках совместной деятельности также будет создан центр компетенций по композитным материалам для проведения научно-исследовательских разработок, подготовки кадров и применению технологий искусственного интеллекта.

umatex.com



Сертифицированные препреги класса А+ для различного назначения от немецкой компании C-M-P GmbH EN 9100:2018

- ✓ Применения: от авиастроения до декоративного назначения, включая производство оснасток
- ✓ Технологии: автоклав, пресс и вакуумное формование
- ✓ Получение идеальной видовой поверхности вакуумным формованием в термошкафу
- ✓ Широкий выбор армирующих наполнителей (равнопрочные, однонаправленные, мультиаксиальные и нетканые) на любом типе волокна и любой плотности
- ✓ Поставка эпоксидных пленочных связующих в рулонах различной ширины
- ✓ Предоставление данных по физико-механическим характеристикам для расчетов
- ✓ Проведение ежеквартальных встреч с представителями C-M-P для консультации и решения сложных технических задач
- ✓ Техподдержка по подбору препрегов и других расходных материалов
- ✓ Проведение обучения по работе с препрегами
- ✓ Наличие склада в Москве - постоянный запас основных видов препрегов, а также возможность заказа нестандартных препрегов в малых количествах
- ✓ Минимальный срок поставки
- ✓ Индивидуальный подход к каждому клиенту

Подробнее на сайте
www.prepreg.ru

В Новосибирске хотят открыть завод по переработке мискантуса

Ученые из новосибирского Института цитологии и генетики СО РАН обсудили возможности создания предприятия по переработке мискантуса с московскими инвесторами — Акционерным обществом «Научно-производственное объединение «Биотехкомпозит». Из переработанного сырья можно изготавливать целлофан, углеродное волокно.

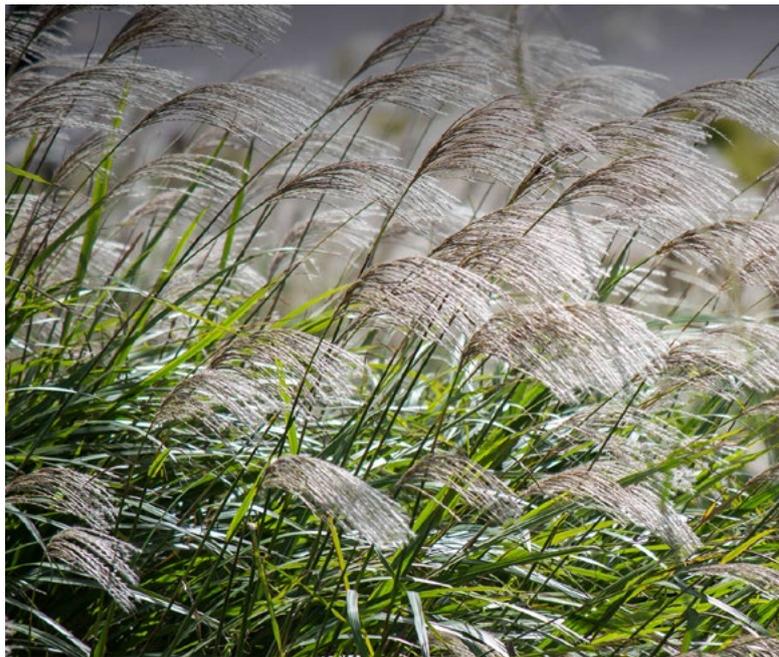
Мискантус — травянистое растение из рода злаковых, богатое целлюлозой. Как говорит заместитель директора новосибирского института цитологии СО РАН Пётр Куценогий, целлюлоза из мискантуса выгоднее, чем из древесины, так как растения более мобильны, их можно быстро вырастить около завода, они быстрее воспроизводятся. Сейчас в Россию вся целлюлоза завозится из-за рубежа, но переработка растения может заместить часть продукции.

Ученые института уже несколько лет работают над выведением собственного сорта, а посадками злака заняты 40 гектаров полей.

«В России зарегистрировано два сорта мискантуса. Только «сорановский» (от аббревиатуры СО РАН) показывает стабильные результаты роста в различных регионах и пригоден к использованию для промышленной переработки», — говорит генеральный конструктор АО НПО «Биотехкомпозит» Михаил Азанов.

Мискантус в промышленности можно использовать как биотопливо, также сырье подходит для производства разных изделий, в том числе и в качестве прекурсора для производства углеродных волокон.

В России завод по переработке мискантуса есть пока лишь в Московской области, он производит небольшие объемы. Оборудование, которое планируют закупить для предприятия в Новосибирске, сможет



выпускать продукцию большими партиями.

Ученые считают, что кроме экономической выгоды, выращивание и производство из мискантуса благоприятно сказывается на экологии — завод по переработке может создать так называемую карбоновую ферму. Это густо засаженная территория, где в больших объемах поглощается углекислый газ. Также изделия из целлюлозы мискантуса в перспективе могут заменить некоторые продукты тяжелой промышленности.

www.sbras.info

Крыло из российских композиционных материалов установлено на самолет МС-21-300

14 июля 2021 г. на заводе ПАО «Корпорация «Иркут» (входит в ПАО «ОАК» Госкорпорации Ростех) завершена стыковка левой консоли крыла к фюзеляжу самолета МС-21-300. Ранее на него установлены центроплан и правая консоль крыла. Самолет предназначен для поставки первому заказчику. Консоли крыла и центроплан изготовлены из российских полимерных композиционных материалов на предприятии «АэроКомпозит-Ульяновск».

В ближайшее время специалисты Иркутского авиационного завода приступят к монтажу систем самолета. Отечественные материалы для производства композитных конструкций разработаны при участии МГУ и предприятий Росатома.

При изготовлении крыла применяется технология вакуумной инфузии. Применение жестких и легких композиционных материалов позволило разработать крыло большого удлинения и улучшить аэродинамику самолета МС-21, что, в свою очередь, дало возмож-



ность увеличить диаметр фюзеляжа для повышения комфорта пассажиров.

aerocomposit.ru

На ОНПП «Технология» обсудили план серийного производства элементов хвостового оперения МС-21



Первый заместитель председателя коллегии Военно-промышленной комиссии Российской Федерации Андрей Ельчанинов посетил ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина. В конце августа, в ходе рабочего визита, участниками которого стали заместитель министра промышленности и торговли РФ Олег Бочаров, генеральный директор Корпорации «Иркут» Равиль Хахимов и представители других предприятий-участников кооперации, были рассмотрены вопросы организации серийного производства комплектующих для знакового проекта российского авиапрома — пассажирского среднемагистрального самолёта МС-21.

Андрей Ельчанинов ознакомился с производством

изделий из полимерных композиционных материалов, выпускаемых ОНПП «Технология» для самолёта МС-21. Наряду с современным оборудованием ему были представлены новые производственные площадки, организованные для серийного производства хвостового оперения МС-21, а также участок, на котором выпускаются звукопоглощающие конструкции резонансного типа для отечественного двигателя ПД-14.

«Обеспечение запланированного выпуска до 72 машин в год потребует значительного роста объёмов продукции, выпускаемой участниками кооперации, и повышения уровня взаимодействия между всеми организациями, задействованными в реализации проекта, — отметил Андрей Ельчанинов. — В целом программа МС-21 позволила российским участникам проекта выйти на новый технологический уровень. Сегодня основная задача, стоящая перед предприятиями, — организация серийного выпуска авиалайнера».

На совещании были рассмотрены организационные мероприятия, необходимые для реализации серийного выпуска изделий для магистрального самолёта. На первый серийный самолёт МС-21-300 установлено крыло из отечественных композитов. Ведутся испытания самолёта МС-21-310, оснащённого российскими двигателями ПД-14.

technologya.ru

«Средне-Невский судостроительный завод» передал ВМФ корабль противоминной обороны «Георгий Курбатов»



Средне-Невский судостроительный завод (входит в Объединённую судостроительную корпорацию) передал ВМФ РФ новейший корабль противоминной обороны проекта 12700 «Георгий Курбатов». Церемония подъёма Военно-морского флага состоялась 20 августа в Балтийске.

Согласно плану командования ВМФ, новейший морской тральщик в ближайшее время приступит к выполнению задач в составе бригады надводных кораблей охраны водного района Черноморского флота.

«Георгий Курбатов» — корабль проекта 12700, разработанный Центральным морским конструкторским бюро «Алмаз» (входит в Объединённую судостроительную корпорацию) для ВМФ РФ. Эти корабли относятся к новому поколению минно-тральных сил и предназначены для борьбы с морскими минами, которые новые корабли ПМО могут обнаруживать как в воде морских акваторий, так и в морском грунте, не входя в опасную зону. Для борьбы с минами корабли могут применять различные виды тралов, а также телеуправляемые и автономные необитаемые подводные аппараты.

При строительстве таких кораблей на Средне-Невском судостроительном заводе применяются новейшие российские технологии, не имеющие аналогов в мировом судостроении. Корабли этого проекта имеют уникальный, самый большой в мире корпус из монолитного стеклопластика, сформованного методом вакуумной инфузии. Масса такого корпуса значительно ниже по сравнению с металлическим. При этом существенно увеличивается его прочность. Такому корпусу не страшна коррозия, а срок службы, при соблюдении норм эксплуатации, неограничен.

snsz.ru

«Биопласт Инжиниринг» запустил производство корпусов для систем водоочистки

В конце 2019 года для создания нового производства «Биопласт Инжиниринг» получил федерально-региональный заем по программе «Проекты развития» общей суммой 23 млн руб., из которых 16,1 млн руб. предоставил федеральный Фонд развития промышленности (Группа ВЭБ.РФ), и 6,9 млн руб. выдал региональный Фонд развития промышленности Тверской области. Совокупный бюджет проекта превысил 45 млн руб.

«Заем фонда поможет нам расширить производственную линейку и запустить выпуск серийного производства напорных и мембранных корпусов для фильтрации воды», — отметил генеральный директор «Биопласт Инжиниринга» Сергей Абраменко.

В настоящее время, по данным «Биопласт Инжиниринга», подобные корпуса для фильтрации и умягчения воды в России не производятся и закупаются преимущественно в Европе и Китае, поэтому компания намерена к 2024 году занять 35–40% российского рынка подобных изделий.

Основными потребителями продукции предприятия являются крупнейшие российские поставщики водоподготовительного оборудования. Компания планирует поставлять готовые изделия таким компаниям, как «Гейзер», «Аквафор», «Водная техника», «Медиана» и др.

Развитие производства систем фильтрации воды и



Напорные и мембранные корпуса из композитных материалов для систем водоочистки производства компании «Биопласт Инжиниринг».

Фото: Фонд развития промышленности

комплектующих для них отвечает задачам федерального проекта «Чистая вода», реализуемого в рамках нацпроекта «Жилье и городская среда». Ожидается, что доля граждан с доступом к качественной питьевой воде к 2024 году вырастет до 90,8%.

plastinfo.ru



CARBO CARBO
КОМПОЗИТНЫЙ СУПЕРМАРКЕТ

**В наличии
по суперцене**

Эпоксидные препреги класса А+

Эпоксидная смола L 

Углеродные ткани
различной плотности



**При заказе
онлайн**

скидка 5%



carbocarbo.ru
info@carbocarbo.ru
+7(499)281-66-33

Реклама. Не является публичной офертой. Срок проведения акции может быть изменен. С действующими скидками и товарами не суммируется. Более подробно на нашем сайте carbocarbo.ru или по телефону +7(499) 281-66-33 Скидка высчитывается в корзине.

«ГРУППА ГАЗ» представила на выставке Comtrans автобусы нового поколения



чать линейку длиной от 9,7 до 19 м и вместимостью от 70 до 200 человек. Автобусы получили стильный современный дизайн интерьера и экстерьера и единую унифицированную платформу, на которой будут создаваться дизельные, газовые, электрические и водородные модели. При разработке линейки автобусов CITYMAX применен модульный подход, который позволяет в дальнейшем выпускать широкий ряд различных модификаций автобусов под требования заказчика за счет установки передних масок с различными вариантами дизайна, конструирования различных вариантов компоновки салона и применения различных типов двигателей. Унификация нового модельного ряда снижает его стоимость владения для пассажироперевозчиков.

Новинка — это развитие концепта «ГАЗель City». Автобус будет выпускаться на Павловском автобусном заводе. В салоне может разместиться 32 человека, включая 21 сидящего. Автобус получил полноценное багажное отделение, что станет большим плюсом для перевозки людей в пригородных маршрутах.

В данных моделях автобусах применены новые конструктивные решения, обеспечивающие повышенный комфорт и безопасность пассажиров.

Кузов автобусов изготовлен с применением современных композитных материалов, которые отличаются легкостью, практичностью и не подвержены коррозии. Снижение массы кузова, достигнутое благодаря применению композитных материалов, позволяет увеличить пассажироместимость и сократить расход топлива/энергопотребления в автобусах. За счет применения инновационных материалов в автобусах ГАЗ значительно снижен уровень шума. Увеличенная жесткость кузова повышает уровень безопасности в случае возникновения ДТП.

«Группа ГАЗ» представила высокоэкологичные городские автобусы нового поколения ГАЗ CITYMAX и «Валдай City» в рамках Международной выставки коммерческого транспорта COMTRANS 2021.

Новая линейка автобусов создана на единой унифицированной платформе, на которой будет разрабатываться широкий модельный ряд дизельных, газовых, электрических и водородных автобусов.

На выставке компания представила первые две модели CITYMAX нового поколения — электробус большого класса и автобус среднего класса с дизельным мотором экологического стандарта «Евро-6». В перспективе новое поколение автобусов будет вклю-

gazgroup.ru

Памятник Гагарину установили в Калужской области



В Воротынске (Калужская обл.) в сквере имени Гагарина появился памятник первому человеку в космосе. Скульптуру установили в рамках региональной программы «Поддержка местных инициатив», организованной министерством финансов области.

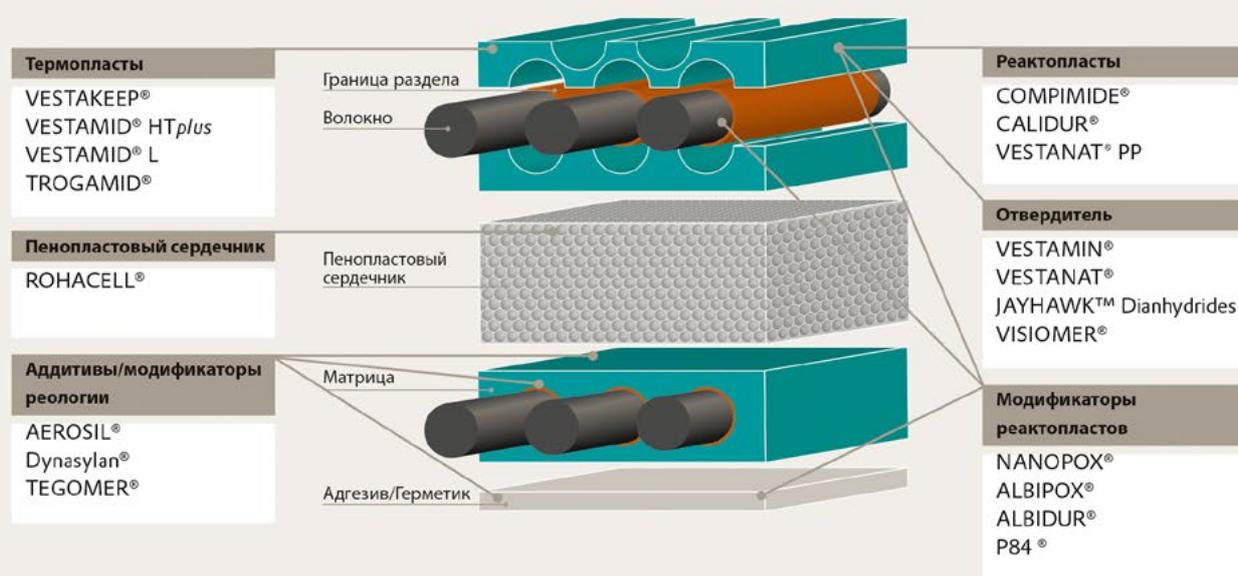
Юрий Алексеевич Гагарин изображён в космическом скафандре. По задумке скульптора первый космонавт возвышается над планетами солнечной системы. Изготовлен объект из стеклопластика, его стоимость составляет 430 тысяч рублей.

Глава администрации посёлка Андрей Шакура рассказывает: «Эскиз мы согласовали со старшей дочерью великого космонавта. Идея была и администрацией озвучена, и поступали обращения от жителей с просьбой увековечивания памяти выдающегося космонавта. И также здесь планировалось установить информационные щиты, рассказывающие об истории нашего аэродрома, на который, кстати, и прилетал Юрий Алексеевич Гагарин, когда приезжал на закладку первого камня музея истории космонавтики».

www.kaluga-poisk.ru

Композитная сэндвич система

Понимание всех аспектов сложной системы –
ключ к решению поставленных задач



.....

Подробная информация на www.evonik.com/composites



Сканируйте QR-код
для получения
дополнительной
информации



● Головки AFP для разных типов волокон,
одиночные для выкладки до 16+ нитей

● Автоматизированная замена головок
менее, чем за 3 минуты

● Роботизирован или порталная
конструкция

● Запатентованная головка ATL с двумя
ультразвуковыми ножами и возможностью
выкладки лентой шириной до 300 мм

● Подтвержденная испытаниями
возможность автоматизированной
выкладки термопластов

● Система поточного контроля

Обновленные требования по применению полимерных композитов в строительстве мостов вступили в действие

Минстрой России актуализировал свод правил СП 46.13330.2012 «СНиП 3.06.04–91 Мосты и трубы» (СП 46), регламентирующий выполнение и приемку работ при сооружении новых, реконструкции и капитальном ремонте существующих постоянных мостов и труб под насыпями железных дорог, линиями метрополитена и трамвая, автомобильными дорогами на улицах и дорогах городов, поселков и сельских населенных пунктов. Изменение №2 к СП 46 вступило в действие 3 сентября 2021 года.

«Развитие строительной отрасли в России требует более широкого использования эффективных и современных материалов, в том числе – полимерных композитов, применение которых в мостовых сооружениях особенно актуально для районов Севера и горной местности. Внесение изменения в СП 46 необходимо для централизованного обобщения и нормирования требований к полимерно-композитным мостам и водопропускным трубам, обеспечивающим эксплуатационную надёжность конструкций, а также для взаимной увязки с действующими национальными стандартами», — отметил заместитель Министра строительства и ЖКХ РФ Сергей Музыченко.

Основным преимуществом применения композитных материалов в мостостроении по сравнению со стальными мостовыми конструкциями являются: устойчивость к коррозии и агрессивным средам, сейсмостойкость, малая масса, позволяющая снизить затраты на транспортировку, монтаж и строительство опорных элементов, снижение эксплуатационных расходов при длительности эксплуатации не менее 100 лет. При разработке изменений к своду правил учитывался опыт строительства и эксплуатации полимерно-композитных мостов в России и за рубежом.

Изменение №2 к СП 46.13330.2012 «СНиП 3.06.04–91 Мосты и трубы» позволяет на государственном уровне осуществить единый подход к проектированию композитных мостов, создает условия для прохождения Государственной экспертизы проектов, устанавливает единые критерии качества в области композитного мостостроения, которые обеспечат надёжность и будут



способствовать динамичному совершенствованию отечественных норм путём накопления, анализа и возможности сравнения технической информации по эксплуатируемым сооружениям. Разработка проекта Изменение №2 к СП 46.13330.2012 «СНиП 3.06.04–91 Мосты и трубы» организована ФАУ «ФЦС» и выполнена АО ЦНИИТС.

www.minstroyrf.gov.ru

Полный цикл производства фаготов!

Компания ООО «Ателье Гончарова» в июне 2021 года завершила основной этап опытно-конструкторских работ по полному циклу производства фагота.

Этот духовой инструмент делают всего несколько фирм в мире в виду сложности его производства, хотя в каждом оркестре должно быть минимум два таких инструмента.

Разработка шла 2 года и в скоро времени планируется регистрация нескольких РИДов и патентов.

Новые инструменты были представлены на выставке Summer NAMM в США, по результатам которой планируются поставки в магазины США, Китая, Австралии, Новой Зеландии и Европы.

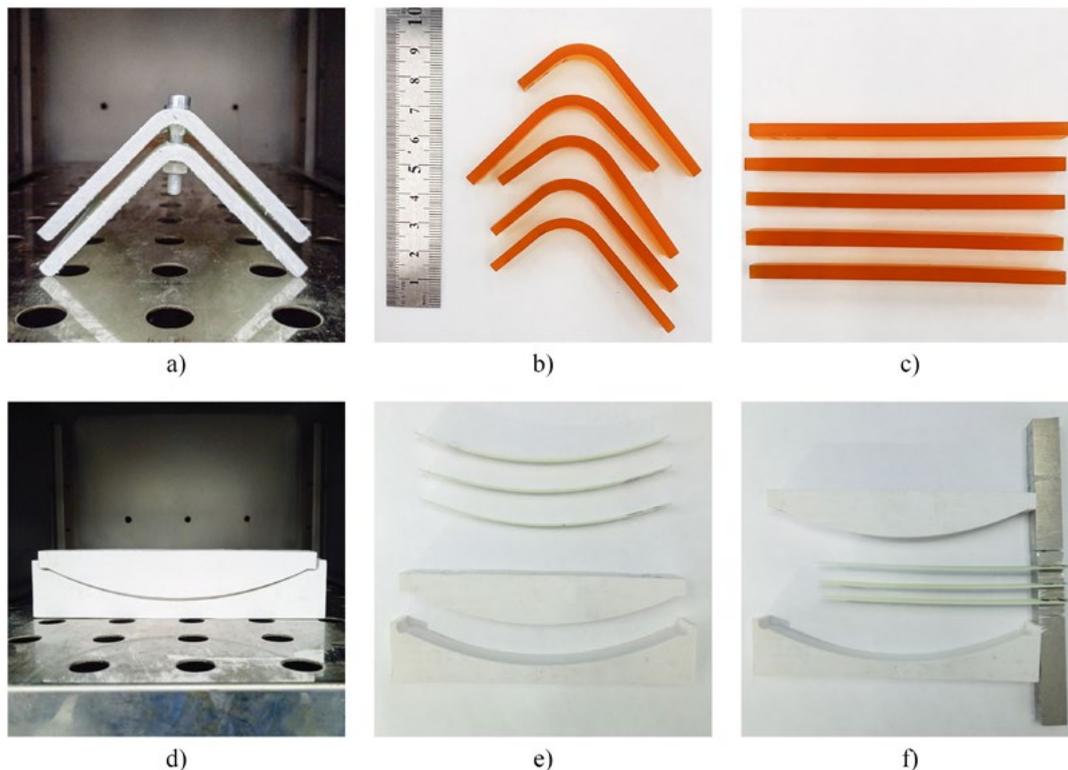
Планируется выпуск качественных студенческих и доступных профессиональных моделей. Примечательно, что все материалы для фагота российского происхождения: выдержанный волнистый клён с Кавказских гор, металлы с Уральских гор, а также различные композитные материалы.

Нужно отметить, что фаготы хорошего качества никогда не производились ни в СССР, ни до Октябрьской революции.

Также «Ателье Гончарова» выиграло субсидию Фонда Содействия Инновациям на серийное производство этого инструмента.

www.atelier-goncharov.com

Ученые испытали метод производства композитов с «памятью формы»



Испытание образцов отвержденной смолы и пултродированных композитов: (а) деформированный образец отвержденной смолы, (b) отвержденные образцы смолы после фиксации формы, (с) отвержденные образцы смолы после восстановления формы, (d) деформированный образец пултродированного композита, (е) геометрия пултродированного образца после деформации и деформирующее приспособление, (f) образец пултродированного композита после восстановления формы. Источник: Роман Коротков и др./Composites Part A: Applied Science and Manufacturing

Ученые из «Сколтеха» исследовали перспективный вид композитных материалов на предмет наличия у них эффекта памяти формы, то есть способности после деформации возвращать свою исходную форму за счет нагрева или иного воздействия. В работе рассмотрены армированные стекловолокном плоские ламинаты на эпоксидной основе, изготовленные методом пултрузии. Последний имеет большой потенциал в контексте производства композитов с эффектом памяти формы для электроники, биомедицинских и других приложений, но прежде не изучался применительно к таким материалам. Результаты исследования опубликованы в журнале *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*.

Полимеры с памятью формы — класс материалов, деформацию которых можно обратить при помощи подходящего внешнего воздействия. Для этого их подвергают нагреву, излучению, электромагнитному полю, а также изменяют влажность или кислотность среды. Они широко применяются в аэрокосмической отрасли, автомобилестроении, медицине, 4D-печати, электронике, температурных датчиках.

Полимеры с памятью формы часто сочетают с углеродным, базальтовым или стекловолокном для получения композитных материалов с более совершенными свойствами. Такие композиты можно производить разными способами, большинство из которых хорошо изучены. Однако до сих пор не был исследован эффект памяти формы композитов,

изготовленных пултрузией — самой эффективной технологией производства композитов как таковых. В числе достоинств метода — его универсальность, быстрота и малое количество отходов. С его помощью можно получить новые типы структурных компонентов с уникальным сочетанием механических характеристик и геометрии, недоступным другим методам.

«В этой работе мы изучили проявление эффекта памяти формы и механические характеристики произведенных методом пултрузии плоских ламинатов на эпоксидной основе, армированных однонаправленным стекловолокном. В ходе анализа рассмотрена кинетика отверждения смолы, а также термомеханические и теплофизические свойства отвержденной смолы», — прокомментировал исследование его руководитель, Александр Сафонов из Центра по проектированию, производственным технологиям и материалам «Сколтеха».

«Результаты исследования будут полезны для численного моделирования и оптимизации процесса пултрузии. Кроме того, работа показывает, что произведенные пултрузией композиты на базе полимеров с эффектом памяти формы весьма перспективны с точки зрения структурных приложений», — добавил ученый.

Андрей Фоминых,
специалист Департамента по коммуникациям
«Сколтеха»

Композиционные материалы и оборудование для производства композиционных изделий

Дозировочно-смешивающие машины для пенополиуретанов и композитов Mahr Unipre (Германия)

Mahr



Лабораторные сушильные шкафы и промышленные печи France Etuves (Франция)

FRANCE ETUVES



Автоклавы для композитов и вулканизации резины OLMAR (Испания)

OLMAR
GRUPO OLMAR



Оборудование для механической обработки пластиков Thermwood (США)

THERMWOOD
First in CNC Routers

Гидравлические прессы для композитов Langzauner (Австрия)

Langzauner
PERFECT

192236 Россия, Санкт-Петербург
Софийская ул. д. 8
Тел./факс +7 (812) 363-43-77

www.apgroup-tech.ru
E-mail: info@apgroup.pro

carbonStudio
ВАШ ПАРТНЕР В ИННОВАЦИЯХ!

carbonStudio

По версии журнала Композитный мир

www.carbonstudio.ru

Лучший интернет-магазин

полимерных композиционных материалов

Оборудование для полимеризации
КОМПОЗИТОВ

www.apgroup-tech.ru

Узнавайте о наших акциях первыми

vk.com/carbonstudio.original

www.instagram.ru/carbonstudio.ru

Техническая информация на

www.tech.carbonstudio.ru





ЮМАТЕКС
РОСАТОМ

МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



Межрегиональный
промышленный кластер
Композиты
без границ

IX Форум «Композиты без границ»

17 ноября 2021 года

Регистрация на сайте <http://compositesforum.ru/>

Форум пройдет в смешанном формате: очно и онлайн.

IX Форум «Композиты без границ» – развиваем отрасль композитов вместе!



Оператор UMATEX Росатом

При поддержке Министерства промышленности
и торговли Российской Федерации

Генеральный партнер межрегиональный
промышленный кластер «Композиты без границ»

Инженеры создали первый реактивный ранец с автопилотом



Реактивные ранцы уже много лет мелькают в блокбастерах, а некоторые прототипы успешно тестируются военными. Однако существующие джетпаки обладают ощутимыми недостатками — к примеру, руки пилота постоянно заняты.

Компания Maverick Aviation учла недочеты предшественников и представила первый в мире прототип реактивного ранца с автопилотом.

Устройство под названием Maverick Jetpack, по утверждению производителя, сделано из легких материалов, включая алюминий, титан и углеродное волокно. Ранец способен перемещаться со скоростью до 30 миль в час, в зависимости от задачи пилота.

В отличие от большинства существующих реактивных ранцев, для освоения которых требуется интенсивная подготовка, ранец Maverick Jetpack обладает встроенной системой автопилота, а также интуитивно понятен в управлении.

В ранце есть маленькие реактивные двигатели.

Помимо автопилота, ранец использует систему вертикального взлета и посадки (VTOL) и оснащен миниатюрными реактивными двигателями размером с мяч.

Разработчики считают, что устройство может помочь во многих отраслях — и в спасательных работах, и в разведке местности, и даже в военном деле.

Изобрели ранец голливудский эксперт по анима-

тронике Мэтт Дентон и командующий Королевским флотом Великобритании Энтони Куинн.

Растущая отрасль наземной и морской ветроэнергетики действительно нуждается в таком решении. Инженеры часами поднимаются по лестницам внутри сооружений каждый день, а в чрезвычайной ситуации быстро спуститься вниз практически невозможно. «Дроны могут быть полезны для инспекций, но во многих случаях вам понадобится инженер», — объясняет Куинн.

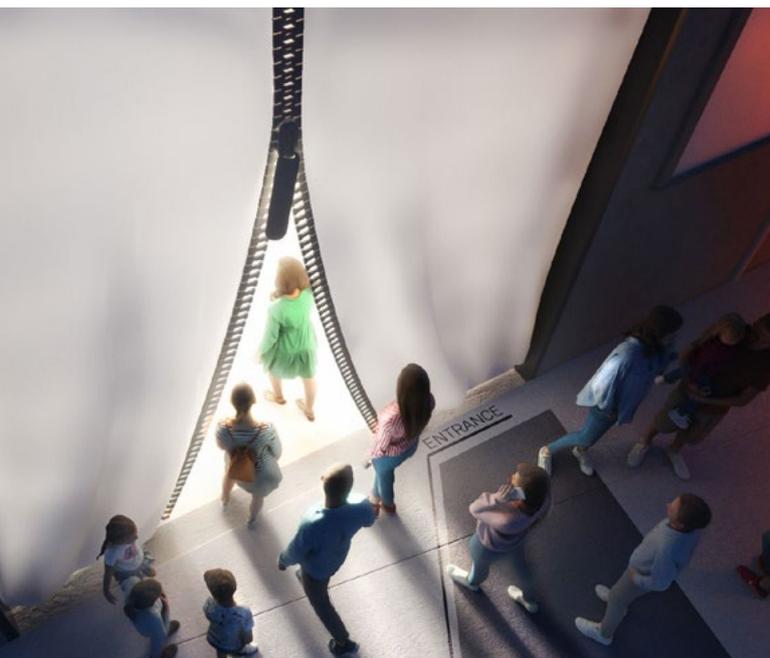
Как сказал Энтони, во время туров по Афганистану и Ираку его команда остро нуждалась в подобном устройстве. Такие ранцы, со слов изобретателей, способны заменить боевой вертолёт.

«Полет настолько интуитивно понятен, что вскоре у нас могут появиться разные профессионалы, которые будут безопасно и быстро работать в самых труднодоступных условиях. Когда мы думаем о реактивных ранцах, на ум приходит множество голливудских сценариев, но это первый раз, когда создается такое универсальное оборудование, в основе которого лежит бизнес-сценарий», — резюмирует Куинн.

Первый пилотируемый испытательный полет запланирован на лето 2022 года, как заявляют разработчики.

www.ridus.ru
www.maverickaviation.co.uk

В Италии откроют музей углеродного волокна



В Пьяченце, Италия, на территории бывшего склада откроют музей углеродного волокна и истории компании MAE, которая его производит. Интересно, что весь интерьер музея планируется изготовить из углеродного волокна и его производных. Проект «MAE Museum» разработан дизайнерской студией Carlo Ratti Associati. Уникальный объект будет состоять из трех залов, попасть в которые можно через вход в виде гигантской застезжки-молнии.

Посетители исторического, производственного и выставочного зала смогут ознакомиться с историей

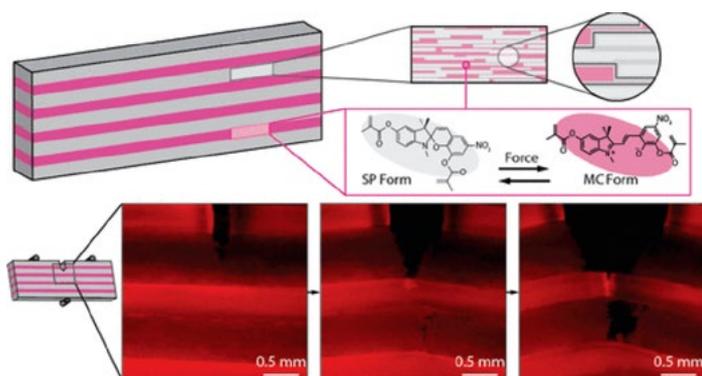
освоения углеродного волокна и оценить широту его применения в нашей жизни. И, если в производственном зале можно понять все тонкости процесса создания углеродных волокон, то в выставочном — увидеть подвешенные на тонких углеродных нитях модели автомобилей, самолетов и космических кораблей.

Открытие музея углеродного волокна планируется уже в следующем году.

carloratti.com



Композит, светящийся под нагрузкой



Новый композитный материал, который начинает светиться (флуоресцировать) при деформации, разработали исследователи из Цюриха.

Многослойный полупрозрачный композитный материал устойчив к разрыву и одновременно является очень легким. При возникновении внутренних напряжений он начинает флуоресцировать, что может свидетельствовать о степени его нагруженности.

Ламинат состоит из чередующихся слоев полиме-

ра и искусственного перламутра. При изготовлении перламутровые пластинки уплотняются, спекаются и фиксируются полимерной смолой. Это делает его чрезвычайно твердым и устойчивым к разрыву.

Второй слой состоит из полимера, к которому исследователи добавили индикаторную молекулу, разработанную специально для этого композита. Молекула активируется, как только полимер испытывает растягивающие силы, и это изменяет его флуоресценцию. Чем больше материал растягивается и чем больше активируется этих молекул, тем интенсивнее становится флуоресценция.

«Мы использовали флуоресцентные молекулы, потому что можно очень хорошо измерить увеличение флуоресценции, и не нужно полагаться на субъективное восприятие цветов, по которому трудно сделать выводы об изменениях в материале», — говорит Томмазо Магрини, ведущий автор исследования.

Эта легкая конструкция уже нашла свое применение в качестве конструкционного материала во многих областях, особенно в автомобилестроении, судостроении и авиационном строительстве.

rossaprimavera.ru

Вещь дня: футболка с углеродными нанотрубками, которая следит за работой вашего сердца



Учёные из Университета Райса в США показали ещё один прототип футболки с углеродными нанотрубками, которые позволяют отслеживать физическое состояние владельца, благодаря постоянному электрическому контакту с кожей можно собирать данные о работе сердца.

Новая технология основана на волокнах из углеродных нанотрубок: они прочные, как углеродное волокно, и гибкие, как текстильная нить, а также проводят тепло и электричество. Нити в ширину составляют 22 микрон и сделаны из десятков миллиардов углеродных нанотрубок.

Такую проводящую нить теперь можно вшить с помощью швейной машины в обычную ткань. Причем авторы во время шитья делали зигзаги, чтобы волокно не ломалось при растяжении. Теперь нити, пришитые на рубашку, имеют металлическую про-

водимость, как встроенные электроды и провода для передачи сигналов.

Во время эксперимента команда проверила, как новая смарт-рубашка записывает данные о частоте сердечных сокращений в реальном времени. В результате запись прошла успешно. Авторы также использовали нити в качестве электродов для электрокардиограммы и обнаружили, что рубашка обеспечивает производительность, сопоставимую с имеющимися в продаже электродными мониторами.

Авторы видят много потенциальных применений для их технологии, в частности это сфера беспроводного мониторинга состояния здоровья.

www.wylsa.com
phys.org
hightech.fm



**КОНСУЛЬТАЦИИ С ЗАРУБЕЖНЫМИ
ТЕХНОЛОГАМИ**

МАТРИЧНЫЕ СИСТЕМЫ

ОГНЕСТОЙКИЕ СМОЛЫ

ОБОРУДОВАНИЕ

ГЕЛЬКОУТЫ

IGC - MARKET.RU



Первая в Белоруссии закупка пожарной техники по договору долгосрочной аренды: подразделения МЧС Минской области получили 25 новых автоцистерн



Спасатели Минской области получили 25 пожарных автоцистерн нового образца на шасси МАЗ, которые изготовила борисовская компания ООО «ПОЖСНАБ» (Республика Беларусь). К слову, пожарная и аварийно-спасательная техника предприятия разработана в тесном взаимодействии с МЧС Беларуси, в том числе в рамках государственных научно-технических программ. Она прошла все необходимые испытания и имеет положительный опыт многократного боевого применения в условиях ликвидации чрезвычайных ситуаций. Торжественная передача техники прошла 9 сентября.

Автоцистерна АЦ 5,0-40 — одна из последних разработок компании. Все кузовные надстройки новых машин, включая емкости для воды и пенообразователя, дубль-кабины и модуля для боевого расчета, изготовлены на высокотехнологичном производстве из стеклопластика.

Цистерна для воды емкостью 5000 л и 300-литровый пенобак интегрированы в кузовную надстройку. Пожарный насос — центробежный, нормального давления, производительностью 40 л/с. Кабина боевого расчета — 2-рядная, 6-местная, 4-дверная. Боевой расчет — 6 бойцов.

Закупка пожарной техники была осуществлена по договору долгосрочной аренды (лизинга).

pozhsnab.com



www.composite.ru



ГРУППА КОМПАНИЙ
КОМПОЗИТ

193079, Санкт-Петербург
Октябрьская наб., 104
+7 (812) 322-91-70
+7 (812) 322-91-69
office@composite.ru

Полиэфирные смолы **Aropol, Polaris, Hetron**

Эпоксивинилэфирные смолы **Derakane, АМЕ**

Гелькоуты **Maxguard, Enguard**

Сэндвич-материалы **Divinycell, Spheretex, Parabeam, Tubus Waben**

Системы отверждения **Nouryon**

Оборудование для стеклопластика **Graco**

Стекломатериалы

Вспомогательные материалы

Ученые нашли дешевый способ сделать углеродное волокно огнеупорным при высокой температуре

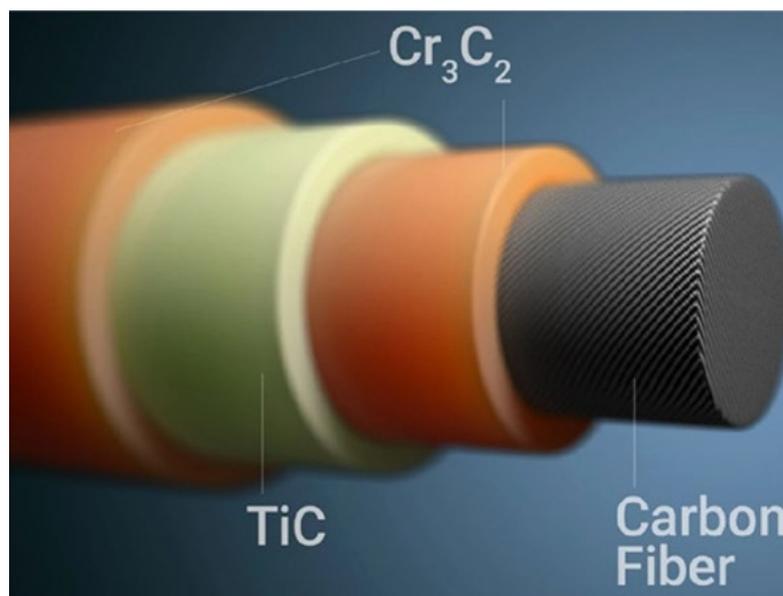
Обладая невероятной легкостью, жесткостью и прочностью, углеродные волокна имеют много преимуществ, но даже у таких замечательных материалов есть свои недостатки. Ученые пытались решить проблему воспламенения углеродного волокна при высоких температурах, и международная группа исследователей нашла недорогое и масштабируемое решение в виде защитного покрытия на основе обычной поваренной соли. Об этом сообщает издание *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

Углепластик обладает высокой термостойкостью и способен сохранять стабильность при температуре до 800 °С. Это делает его незаменимым при конструировании любых видов электротранспорта, производстве медицинского оборудования и смарт-техники. Однако проблемы могут возникнуть в случае воздействия экстремальных температур (например, в аэрокосмической промышленности). В таких условиях углерод вступает в реакцию с кислородом и горит, в результате чего его структура быстро разрушается.

«Одним из недостатков углеродных волокон является то, что они легко сгорают, если у вас достаточно высокая температура и кислород в больших количествах», — говорит Юнфэн Лу, возглавляющий команду, состоящую из исследователей из Университета Небраски-Линкольна (США) и Французского института химии конденсированных сред (Бордо, Франция).

Ученые и раньше занимались разработкой более огнестойких форм углеродного волокна, но для этого требовалось дорогостоящее оборудование. Авторы данного исследования придумали простое и дешевое решение, в основе которого — расплавленная поваренная соль.

Процесс плавления происходит при температуре 982°С. После того, как кристаллы соли расплавляются, в смесь добавляют порошки карбидов титана и хрома, а затем углеродные волокна. Ученые разработали



технологии, при которой на волокнах образуется защитное покрытие из трех слоев.

Характеристики защитного материала были оценены в ходе экспериментов, когда исследуемые углеродные волокна поджигали кислородно-ацетиленовой горелкой (1200°С) и при этом углеродные волокна успешно сохраняли свою структуру. Ученые обнаружили, что тройное покрытие, состоящее из карбида хрома и карбида титана, обеспечивает большую защиту, чем однослойное.

Разработчики считают, что их метод защиты углеродного волокна достаточно хорош. В будущем они намерены выяснить, насколько огнестойкими являются углеродные волокна с покрытием по сравнению с обычными, и как долго они сохраняют свою структуру и свойства в экстремальных условиях.

focus.ua

В Таджикистане открыли завод по производству стеклопластиковых труб

28 августа в Душанбе Президент Республики Таджикистан Эмомали Рахмон и Председатель города Душанбе Рустами Эмомали открыли завод ООО «Композит Т. А.», закладку первого камня которого провели 17 сентября 2019 года.

На предприятии создано более 150 рабочих мест. Завод впервые в стране планирует ежегодно производить до 150 километров композитных труб различного диаметра от 300 до 3000 миллиметров. Продукция, наряду с обеспечением страны, будет экспортироваться.

Следует отметить, что Общество с ограниченной ответственностью «Композит Т. А.» — совместное предприятие, созданное при сотрудничестве с одной из ведущих азербайджанских компаний — «Азкомполит».

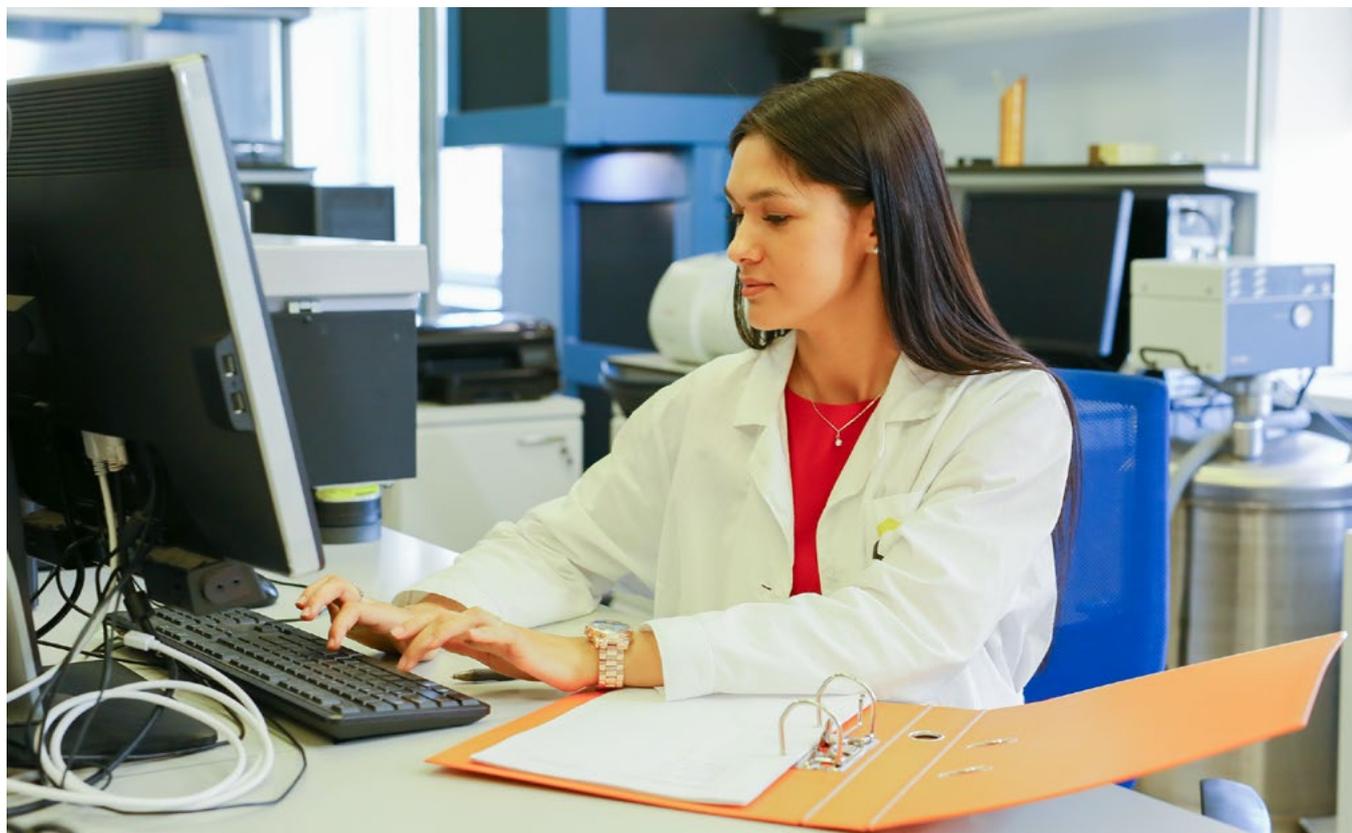
Для производства труб в основном сейчас будут



использоваться импортные материалы, но в Республике Таджикистан имеется много месторождений кварцевого песка, и есть планы по расширению использования этого вида сырья внутри страны.

www.president.tj

Вырикова Анастасия Дмитриевна
 пресс-секретарь МИЦ «Композиты России»
 МГТУ им. Н. Э. Баумана
 www.emtc.ru



Цифровое материаловедение в интересах авиаиндустрии

Межотраслевой инжиниринговый центр «Композиты России» МГТУ имени Н.Э. Баумана, получивший в декабре 2020 года статус Центра компетенций Национальной технологической инициативы (НТИ), активно занимается развитием индустрии цифрового материаловедения и внедряет решения на основе искусственного интеллекта.

Центр в настоящее время занимается не только созданием новых материалов, в том числе полимерных композитов (ПКМ), но и их цифровых двойников. Это инженерное программное обеспечение (ПО) с базой данных по свойствам материалов со встроенной системой принятия решения на базе искусственного интеллекта. Применение разрабатываемого ПО позволит ускорить постановку на производство новых

изделий в 2–3 раза, снизить стоимость разработки продукции до 50%, повысить эксплуатационные характеристики и срок службы.

В числе проектов для аэрокосмической отрасли сейчас реализуются:

- разработка конструкции створки бака самолета амфибии Бе-200 ЧС с созданием цифрового двойника;
- разработка новых функциональных ориентированных 2D и 3D-ПКМ, в том числе с использованием графена и его аналогов, и методов их получения с использованием аддитивных технологий;
- разработка электропроводных полимерных композитов для изделий, эксплуатирующихся в экстремальных условиях;
- разработка новых термопластичных связующих и



препрегов на их основе, а также цифровых методов проектирования готовых изделий;

- проект «КОСМОПРИНТ», направленный на разработку аддитивной установки и робота манипулятора из ПКМ для печати металлических конструкций в открытом космосе.

Ряд проектов является инновационным и не имеет аналогов в мире. Конечно, для того чтобы работать не «в стол», надо понимать, какие задачи стоят перед аэрокосмической отраслью страны в целом, какие изделия и летательные аппараты будут востребованы массово, какие будут уникальными и созданы в штучном экземпляре.

«Это очень важно потому, что для обеспечения возможности создания конструкций под определенные условия эксплуатации будут создаваться новые материалы и совершенствоваться имеющиеся сейчас, конечно, с учетом развития технологий, — отмечает Владимир Нелюб, д.т.н., директор Центра. — Мы можем уже сейчас наблюдать, как новые тренды способствуют развитию материаловедения. Взять, например, гражданскую авиацию. В ней необходимость в новых материалах обусловлена потребностью в создании сверхзвуковых пассажирских самолетов, способных развивать скорость более 2 Махов. При этом материал должен выдерживать температуру в 1,5 тысячи градусов и более в течение продолжительного времени. В этом случае без новых композиционных материалов не обойтись. Существенную роль в этом сыграют конструкционные материалы на базе углеродных волокон, сверхвысокотемпературные керамические композиционные материалы, а также многофункциональные теплозащитные термические покрытия, способные обеспечить защиту поверхности не только от высоких температур, но и сохранить при этом стабильную радиосвязь в полете».

Вместе с решениями в индустрии материаловедения

МЦ «Композиты России» также будет развивать направления создания и моделирования поведения «цифровых двойников» материалов в виртуальных внешних средах со встроенной системой принятия решения на базе искусственного интеллекта.

Сейчас уже создается ряд высокотехнологичных проектов, в том числе:

- разработка новых термопластичных связующих и препрегов на их основе с рабочей теплостойкостью 200-250°C и улучшенной перерабатываемостью. Будут модернизированы и изучены суперконструкционные полиариленэфиркетоны, полиэфиримиды и полиэфирсульфоны, а также будет разработана опытно-промышленная технология синтеза указанных полимеров оптимального состава;
- разработка оборудования и технологии создания композитов и нового типа объемных преформ нашивкой ровинга на основе нетканой трехмерной структуры, позволяющей повысить физико-механические свойства композита;
- разработка нового материала и технологии нанесения защитного полимерного покрытия на основе уретанового форполимера для повышения эрозивной и коррозионной стойкости трубопроводной запорной арматуры при работе в экстремальных условиях эксплуатации с применением цифрового проектирования;
- создание интеллектуальной базы данных свойств композитных материалов и материалов, полученных по технологии селективного лазерного плавления на базе специализированного программно-аппаратного комплекса, обеспечивающего сбор, хранение, обработку данных, в том числе с помощью алгоритмов искусственного интеллекта, и позволяющего прогнозировать свойства полученного материала в зависимости от состава исходных компонентов и технологических режимов. **КМ**





Гладунова Ольга Игоревна
Марценюк Вадим Владимирович
СПГУПТД

Технологи компании «ИНТРЕЙ Полимерные Системы» провели обучающий семинар для студентов кафедры НВКМ СПбГУПТД

Вопрос подготовки кадров актуален во все времена для любой отрасли промышленности. Каждый работодатель стремится сформировать штат из грамотных, уже имеющих опыт работы с современными материалами и технологиями сотрудников. Но где же его получить молодым кадрам? Ответ напрашивается сам собой — на производствах в рамках практик, а также на обучающих практических семинарах.

Именно такой семинар, посвященный изготовлению оснастки из композитных материалов, технологи компании «ИНТРЕЙ Полимерные Системы» провели для студентов кафедры наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А. И. Меоса (НВКМ) Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна (СПбГУПТД).





В течение трех дней, с 6 по 8 июля, будущие специалисты композитной отрасли собственноручно с помощью различных современных материалов и по разным технологиям изготавливали стеклопластиковые формы.

Было сформировано несколько команд по 3-4 человека. Специально, для того чтобы наглядно оценить преимущества и недостатки того или иного материала/технологии и изучить особенности работы с ними, у каждой группы был свой отличный от других набор исходных материалов, а также своя комбинация технологических приемов.

Так, к концу первого дня работы та группа, которая изготавливала оснастку методом вакуумной инфузии, успела полностью подготовить мастер-модель, нанести гелькоут, уложить слои армирующих материалов,



собрать вакуумный пакет и пропитать связующим. Другие группы, использующие в качестве основной технологии производства ручное формование, успели подготовить мастер-модели, нанести гелькоут различными способами (вручную или помощью напыления), а также уложить и пропитать верхние слои стеклонаполнителя (стекловоуали и стеклоткани небольшой поверхностной плотности).

Во второй день команды успели закончить изготовление композитной оснастки и совместно проанализировать полученные результаты. Параллельно у ребят была возможность изготовить мягкие силиконовые формы и несколько сувенирных изделий из различных видов смол. Кроме этого, под руководством технологов компании «ИНТРЕЙ» студенты получили

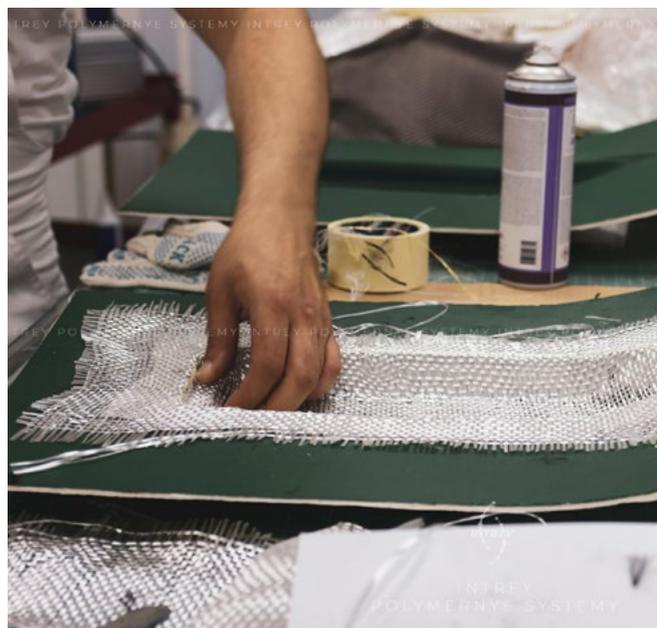
изделие методом вакуумной инфузии с использованием мягкой силиконовой мембраны (Flex molding).

В третий день семинара перед каждой командой стояла задача подготовить новые матрицы/формы к работе и сформовать изделия методом вакуумной инфузии. Студентам был предложен целый ряд исходных материалов и объяснены основные принципы их выбора для инфузии. Некоторые использовали традиционные стекломатериалы, другие решили попробовать ткани на основе углеродных и/или арамидных волокон. Также для более быстрого набора заданной толщины и производства сэндвич-конструкций несколько команд выбрали полиэфирные нетканые материалы. Все ребята уже самостоятельно собирали вакуумные мешки, рассчитывали необходимый расход выбранного связующего, определяли параметры вакуума, а также расформовывали изделия после их отверждения.

Семинар оказался очень насыщенным и информативным. Студенты получили возможность поработать под руководством высококлассных специалистов с самыми современными материалами, основным и вспомогательным оборудованием, а также научились осуществлять выбор исходного сырья для той или иной технологии и правильно определять технологические параметры, исходя из свойств выбранных компонентов. Все изготовленные на семинаре композитные изделия и матрицы/формы будут использоваться в дальнейшем для проведения лабораторных работ на кафедре НВКМ. По итогам работы все участники выразили желание продолжить сотрудничество и еще не раз встретиться в следующем учебном году. Воодушевленные будущие специалисты отрасли уже готовят темы для последующего освоения.

От лица журнала «Композитный мир» и кафедры НВКМ СПбГУПТД выражаем благодарность специалистам и руководству компании «ИНТРЕЙ Полимерные Системы» за предоставленную студентам возможность работы с современными материалами и технологиями, прекрасно организованный и проведенный практический семинар, а также неоценимый вклад в подготовку кадров для композитной отрасли Российской Федерации.

Приглашаем и другие компании отрасли к сотрудничеству! Вырастим кадры вместе! **КМ**



О. И. Гладунова

А. А. Лысенко

Санкт-Петербургский государственный
университет промышленных
технологий и дизайна



Мировой и российский рынок полимерных композиционных материалов. Тенденции и перспективы



В статье рассматривается современное состояние рынка полимерных композиционных материалов в мире и России. Сформулированы основные движущие и сдерживающие факторы развития рынка. Показаны перспективные области применения композиционных материалов и актуальные направления в исследованиях.

Статья была впервые опубликована в Вестнике Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки, № 2. 2021

Введение

Мировой рынок композитов (композитные/композиционные материалы) (КМ) в последние годы динамично развивается. По оценкам международных экспертов мировой рынок композитов в 2019 году составил более 99 млрд долл. в стоимостном выражении и 12,0 млн. т. в натуральном выражении. Эксперты считают, что до 2027 года рынок композитов будет расширяться на 6.8% в год и по стоимости возрастет до 112 млрд долл [1].

Прошедший 2020 год стал исключительным в силу глобального кризиса и его масштабов. Композитные материалы, как и все, пострадали от его последствий, и нет никаких признаков, указывающих на то, что ситуация быстро изменится после того, как кризис утихнет.

Согласно данным, опубликованным в отчете [2], в 2021 году мировой рынок продемонстрирует более низкий рост, чем ожидалось, из-за низкого спроса со стороны автомобильной и аэрокосмической промышленности, а также из-за перебоев с сырьем. Неустойчивость цен на нефть отрицательно сказывается на ценах на сырье. Однако, ожидается, что спрос на применение композиционных материалов в секторе потребительских товаров останется высоким, несмотря на пандемию. Строительная отрасль и автомобильная промышленность наиболее сильно пострадали из-за ситуации с Covid-19. Ожидается, что их медленное восстановление будет препятствовать росту рынка композитов в целом в долгосрочной перспективе. Вместе с тем использование композитов в аэрокосмической промышленности за последние несколько докризисных лет существенно увеличилось. Производители самолетов начали активно внедрять композиты на основе термопластичных связующих, таких как полиэфирэфиркетон и полиэфиримид. Эти связующие весьма привлекательны, учитывая всемирный тренд на экологичность и перерабатываемость КМ, так как композиты на основе вышеназванных связующих обладают способностью к вторичному использованию. Так, например, в начале 2020 года компания Marshall Advanced Composites получила контракт на сумму 95 млн. фунтов стерлингов на производство панелей отделки кабины соплопластом на основе термопласта для лайнера C-130J Super Hercules.

Устойчивый спрос во всем мире на композиционные материалы демонстрируют и судостроительные отрасли. Причем, в этих отраслях отчетливо прослеживается тенденция перехода от стекловолокна и полиэфирных смол к углеволокну и эпоксидным связующим. Это связано с потребностью еще большего снижения веса корпуса судна.

Еще один тренд, который становится все чаще заметен — это использование технологии 3D печати для маломасштабного судостроения. Так, в октябре прошлого года в университете американского штата Мэн специальная комиссия зафиксировала сразу три рекорда Гиннеса: создание самого крупного в мире 3D-принтера для печати полимерных прототипов, 3D-печать самого крупного цельного объекта и печать

самой крупной лодки. Патрульный катер длиной 7,6 м и весом около 2,3 т появился на свет всего за 72 часа. Принтер, на котором его создали, позволяет печатать объекты длиной до 30 м (ширина 6,7 м, высота 3 м) со скоростью 227 кг материала в час [3].

Движущие факторы развития рынка КМ

Высокие темпы развития рынка полимерных композиционных материалов (ПКМ) определяются широким спектром их свойств, превосходящих свойства традиционных материалов, а также вариативным подходом к созданию изделия, начиная с моделирования его структуры, свойств и формы и заканчивая выбором технологий производства.

Например, авиастроительная, автомобильная отрасли и ветроэнергетика нуждаются в разных композиционных материалах и разных подходах. Это определяется требованиями к характеристикам изделий, нормативными актами, пороговыми значениями стоимости. Например, материалы, затраты и технологические процессы в аэрокосмической отрасли существенно отличаются от используемых в автомобильной промышленности. Именно композиты могут предоставить такой широкий выбор по связующим, армирующим элементам, процессам переработки и отделки.

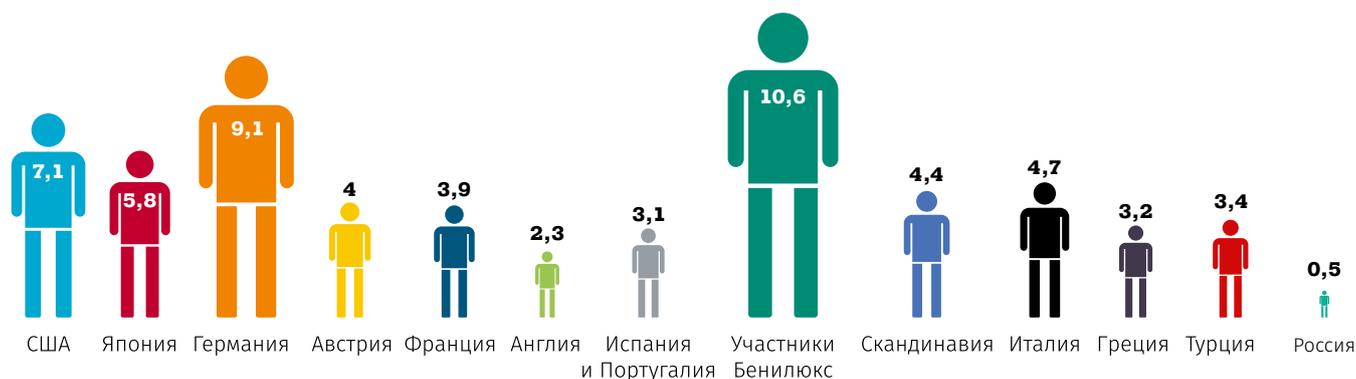
В статье [4] сделано предположение, что перспективными будут композиты не столько с высокими свойствами, сколько с достаточно низкой стоимостью изготовления (автор называет их cost-performance composites). Для многих областей техники высокие свойства материалов желательны, но это не является главным критерием их применимости. Большинство композитов для гражданского сектора попадает в категорию cost-performance, и здесь существует очень большой рынок, который еще мало освоен. Основной путь снижения стоимости изделий из композитов — развитие высокопроизводительных технологий их изготовления.

Усилия автомобилестроителей по созданию все более легких транспортных средств стимулируют потребление композитов. Например, в США приняли стандарты потребления топлива автомобилями к 2025 году. Это цифра на уровне 4–5 литров на 100 км. Сейчас более 100 моделей автомобилей уже используют композиты армированные углеволоком. Еще одна тенденция в автомобилестроении — это полный переход на термопластичные связующие.

Сдерживающие факторы развития рынка КМ

Строгая экологическая политика, а также ограничение и запрет на свалки — это то, что сдерживает рост потребления композитов. Сегодня все более широко используется такое понятие как оценка жизненного цикла, как части процесса выбора материала, которое ограничивает потребление материалов с перерабатываемыми отходами.

Отрасль



Потребление композитов на душу населения по странам, кг [1]

Вторым сдерживающим фактором широкого внедрения композиционных материалов является его цена. Автор исследования [5] считает, что для снижения себестоимости материалов нужно в несколько раз увеличить потребление композиционных материалов. Однако за последние 10 лет во всем мире не смогли приблизиться к снижению стоимости материала.

Региональные лидеры

По мнению экспертов [1, 6] Азиатско-тихоокеанский регион имеет наибольшую долю рынка в области ПКМ, в том числе и благодаря растущей экономике Китая и Индии. Растущий спрос ожидается в таких отраслях как автомобилестроение, аэрокосмос, оборонная промышленность, строительство, электроника. В 2019 г. на азиатский рынок приходилось 48% от мирового рынка в натуральном выражении и 43% – в стоимостном, при этом только на китайский рынок 28% от мирового рынка в натуральном выражении или 3,4 млн т.

Северная Америка станет вторым доминирующим регионом из-за выраженного спроса со стороны оборонной и аэрокосмической промышленности. Новейшие самолёты Airbus более чем на 50% состоят из композитов, по сравнению с 2–5% в прошлые десятилетия. Рынок Северной Америки с объемом 3,1 млн т занимает 26% от мирового рынка в натуральном выражении и 30% — в стоимостном. К слову, на рынок Южной Америки приходится 2% от мирового рынка, или 0,3 млн т [7].

Ожидается, что Европа станет композитным лидером в области автомобилестроения. Тренд на электромобили и экологические нормы требует более легких материалов и более скоростных технологий изготовления. На европейский рынок приходится около 20% от мирового рынка, как с точки зрения объема, так и стоимости.

Резюмируя, можно сказать, что мировой рынок композиционных материалов насыщен инновационной продукцией и имеет широкие горизонты развития. При этом к основным тенденциям, формирующим его емкость и структуру, можно отнести следующие:

- рост спроса со стороны инновационных сфер экономики — авиастроения, автомобилестроения, судостроения, ветроэнергетики и др.;

- улучшение технологических и экологических характеристик известных видов связующих и волокнистых наполнителей;
- расширение использования компьютерного моделирования и проектирования изделий из композиционных материалов [8].

Рынок ПКМ в России

В 1980-х годах СССР занимал третье место в мире по применению композитов, однако в 1990-е годы развитие отрасли практически остановилось. С начала 2000-х и вплоть до сегодняшнего дня Россия постепенно возвращается в число важнейших игроков рынка новых материалов. Повышается уровень технических показателей. Мы переходим от производства сотен тонн композитов в год к тысячам тонн. Темпы роста российского рынка композитов в докризисный период составлял — 8–10% (мировой темп сегодня — порядка 4–6%). К сожалению, пока Россия занимает вместе с Африканским континентом порядка 4% мирового рынка. Но есть явные предпосылки того, что в скором времени наша страна войдет в пятерку стран-лидеров [9].

В нашей стране композиционные материалы применяются в автомобильной и сельскохозяйственной технике, железнодорожном машиностроении, строительном секторе, кораблестроении и т. п. Так, на транспортное машиностроение приходится ~15 тыс. т композитов, главным образом при производстве автомобилей «КамАЗ», LADA, модернизированной техники «Кировец» серии К-744Р, «Урал Next», а также подвижных локомотивов (электропоездов, тепловозов), вагонов метро серии 81-765/766/767 «Москва» (дальнейшее развитие — вагоны серии 81-760/761/763 «Ока»). Кроме того, в инфраструктуре железнодорожного транспорта растет потребление композитных водоотводных лотков, шпал, изолирующих накладок (суммарно ~4 тыс. т). В строительном секторе увеличивается производство композитной арматуры (13,7 тыс. т в 2018 г., что на 2,4 тыс. т больше, чем в 2016 г.), светопрозрачных конструкций, стеклопластиковых труб (по данным АСГ, в 2016 г. в России было произведено 24 тыс. т труб из стеклопластика).

В оборонной промышленности основной объем потребления ПКМ приходится на военное судостроение — главным образом при изготовлении минных

тральщиков проекта 12700, корветов проекта 20380, а также стеклопластиковой тары для боеприпасов (~1600 т в 2019 г.). Высок объем их потребления при производстве изделий для военной авиационной техники (>150 т), стрелкового вооружения и т. п. [1].

Автор [5] выделил 5 отраслей промышленности, где ожидается быстрый рост применения углеком-позитов, благодаря востребованности в конечных изделиях. В сегменте ветроэнергетики прогнозируется 2-3-кратный рост к 2030 году, благодаря постоянному увеличению длины лопасти. Взрывной рост рынка беспилотников и дальнейший рост в гражданской авиации обеспечит рост в 2–2.5 раза. Легкость и надежность спортивного инвентаря — устойчивый сформировавшийся тренд, в рамках которого идет постоянная замена не только традиционных мате-риалов, но уже и полимерных композитов на основе стекловолокна на более легкий прочный углепластик.

Вместе с тем, объемы производства и потребления композитов в развитых странах мира и в России несопоставимы по масштабам и отличаются на порядок. Потребление композиционных материалов на душу населения колеблется в мире между 4 и 10 кг, в Рос-сии данный показатель на 2019 г. составил ~0,5 кг (в 2013 г. 0,3 кг) [8]. Объем российского рынка ПКМ к 2019 году достиг показателя в 57,9 млрд руб. в стоимостном выражении и >70 тыс. т в натуральном выражении, что практически в 2,5 раза больше, чем в 2013 г.

Столь неблагоприятное положение российской композитной отрасли объясняется многими причинами, среди которых недостаточность российского сырья для композитов, и отсутствие отечественного оборудо-вания. Сдерживает развитие отрасли и длительный процесс сертификации отечественных разработок (3 года и более), а также отсутствие нормативной документации применения композитных материалов в ряде отраслей экономики. Еще один фактор, кото-рый негативно сказывается на росте производства композиционных материалов — импортозависимость. Из-за границы ввозятся оборудование и основное сырье — смолы, отвердители, наполнители для сэн-двич-структур, препреги. Хотя российские произво-

дители обеспечивают потребности рынка в стекло- и углеволокне (а в производстве редкого базальтового волокна страна вообще выступает мировым лиде-ром), ситуация со связующими гораздо сложнее. В области полиэфирных смол, использующихся в массовом сегменте, усилия по импортозамещению принесли свои плоды [10]. Ожидаемый в 2021 году запуск производства малеинового ангидрида компа-нией СИБУР на заводе в Тобольске в среднесрочной перспективе может стать значимым фактором для снижения сырьевой импортозависимости и развития внутреннего выпуска полиэфирных смол. Мощность нового предприятия составит 45 тыс. тонн [11].

К сожалению, проекты производства эпоксидных смол (ЭС) пока остаются лишь на бумаге. Спрос на эпоксидную смолу в отечественной промышленности был и остается высоким. Но если во времена СССР наши предприятия производили 10-12% от мирового объема ЭС, то с начала нулевых и до сих пор этот продукт и сырье для него закупаются исключительно за рубежом — в Европе, Китае, Индии. Это связано с тем, что в конце 90-х гг. крупные отечественные производства эпоксидных смол прекратили свое существовании и Россия практически ушла с этого рынка. В то время как за границей индустрия смол развивалась ускоренными темпами.

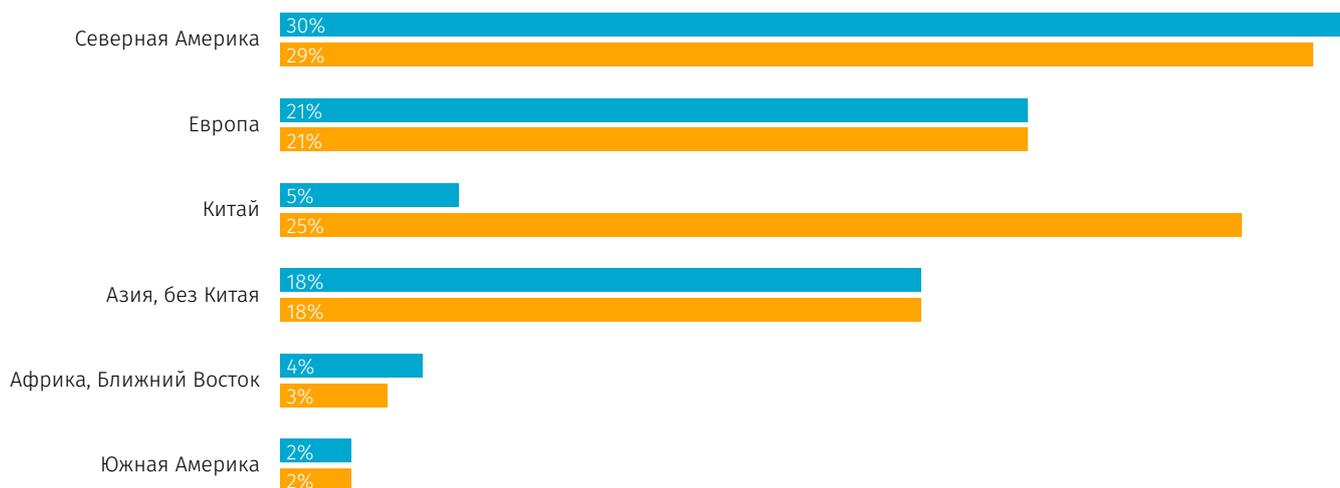
Сейчас в России существует несколько небольших производств эпоксидных смол. Объемы выпускаемой ими продукции очень малы. Глобальная реанимация производства эпоксидной смолы требует больших инвестиций. И возможна лишь в том случае, если государство возьмет курс на усиленную поддержку и развитие химической отрасли в целом [12].

В целях снижения зависимости России от неблагоприятного импорта в 2014 году в Министерстве промышленности и торговли Российской Федерации была сформирована программа импортозамещения, включающая в себя отраслевые планы по преодо-лению критической зависимости от импорта, в том числе был разработан и уже более двух лет реали-зуется план мероприятий по импортозамещению в химической промышленности, содержащий 136



Структура рынка ПКМ по типу армирующего компонента (а) и типу полимерной матрицы (б) [1]

Отрасль



Структура рынка ПКМ по странам в 2019 г. ■ и прогноз на 2024 г. ■ в стоимостном выражении [1]

импортозамещающих проектов, в том числе проектов по выпуску продукции, необходимой для производства композитных изделий (углеродные волокна, оксидные смолы).

Для решения задач, определенных в стратегиях развития российских интегрированных структур по созданию перспективных образцов сложных технических систем, и принимая во внимание тенденции развития материалов в мире, определены «Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года», одобренные решением Научно-технического совета Военно-промышленной комиссии при Правительстве Российской Федерации (решение от 2.12.2011 г. № НТС (ВПК)-27прс). Для ПКМ в качестве наиболее актуальных определены следующие направления [13]:

- «умные» конструкции;
- интеллектуальные, адаптивные материалы и покрытия;
- металлматричные и полиматричные композиционные материалы;
- полимерные композиционные материалы.

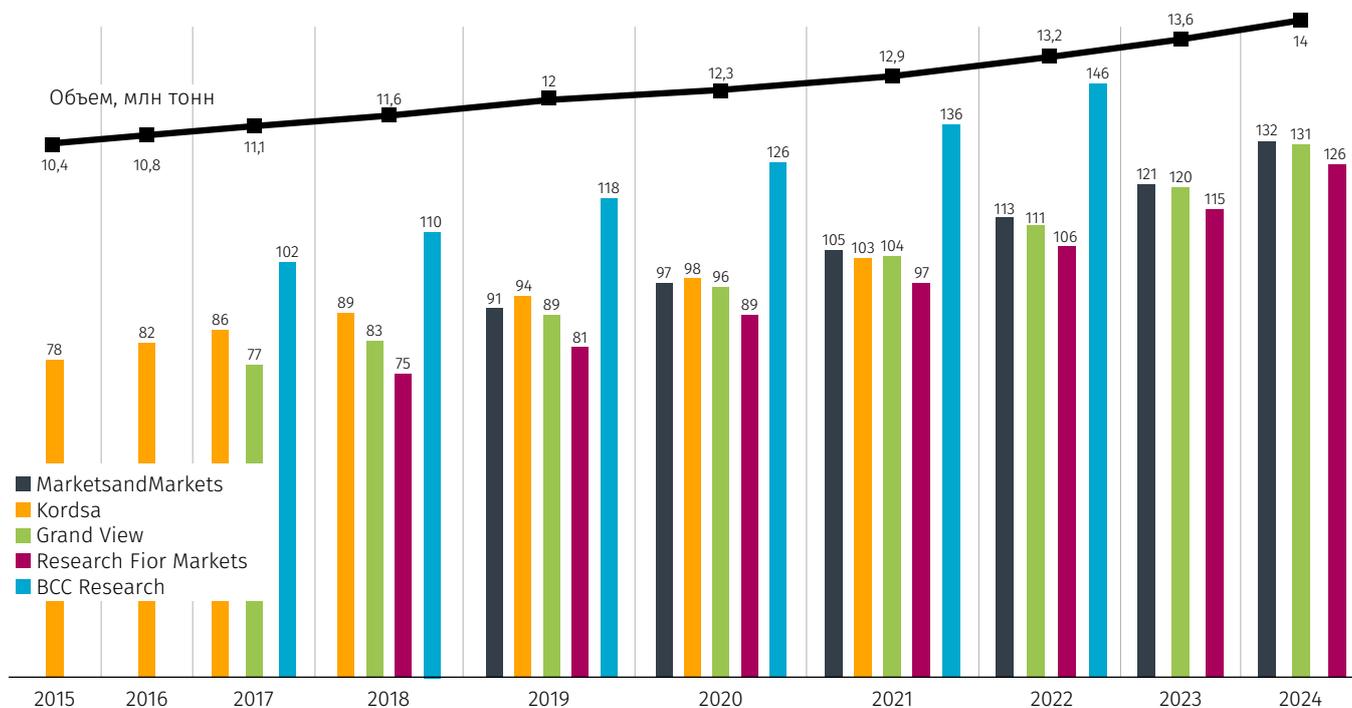
Для прикладных исследований основное внимание будет уделено следующим приоритетным комплексным проектам:

- разработка термостойких полимерных матриц для высоконагруженных композиционных материалов с повышенной стойкостью к ударным нагрузкам с рабочей температурой до 400°С;
- исследования биополимеров и полимеров на основе природных материалов для создания ПКМ по экологически безопасным технологиям, а также поиск путей их утилизации или вторичной переработки и разработка полимерных основ для материалов, обладающих функциями самозалечивания, механохромными свойствами; связующих на основе жидкокристаллических полимеров, полимерных матриц, модифицированных наночастицами;
- ПКМ с nD-армированием;
- разработка конструкционных углепластиков и стеклопластиков (на основе различных матриц, в том числе термопластичных, и текстурных форм

наполнителей, в том числе природного происхождения) с высоким сопротивлением статическим, повторно-статическим, динамическим нагрузкам; гомогенных органопластиков на основе анизотропных арамидных структур, получаемых путем направленной ориентации макромолекул в аморфной полимерной фазе;

- освоение новых технологических решений по механической обработке конструкций из ПКМ, основанных на подборе материалов и геометрической формы инструмента, разработке специальных смазочно-охлаждающих жидкостей и параметров обработки (скорости резания, глубины резания, скорости подачи и т. д.), при отказе от двухстадийной (черновая обработка–чистовая обработка) в пользу одностадийной технологии, а также исследование альтернативных (гидроабразивная и лазерная) технологий обработки;
- создание интеллектуальных ПКМ второго поколения на основе угле- и органопластиков с функцией беспроводного мониторинга напряженно-деформированного состояния и адаптацией к эксплуатационным воздействиям;
- разработка интеллектуальных ПКМ третьего поколения с изменяемой формой, адаптирующихся к внешним воздействиям благодаря введению актюаторных элементов, действие которых основано на различных физических принципах;
- прикладные исследования по изготовлению опытных образцов новых материалов, позволяющих копировать функции биологических объектов с помощью технических систем;
- разработка технологий прогнозирования свойств, моделирования и реализации современных процессов конструирования и производства изделий из композиционных и функциональных материалов нового поколения с использованием цифровых методов, совместимых с CAD/CAM/CAE и PLM системами;
- проведение исследований и испытаний материалов для их общей квалификационной оценки и подготовки нормативной базы, обеспечивающей освоение их серийного производства [14]. **КМ**

Отрасль



Оценка мирового рынка полимерных композиционных материалов, млрд \$ [1]

Список использованных источников

1. Дориомедов, М.С. Российский и мировой рынок полимерных композитов (обзор), / М.С. Дориомедов // Труды ВИАМ. – 2020. – № 6-7 (89). – С. 29-37;
2. Market Research Report // Fortune Business Insights [Электронный ресурс]. – 2020. -ноябрь. – 197 с. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/composites-market-102295> (дата обращения: 26.05.2021);
3. 3D Today // Один 3D-печатный катер и три рекорда Гиннеса [Электронный ресурс]. – 2019. – 13 октября. – URL: <https://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/odin-3d-pechatnyy-kater-i-tri-rekorda-ginnesa> (дата обращения: 26.05.2021);
4. Зеленский, Э.С. Армированные пластики. Современные конструкционные материалы / Э. С. Зеленский, А. М. Куперман, Ю. А. Горбаткина, В. Г. Иванова-Мумжиева, А. А. Берлин, // Российский химический журнал. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2001. – т. XLV. – № 2;
5. Umatex Росатом // Тренды и драйверы в композитах [Электронный ресурс]. – 2020. – 9 декабря. – URL: <https://umatex.com/news/trendy-i-drayvery-v-kompozitakh/> (дата обращения: 26.05.2021);
6. Kordsa the reinforcer // A Review of the Global Composites Market and Turkish Composites Market [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.reinforcer.com/en/category/detail/A-Review-of-the-Global-Composites-Market-and-Turkish-Composites-Market/61/350/0> (дата обращения: 27.05.2021);
7. Market Research Report // Fortune Business Insights [Электронный ресурс]. – 2020. -апрель. – 180 с. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/aerospace-composites-market-102680> (дата обращения: 26.05.2021);
8. Гавриленко, В.А. Композиты 21 века: возможности и реальность / В.А. Гавриленко // Neftegaz.RU. – 2019. – № 2. – С. 30-33;
9. Ассоциация «Технет» // Интервью с профессором и заведующим кафедрой химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, председателем совета директоров ГК УНИХИМТЕК, генеральным директором АО «Институт новых углеродных материалов и технологий» В.В. Авдеевым [Электронный ресурс]. – 2020. – 30 апреля. – URL: <https://technet-nti.ru/news/7325> (дата обращения 27.05.2021);
10. РБК // Композиты на марше [Электронный ресурс]. – 2018. – 26 февраля. – URL: <https://plus.rbc.ru/news/5a93649d7a8aa9696f569340> (дата обращения: 27.05.2021);
11. Информ Агенство Девон // Возможности и барьеры для композитной отрасли России [Электронный ресурс]. – 2021. – 25 января. – URL: https://iadevon.ru/news/chemistry/vozmozhnosti_i_bareri_dlya_kompozitnoy_otrasli_rossii-11095/ (дата обращения 27.05.2021);
12. Нефть капитал // Производство эпоксидной смолы в России: быть или не быть? [Электронный ресурс]. – 2020. – 7 декабря. – URL: <https://oilcapital.ru/comment/azamat-gareev/07-12-2020/proizvodstvo-epoksidnoy-smoly-v-rossii-byt-ili-ne-byt> (дата обращения: 28.05.2021);
13. Каблов, Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // Авиационные материалы и технологии. – 2015. – №1 (34). – С. 3–33;
14. Раскутин, А.Е. Стратегия развития полимерных композиционных материалов // Авиационные материалы и технологии. – 2017. – № 5. – С. 344–348.

Ольга Gladунова

По материалам сайтов:

ru.euronews.com

windeurope.org

www.cnbc.com

www.elec.ru

Утилизация лопастей турбин: ахиллесова пята ветроэнергетики



Одни называют ветряные турбины современным достижением экологически чистых технологий. Другие же считают их слишком шумными, чересчур громоздкими или опасными для биоразнообразия. Но одно можно сказать наверняка. Ветроэнергетика сталкивается с трудностями в Европе. Одна из насущных проблем — проблема с лопастями турбин, их трудно утилизировать.

Борьба с ветряными мельницами

Жители города Лунас на юге Франции требуют демонтировать несколько турбин ветряной электростанции Бернаг. Они годами борются за это, судебное разбирательство все еще продолжается.

«Мы не против ветряной энергетики. Мы против установки турбин в местах с богатым биоразнообразием. В регионе Окситания это 70% территории», — говорит Марион Вале, представитель «Коллектива 34-12» (Ассоциация по защите биоразнообразия и сохранения природных ландшафтов).

В ближайшее время в Европе будет демонтировано огромное количество ветряных турбин, но жалобы местного населения тут ни при чем.

Ветряные турбины первого поколения устаревают, и их необходимо заменить более современными и эффективными. Этот процесс, называемый обновлением мощности, начался разными темпами по всей Европе.

Так что же происходит с лопастями сегодня? Большинство из них используются повторно. Например, в странах с развивающимися экономиками. Но количество выведенных из эксплуатации лопастей через пять-десять лет будет настолько большим, что придется менять всю систему.

Сегодня те лопасти, которые не используются повторно или не сжигаются, в идеале для регенерации энергии, оказываются на свалке. Этот снимок был сделан в США и стал символом одной из темных сторон возобновляемых источников энергии во всем мире.

В окрестностях американского города Каспер есть полигон, на котором происходит утилизация лопастей от турбин ветрогенераторов. Причиной захоронения является несовершенство процессов утилизации, которые пока не позволяют полностью переработать лопасти. На территории «кладбища» хранится почти 900 лопастей. Официально их закапывают в землю, чтобы хранить до тех пор, пока не изобретут новые способы переработки, которые позволят утилизировать стекловолокно.

Да, к счастью, материалы, из которых сделана лопасть, безопасны и сами по себе не наносят вреда живым организмам, почве или воде. Но организация полигонов для захоронения неразлагающихся деталей становится настоящей проблемой — выводятся из эксплуатации ветряков всё больше, площади для утилизации всё меньше, а организация таких мест нарушает экологический баланс, превращая зелёные участки в пустыри.

К примеру, всего в трёх 50-метровых лопастях маломощного (по сегодняшним меркам) ветряка содержится около 20 тонн полимеров, армированных волокном (FRP). Как такое количество полимерных материалов использовать повторно или эффективно перерабатывать? Их ведь нельзя сжечь или вывезти на свалку, как обычный мусор. И если не придумать хоть сколько-то приемлемый способ вторичного использования, то к 2050-му году утилизации будут ждать уже 40 млн тонн композитов. Такие данные приводит исследовательский проект Re-Wind, ак-

тивно занимающийся поиском решения проблем переработки.

Уже четыре страны Европы запретили «кладбища турбин»

Летом 2021 года на ежегодном конгрессе Испанской ассоциации ветроэнергетики (АЕЕ) Джэйлс Диксон, генеральный директор WindEurope, и Хуан Вирхилио Маркес, генеральный директор АЕЕ, призвали Европейскую комиссию предложить общеевропейский запрет на захоронение выведенных из эксплуатации лопастей ветряных турбин. Запрет должен вступить в силу к 2025 году, а также распространиться на другие крупные композитные компоненты в гондолах современных ветряных турбин.

«Энергия ветра — это зеленая технология. Устойчивое развитие — это часть нашей ДНК. Вот почему мы постоянно стремимся к дальнейшему снижению нашего воздействия на окружающую среду. Запрет на вывоз лопастей ветряных турбин на свалку может ускорить разработку экологически безопасных технологий вторичной переработки. В Австрии, Финляндии, Германии и Нидерландах уже действует запрет на захоронение отходов. Но мы призываем Европейскую комиссию предложить согласованный европейский подход», — говорит Джэйлс Диксон, генеральный директор WindEurope.

Сегодня стандартный срок службы береговой ветряной электростанции составляет около 20-25 лет. 85-90% общей массы ветряной турбины уже можно утилизировать. Большинство компонентов, в том числе сталь, цемент, медная проволока, электроника и зубчатые передачи, прошли цикл переработки. Однако лопасти ветряных турбин сложнее утилизировать. Они содержат сложные композиционные материалы — комбинацию армированных волокон





(обычно стеклянных или углеродных волокон) и полимерной матрицы. Эти композиты повышают производительность ветряных турбин. Они позволяют использовать более легкие и длинные лопасти с оптимальной аэродинамикой. Но их конфигурация также создает проблемы для вторичной переработки.

Такие композиты используются не только в лопастях ветряных турбин. Они являются важными материалами в таких секторах, как авиация, автомобилестроение, морской транспорт, аэроавиатика, оборудование для отдыха и спорта, строительство и строительство.

Уже существуют технологии, доступные для переработки композитных материалов, но эти решения еще недостаточно зрелы, недоступны в промышленных масштабах и неконкурентоспособны по стоимости. Чтобы сделать эти технологии коммерчески жизнеспособными, потребуется поддержка со стороны политиков, других пользователей композитных материалов и предприятий по переработке вторичного сырья.

На наиболее развитых рынках ветроэнергетики в Европе срок эксплуатации первых турбин подходит к концу. WindEurope ожидает, что к 2025 году истечет срок службы около 25 000 тонн лопастей ежегодно. Больше всего списанных лопастей будет в Германии и Испании, за которыми следует Дания. К концу десятилетия Италия, Франция и Португалия также начнут в значительной степени выводить из эксплуатации лопасти, и годовой объем вывода из эксплуатации может удвоиться до 52 000 тонн к 2030 году.

Правительства и межотраслевые ассоциации могут сыграть решающую роль в вопросах утилизации и переработки лопастей ветряных турбин. Им следует увеличить финансирование исследований и разработок (НИОКР) по коммерциализации и расширению различных технологий утилизации композитных материалов.

В качестве следующего шага ветроэнергетическая отрасль планирует разработать дорожную карту, в которой будут подробно описаны шаги, необходимые для вторичного использования лопастей ветряных турбин. Необходимо тесно сотрудничать с химической промышленностью как поставщиком инновационных решений по переработке химических веществ, а также с другими отраслями промышленности, использующими композиты, где проблема вторичной переработки и утилизации композитов стоит также остро.

Лопастей много, а места мало, или как утилизировать ветрогенераторы

Лопастей ветрогенераторов электростанции Vindeby, закрывшейся в 2017 году, были использованы в качестве шумоподавительных барьеров на автомагистралях Дании. Стекловолокно, применяемое в строительстве ветряков, обладает лучшими шумозащитными характеристиками по сравнению с той же минеральной ватой ввиду своей высокой плотности.

Другая компания — The European Technology & Innovation Platform on Wind Energy — поделилась возможными перспективами превращения лопастей во вторсырьё. Для этого их режут на части и измельчают до волокон. Полученную структуру можно включать в производство досок из полимеров, поддонов для складских помещений, отделочных материалов для наружного применения. Также в Европе научились применять композитные материалы в строительстве — часть цементного сырья заменяется стекловолокном, а композитными материалами при производстве бетона. Оставшиеся органические включения сжигают как топливо вместо угля, снижая выбросы углекислого газа в атмосферу.

Подразделение компании General Electric, которое занимается возобновляемыми источниками энергии, и производитель цемента Holcim заключили сделку по переработке лопастей ветряных турбин. В заявлении компании сказано, что они изучают «новые способы утилизации лопастей, в том числе в качестве строительного материала для строительства новых ветряных электростанций».

В декабре прошлого года GE Renewable Energy и Veolia North America подписали «многолетнее соглашение» об утилизации лопастей, снятых с береговых ветряных турбин в Соединенных Штатах. GE Renewable Energy сообщила, что лопасти будут измельчены на заводе VNA в Миссури, прежде чем «использоваться в качестве замены угля, песка и глины на предприятиях по производству цемента в США».

«Добавляя лопасти ветряных турбин, которые в основном сделаны из стекловолокна, чтобы заменить сырье для производства цемента, мы сокращаем количество угля, песка и минералов, необходимых для производства цемента», — сказал Боб Каппадона, главный операционный директор VNA.

Каппадона далее заявил, что в конечном итоге это приведет к «более экологичному цементу». Он добавил, что в прошлом году были завершены испытания с использованием лопаток GE, а этой осенью было обработано более 100 лопаток турбин.

Ссылаясь на анализ, проведенный Quantis US, компания GE Renewable Energy сообщила, что переработка лопастей позволит сократить выбросы CO₂ при производстве цемента на 27%. Что касается потребления воды, то чистое снижение составит 13%.

Ветряные мельницы вместе с тюльпанами и велосипедами стали главными символами Нидерландов. Дизайнеры из роттердамского бюро 2012Architecten придумали, как использовать лопасти ветрогене-

раторов заново. Детская площадка в спальном районе Роттердама была в запустении и нуждалась в ремонте. Ею занялся фонд Kinderparadijs Meidoorn, который и привлёк 2012Architecten к сотрудничеству. Дизайнеры взяли пять лопастей от ветряных мельниц, нарезали их и соорудили лабиринт с игровым полем посередине. По периметру установили башни из тех же нарезанных турбин. У каждой башни своя функция: дети могут играть на пожарной вышке, в кабине самолёта, на водонапорной станции или просто кататься с горки. Между башнями натянута сетка, которая одновременно служит скалодромом и защитой окон соседей от футбольных мячей. Площадка покрашена экологически чистыми красками на растительной основе и абсолютно безопасна для детей.

Сделать ветряные лопасти 100% перерабатываемыми

Сегодня ученые работают над альтернативными технологиями переработки композитных лопастей, такими как: механическая рециркуляция, сольволиз и пиролиз, фрагментация высоковольтным импульсом и другие методы. Успешные исследования в этих направлениях дадут возможность создавать безотходные ветровые турбины.

Например, испанская компания-стартап Reciclalia Composite для своих исследований и опытов использует лопасти из Франции, Португалии и Северной Африки. Они уверяют, что в скором времени смогут перерабатывать 1500 лопастей ежегодно.

«Мы можем удалить все органические материалы, входящие в состав этих композитов, чтобы получить чистое стекловолокно и, что более важно, углеродное волокно, чтобы использовать их снова. Где?





Мы работаем с новаторскими компаниями в самых разных секторах, таких как керамика, строительство, транспорт, включая автомобили и авионавтику», — Давид Ромеро, исполнительный директор Reciclaia.

«Как крупнейший в мире поставщик для ветроэнергетики, Vestas несет ответственность за ликвидацию отходов по всей своей цепочке создания стоимости», — отметил и.о. операционного директора Vestas Томми Рахбек Нильсен. «Ветроэнергетика продолжит быстро расти, поэтому у нас больше нет времени для консервативного подхода».

Компания отмечает, что на сегодняшний день

ветротурбины Vestas пригодны для вторичной переработки в среднем на 85%, однако лопасти состоят из (пока) непригодных для переработки композитных материалов.

Vestas проанализирует все аспекты жизненного цикла ветрогенераторов с целью повышения степени переработки лопастей и гондол. Степень переработки лопастей будет увеличена с нынешних 44% до 55% к 2030 году. Компания запустит несколько инициатив, направленных на повышение эффективности обращения с лопастями после их вывода из эксплуатации. Они будут охватывать новые технологии переработки, которые являются оптимальными для композитных отходов. В частности, речь идёт о переработке стекловолокна и восстановлении связующего.

В июне 2021 года крупнейший в мире разработчик оффшорных ветряных электростанций Orsted заявила, что будет «повторно использовать, перерабатывать или восстанавливать» все лопатки турбин своих ветряных электростанций после их вывода из эксплуатации.

В компании отметили, что они «несут четкую ответственность за помощь в поиске решений проблемы утилизации лопастей» и заявили, что будут «временно хранить» списанные лопасти, если поиск решения по их переработке займет «больше времени, чем предполагалось».

Еще в апреле 2021 было объявлено, что сотрудничество между научными кругами и промышленностью будет сосредоточено на переработке композитов из стекловолокна, шаг, который в итоге может помочь сократить количество отходов, производимых лопастями ветряных турбин. Университет Стратклайда, расположенный в Глазго, Шотландия, сообщил, что подписал меморандум о сотрудничестве с Aker Offshore Wind и Aker Horizons.





Среди прочего трио будет работать вместе над расширением масштабов и коммерциализацией процесса, разработанного в лаборатории, который сосредоточен на переработке стеклопластиковых полимерных композитов, используемых в лопастях ветряных турбин.

По заявлению университета, они сфокусировались на «термическом восстановлении и последующей обработке стекловолокна» из лома стеклопластиковых полимерных композитов. И планируют достичь конечного результата - «стекловолоконно почти чистого качества». Идея состоит в том, что, используя этот подход, композитные отходы могут быть повторно использованы.

«Это проблема не только для ветроэнергетики, но и для других отраслей, где используются стекловолоконные композиты», — заявил Лю Ян, глава группы Advanced Composites в Университете Стратклайда.

«Сохранение и повторное использование армирующих волокон имеет важное значение по мере того, как мы движемся к экономике замкнутого цикла», — добавил он.

В начале сентября 2021 компания Siemens Gamesa Renewable Energy заявила, что смогла разработать первые в мире перерабатываемые лопасти для ветрогенераторов RecyclableBlade. Пробную партию из шести 81-метровых лопастей уже произвели на заводе в Дании. Это важный прорыв в сфере зелёной энергетики, так как до недавнего времени лопасти были единственной частью ветровых турбин, которую нельзя было переработать.

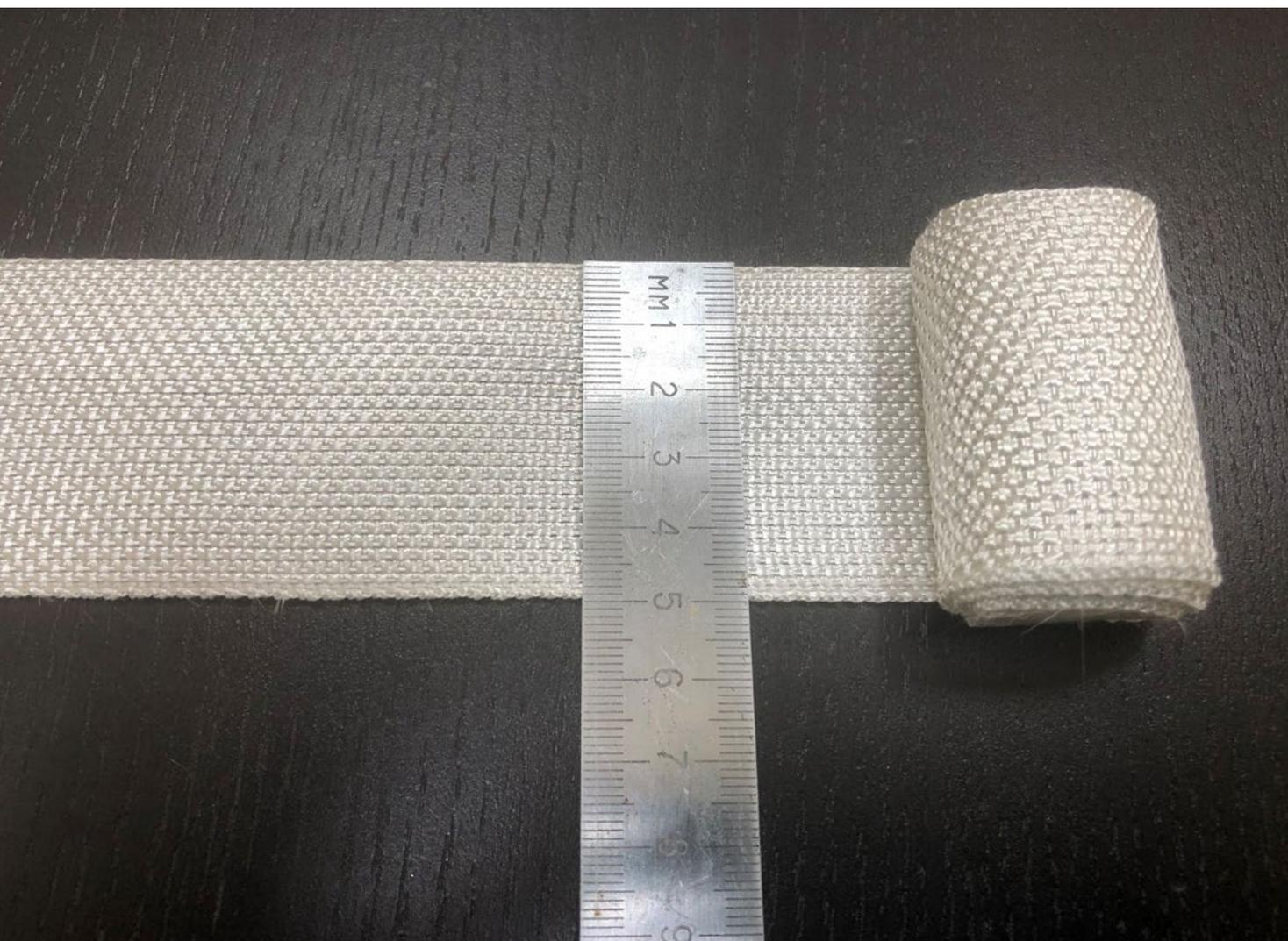
Технология производства, разработанная Siemens Gamesa, отличается от стандартной. Для создания лопасти связующую смолу растворяют с помощью слабодокислых растворов, а потом пропитывают ею стеклоткань, полимеры, деревянные и металлические

части конструкции, превращая их в единое целое. Деталь, получившаяся в результате, устойчива к воздействиям окружающей среды и может много лет работать на прибрежных и морских ветряных турбинах.

В процессе утилизации же лопасть погружается в специальный раствор и распадается на первичные материалы, за исключением смолы, которая растворяется. Полученные при переработке материалы можно снова использовать в производстве изделий, что обеспечивает устойчивое производство, как сейчас принято говорить, и позволяет экономить ресурсы.

В Siemens Gamesa отчитались о заключении трёх контрактов на поставку экологичных лопастей. Их установят на ветрогенераторах электростанции Kaskasi в Германии, а также на прибрежные генераторы немецкой WPD и французской EDF Renewables. **КМ**





Краевой дренажный стекломатериал для автоклавного формования при повышенных температурах

ООО «Композит-Изделия»
cp-vm.ru

Сотрудники компании ООО «Композит-Изделия» по запросу потребителей разработали новый отечественный импортозамещающий продукт для производства полимерных композитных материалов авиационного назначения методами вакуумного и автоклавного формования.

Компания уже получила заказ на данный новый

материал, который прошел успешную апробацию у клиента.

По итогу проведения опробования нового материала было получено положительное заключение и запрос на поставку первых партий для производства изделий на основе ПКМ.

В очередной раз демонстрируя клиентоориентиро-

Таблица 1. Основные характеристики краевого стеклянного дренажного материала КСД 19/50

Наименование показателя	Значение
Линейная плотность, г/м	19 ±2
Поверхностная плотность, г/м ²	380 ±20
Толщина, мм	0,28 ±0,05
Ширина, мм	50 ±5
Тип переплетения	сатин
Максимальная рабочая температура, °С	260
Срок хранения	36 месяцев

ванность и стремление к выполнению поставленной цели, сотрудники компании ООО «Композит-Изделия» смогли в кратчайшие сроки решить технологическую проблему заказчика и расширить применение отечественных материалов в композитной отрасли.

Краевой стеклянный дренажный материал КСД 19 изготовлен на основе высокотемпературного стеклянного волокна для использования в процессах автоклавного формования при температурах до 260°С. Благодаря сатиновому переплетению, данный материал обладает превосходной драпируемостью, что позволяет с легкостью укладывать его на криволинейных поверхностях без заломов и складок. Правильно подобранный сорт стеклянного волокна обеспечивает повышенную теплостойкость и газопроницаемость

при повышенных температурах и давлении. Материал используется в качестве технологического слоя, обеспечивающего равномерное и полное удаление воздуха, создание заданного уровня вакуума в технологическом пакете, а также отвод выделяющихся летучих веществ и впитывание излишков связующего. Более подробные характеристики представлены в таблице 1. Стандартная ширина материала КСД 19/50 составляет 50 мм, длина в рулоне — 50 пог. м. По согласованию с потребителем возможно производство материала с другими типоразмерами.

Дополнительную информацию о расходных материалах для формования изделий можно получить на сайте cp-vm.ru или у технических специалистов ООО «Композит-Изделия». **КМ**



**КОМПОЗИТ
ИЗДЕЛИЯ**

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВАКУУМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Отечественный производитель и поставщик вспомогательных материалов.

Компания осуществляет производство и комплексные поставки всей номенклатуры вспомогательных вакуумных материалов для производства изделий из ПКМ.

В настоящий момент более 70% выпускаемой нами продукции локализовано и производится на территории Российской Федерации.

Материалы выпускаются по отечественным ТУ, имеют паспорта, сертификаты соответствия, протоколы испытаний в ведущих отраслевых лабораториях и положительные заключения крупнейших предприятий аэрокосмической отрасли.

Мы предлагаем клиентам:

- Полную техническую поддержку;
- Необходимые материалы для изготовления изделий из ПКМ;
- Вакуумное оборудование и инструменты;
- Обучение в тренинг-центре по работе с ПКМ.



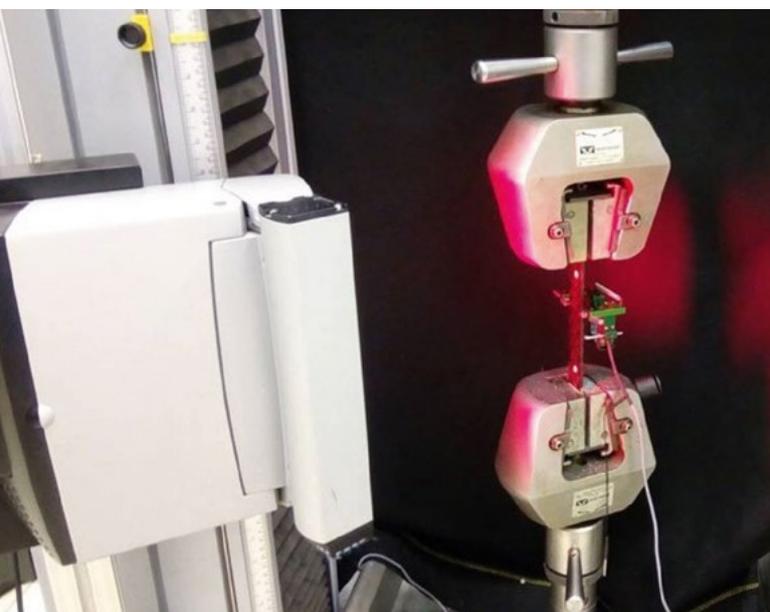
Участник программы по
Импортозамещению
при поддержке МинПромТорга

Наталья Теплова

ведущий специалист пресс-службы
ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический университет»



Разработка ученых Пермского Политеха улучшит 3D-ткани для армирования композитов авиационного назначения



Образец композита при испытании на растяжение

Сегодня в авиастроении часто используют полимерные композиционные материалы, но они склонны к расслоению. Для устранения данного недостатка их армирование всё чаще осуществляется с помощью специальных 3D-тканей. Сотрудники Пермского национального исследовательского политехнического университета (Пермского Политеха) впервые провели комплексные испытания таких композитов на прочность. По словам ученых, изучение процессов деформирования и разрушения позволит сделать современные самолеты более долговечными и надежными.

Результаты своей работы они опубликовали в журнале IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 953 (2020) 012095 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/953/1/0120).

Исследование проведено при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований. Его инициатором выступило одно из промышленных

предприятий Пермского края, которое уже внедрило результаты в производство.

«Традиционные полимерные композиты в ряде случаев не всегда могут обеспечить необходимую прочность: материал может со временем расслаиваться. Чтобы избежать этого недостатка, используют 3D-ткани — материалы с пространственно-армированными наполнителями. Но при этом могут изменяться другие важные свойства таких «сложных» композитов. Поэтому мы провели комплексный анализ механических характеристик 3D-тканей, чтобы выявить их «слабые места». Это позволит в будущем сделать самолеты более прочными и долговечными», — рассказывает научный сотрудник Центра экспериментальной механики, кандидат физико-математических наук Елена Струнгарь.

По словам исследователя, многослойные углеродные ткани объемного плетения используют в качестве армирующего материала углепластиков. Они работают в сложных и жестких условиях — при воздействии высокоскоростных аэродинамических потоков, вибрации и высоких температур. Например, эти материалы применяют в производстве «черного крыла» самолета МС-21. В перспективе ближайших 3–5 лет их будут использовать и в конструкциях фюзеляжей и двигателей современных самолетов, считает Елена Струнгарь.

Ученые впервые провели всестороннее исследование механических характеристик композитов на основе 3D-углеполотен и эпоксидных связующих. С помощью современного оборудования Центра экспериментальной механики Пермского Политеха они изучили процессы деформирования и разрушения материалов различных схем армирования.

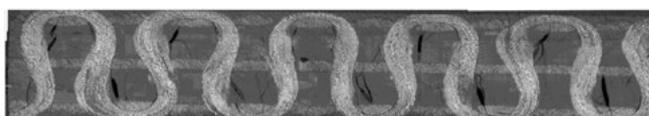
В ходе эксперимента ученые испытывали 3D-ткани с разными типами переплетения: изучали способность материала выдерживать разрывы, скручивания, сжатия и удары. После каждого эксперимента ученые анализировали данные, полученные на лабораторных установках, записи видеосистемы и искали под стереомикроскопом повреждения. В результате исследователи получили карты «слабых мест» 3D-тканей — областей, на которых скапливалось больше всего дефектов после внешних воздействий. **КМ**



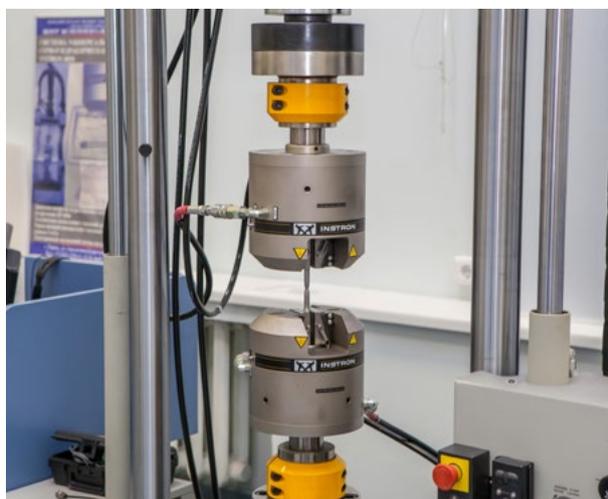
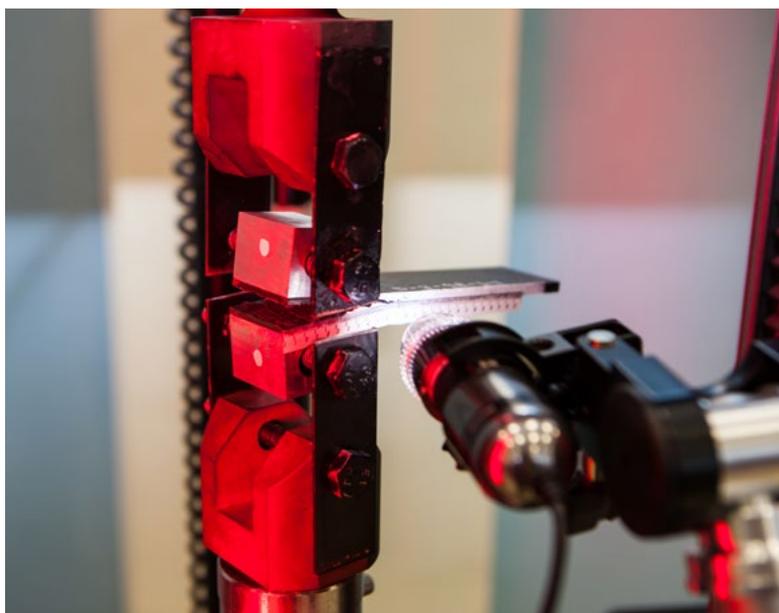
Поверхность 3D-тканей



Продольный шлиф структуры



Поперечный шлиф структуры



Оборудование центра экспериментальной механики Пермского Политеха

Технология: Новые композитные материалы

umatex.com

Досье предприятия

Дивизион Росатома UMATEX занимает первое место в России и входит в десятку мировых лидеров по производству углеродного волокна. Объединяет научно-исследовательский центр и производственные предприятия, а также оказывает инжиниринговую поддержку. Компания производит углеволокно, углеродные ткани и препреги — композиционные материалы-полуфабрикаты, которые изготавливаются путем пропитки углеродного волокна или тканей на его основе термореактивным связующим. Продукция UMATEX применяется в авиастроении, автомобилестроении, энергетике, аэрокосмической отрасли, строительстве, дизайне и медицине. За 2020 год компания произвела 650 тонн углеродного волокна и более 270 тыс. м² тканей на основе углеродного волокна.



UMATEX
РОСАТОМ

Производственная цепочка компании UMATEX состоит из нескольких этапов: сырье — углеродное волокно — полуфабрикаты на его основе — готовые продукты. Чтобы сделать, например, деталь обвеса мотоцикла, необходимо создать оснастку — форму, в которой будет в несколько слоев выкладываться материал из ткани. Бывает, что слои препрега наклеивают друг на друга, далее детали выпекаются в специальных формах.

Восемь производственных предприятий Umatex расположены в шести регионах России. В Татарстане и Саратовской области производится углеродное волокно. В Москве, Калужской и Московской области производятся ткань и препреги. В Челябинске производятся углекомпозиты.

Искусство легкости и прочности

Путешествовать по Тихому океану на легкой лодке с солнечными батареями? Нет ничего невозможного, считают специалисты компании UMATEX. Здесь создают легкие и в то же время очень прочные материалы, которые можно использовать везде — и в авиастроении, и в строительстве, и в спорте.

Конкуренция металлу

Композит — это материал, который состоит из двух компонентов. В случае с полимерными композитами речь идет об армирующем компоненте (углеродное, стеклянное, базальтовое, арамидное волокно) и полимерном связующем. Взаимодействие этих двух компонентов дает твердый, прочный и легкий материал. Он превосходит по прочности сталь в 3 раза и весит в пять раз легче. Это очень долговечный материал, который востребован в разных отраслях промышленности. Он работает на растяжение и, соответственно, на улучшение аэродинамики, что очень важно для крыла самолета, мотоцикла, гоночного автомобиля.

Новая модель российского узкофюзеляжного самолета МС-21-300, представленного на МАКС-2021, на 30% состоит из композитов. Эти материалы применяются в создании крыла, элементов механизации и хвостового оперения.

Консоль крыла самолёта, изготовленная из материалов UMATEX, в мае была доставлена на Иркутский авиационный завод — филиал ПАО «Корпорация «Иркут». Консоль, длиной 17,5 м, будет установлена на самолёт МС-21-300, предназначенный для поставки первому заказчику. Ранее этот самолёт был установлен центроплан, также изготовленный из материалов UMATEX. Композитное крыло, разработанное по уникальной технологии вакуумной инфузии, обеспечивает топливную эффективность МС-21-300 на 4–6% больше, чем у Boeing-737 или Airbus A-320, а также обладает высокими прочностными и аэродинамическими характеристиками.



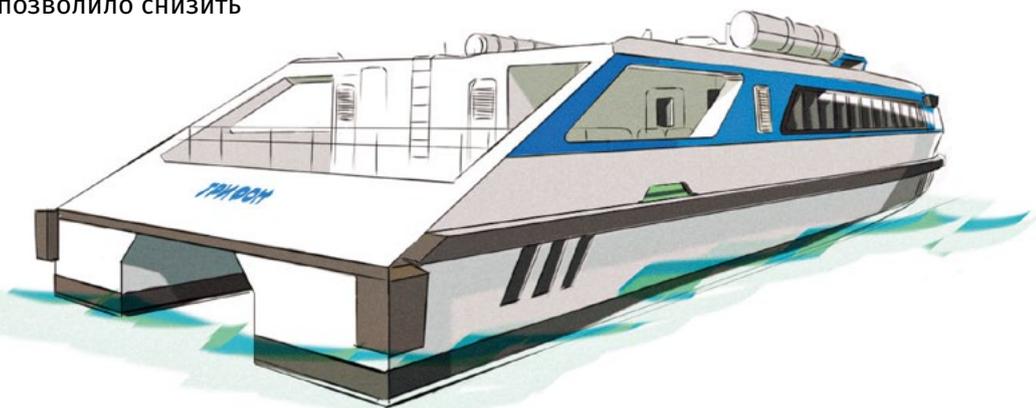
Углеродное волокно можно получать средней и высокой прочности, с разными характеристиками, которые требуются в тех или иных отраслях промышленности. Очень много инноваций происходит в доработке связующих материалов, чтобы получился препрег, который необходим под конкретную задачу.

Дмитрий Коган
Заместитель генерального директора Umatex

Уникальные проекты

Композитные материалы компании UMATEX применяются и в судостроении. Например, корпус петербургского скоростного катамарана «Грифон» целиком сделан из материалов UMATEX, произведенных в Москве. Благодаря применению композитных материалов катамаран приобрел улучшенную маневренность. Кроме этого, уменьшение веса судна позволило снизить потребление топлива.

Продукцию компании успешно применяют в создании судов нового поколения итальянские судостроители — компании Azimut, San Lorenzo и производители прогулочных катамаранов на Дальнем Востоке — компания PACIFICO YACHTS.



Где используются композитные материалы?



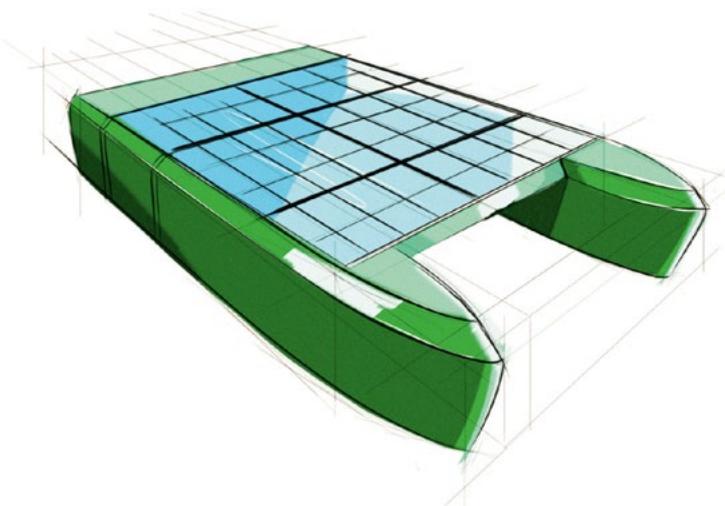
Строительство: для усиления несущих конструкций вокруг здания создают «рубашку»: практически как обои наклеивают углеродные ленты



Энергетика: из композитных материалов делаются провода, водородные и газовые баллоны

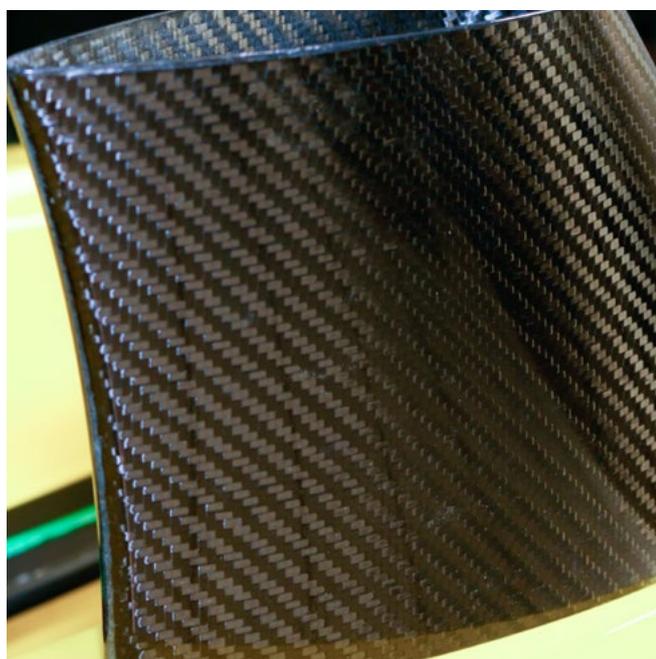


Спорт: клюшки из композитных материалов более легкие, гибкие и упругие, что обеспечивает резкость, силу и точность бросков



Еще один проект, которым гордится компания UMATEX, — это катамаран, который придумал Федор Конюхов. Судно понадобится ему для путешествия через Тихий океан. На поверхности катамарана будут установлены солнечные батареи. Путешественник хочет доказать, что судно может двигаться не только за счет традиционных видов топлива, но и за счет энергии солнца, причем это возможно благодаря легкости корпуса.

Применение смол Crestarol и структурных адгезивов Crestabond при производстве морских беспилотных аппаратов



Компания SWL Robotics Inc из Майами (штат Флорида) в 2010 году запустила стартап по изготовлению морских дронов. План включал разработку системы водных дронов, обеспечивающей наблюдение и сбор данных со всех водных сред. Основатели компании имеют более чем двадцатилетний опыт работы в сфере промышленности беспилотных аппаратов и более сорока лет опыта работы в морской индустрии.

Дрон позволяет снимать видео в 360°, запись осуществляется с пяти камер. Дрон обладает способностью поворачиваться на 360° на месте, что позволяет работать в труднодоступных местах, таких как каналы, пруды или аквариумы на рыболовных фермах. Дно дрона полностью плоское и не наносит вреда водной флоре и фауне.

При создании используется уретанакрилатная смола Crestarol 1260PA с внешним углепластиковым слоем и стеклокомпозитным основанием.

Адгезив Crestabond M7-15 для крепления легко-весных углепластиковых деталей к алюминиевому основанию, для создания водонепроницаемого,

легкого и конструктивно прочного плавучего дрона, способного выдержать давление для погружения в озеро, реки и моря.

Crestarol 1260PA была выбрана поскольку отлично пропитывает углеродное волокно для снижения веса, что позволяет SWL интегрировать передовую электронику в более легкие корпуса без нарушения структурной целостности. Был использован метод вакуумной инфузии.

SWL Robotics Inc использует алюминиевые детали, напечатанные на 3D-принтере, позволяющие снизить вес конструкции, так как к аппарату есть определенные требования по весу для маневренности на воде. Поэтому конструкция должна обладать высокой прочностью соединений между деталями из алюминия и углеродного волокна. Для этих целей был выбран Crestabond M7-15, который сработал настолько эффективно, что у SWL Robotics Inc есть уверенность в дальнейшем снижении веса своих дронов за счёт отказа от остальных болтовых креплений.

«Компания Scott Bader является не только лучшей на рынке композитов по качеству продукции, но и по сервису работы с такими клиентами, как мы. Они оказывают консультационную помощь по новейшим технологиям на всех этапах работы. Такое ощущение, что они являются частью моей команды» (Энрике Ф. Энрикес, Президент SWL Robotics Inc). **КМ**



Киоски на территории Африки, изготовленные с использованием смол Crystic и матричной системы Crestamould

DB Max из Кейптауна — ведущий производитель киосков из стеклопластиков в Южной Африке. За пятьдесят лет развития компания прошла путь от скромного цеха до крупного предприятия, работающего на заводе площадью 4000 квадратных метров с подразделениями в Восточном Лондоне и Кейптауне.

Используемые продукты Scott Bader:

- Матричная система Crestamould® для производства высокопроизводительных форм.
- Смолы и гелькоуты Crystic® для изготовления панелей киосков.

DB Max производит самое быстрорастущее микроэкономическое «решение для бизнеса из коробки» на африканском континенте в виде стеклопластиковых киосков, работающих на солнечной энергии.

Киоски являются ответом на бум финансовых платежных систем по всей Африке. Они предлагают точку распространения и доступа к ранее недоступным рыночным площадям в сельской местности. Через цифровые платежные платформы, работающие на солнечных батареях, киоски помогают компаниям найти новых потребителей.

Сотрудничая с финансово-техническими стартапами, банками, операторами мобильных сетей и местными органами власти, стеклокомпозитные киоски создают рабочие места и открывают возможности



для предпринимателей. Цель — изменить к лучшему повседневную жизнь людей, которые теперь могут начать свой бизнес или получить работу в одном из предприятий микрокиосков.

«Продукция Scott Bader зарекомендовала себя в суровом африканском климате... Южноафриканская команда Scott Bader очень компетентна и работает в тесном сотрудничестве с нами для решения технических проблем, которые могут у нас возникнуть. Качество Scott Bader неизменно, и с их продуктами приятно работать» (Гэри Далбок, владелец DB Max).

Компания ХимСнаб Композит — официальный дистрибьютор компании Scott Bader приглашает записаться на онлайн-консультацию с технологами компании Scott Bader. Повторим мировой опыт композитов в России. Записаться на консультацию вы можете по номерам телефонов, указанных на нашем сайте igc-market.ru **КМ**



Применение

Коган Дмитрий, к.т.н, заместитель генерального директора
АО «ЮМАТЕКС»

Голиков Егор, начальник лаборатории ПКМ АО «Препрег-СКМ»

Кузнецов Олег, генеральный директор
ООО «НПП «Завод полимерно-композитных конструкций»

Коган Илья, заместитель генерального директора по композитному производству
ООО «НПП «Завод полимерно-композитных конструкций»

Тимохин Виктор, заместитель главного конструктора по прочности
ООО «НПП «Завод полимерно-композитных конструкций»



Использование перспективных ПКМ для создания авиационных конструкций

В последние годы область применения ПКМ, армированных стекло- и углеволокном для решения технических и промышленных задач расширяется по мере получения положительных результатов длительной и успешной эксплуатации таких материалов.

Наиболее широко применяемый способ формирования конструкций из ПКМ с армированными волокнами предусматривает использование промежуточного листового материала — препрега, в котором армирующие ткани или волокна пропитаны неотвержденным термореактивным связующим. Осуществляется укладка необходимого количества слоев препрега (сборка пакета), а затем происходит нагрев при повышенном давлении (с использованием прямого прессования, вакуумного или автоклавного формования) с целью отверждения связующего и формирования изделия из ПКМ.

В настоящее время одной из мировых тенденций при разработке перспективных авиационных конструкций является замена традиционно используемых металлических сплавов на композиционные материалы. Это позволяет добиться значительного снижения веса изделий, улучшения их эксплуатационных характеристик и повышения длительности эксплуатации.

Одним из возможных решений этой важной технической задачи является применение современных композиционных материалов на основе углеродных наполнителей и модифицированных эпоксидных связующих [1]. Существующие традиционные конструкторские решения создания деталей из ПКМ и технологии, реализующие эти решения, имеют ряд недостатков. Так, зачастую детали из ПКМ создаются просто путём замены металлического материала на композиционный без изменения подходов к проектированию конструкций. Это тупиковый путь, так как интегральные конструкции и конструкции с использованием сотового наполнителя состоят из большого количества отдельных деталей, в последствии собираемых в окончательную конструкцию с помощью склеивания. Данный подход характерен высокой трудоёмкостью и большим количеством необходимой технологической оснастки, что удорожает конечную продукцию. Кроме того, большинство применяемых

в настоящее время связующих для ПКМ требуют высокой температуры (170-180°С) полимеризации. Это приводит к увеличению энергозатрат, применению высокотемпературных вспомогательных технологических материалов и соответствующей оснастки.

Обычно создание новой детали происходит в следующей последовательности: проектирование конструкции, выбор материала, отработка технологии. Данная работа является попыткой создания новой детали, используя принцип неразрывности «материал — технология — конструкция», при применении которого все элементы такого «треугольника» оказывают взаимное влияние друг на друга и учитываются с начальных этапов проектирования. То есть при проектировании конструкции сразу же определяется, какая технология изготовления должна быть реализована в серийном производстве, подбирается материал, способный реализовать свои свойства в данной конструкции при использовании выбранной технологии и тому подобное.

В рамках работ в интересах российской авиационной отрасли специалистами ООО «НПП «Завод полимерно-композитных конструкций» (ООО «НПП «ЗПК») и АО «Препрег-СКМ» (UMATEX, Росатом) был реализован принцип «материал-технология-конструкция» при решении задач по замене металлических деталей самолётов на композиционные. Так, одному из авиационных КБ была поставлена задача по снижению веса изготавливаемой конструкции триммера руля направления перспективного самолёта. Существующий триммер представляет собой клёпаную алюминиевую конструкцию. Снижение веса (без ухудшения эксплуатационных характеристик триммера) предполагалось получить путем использования новых конструктивных решений и применения ПКМ на основе углеродного волокна.

Для решения данной задачи использован углепластик на основе отечественного препрега фирмы АО «Препрег-СКМ» марки АСМ102-С130UD: толщина монослоя 0,13 ± 0,02; армирующий наполнитель: углеродная нить УМТ 49S-12К-ЕР (АО «Алабуга-Волокно») [2]. Физико-механические характеристики ПКМ, полученные на основе препрега АСМ102-С130UD, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Физико-механические характеристики образцов ПКМ, полученные на основе углепрепрега марки АСМ102-С130UD (автоклавная технология (давление 5 бар), исследования свойств при температуре 23 ± 2°С)

Наименование показателя	Фактические свойства
Предел прочности при сжатии 0° σ_{11} , МПа	1150
Модуль упругости при сжатии 0° E_{11} , ГПа	126
Предел прочности при растяжении 0° σ_{11} , МПа	2350
Модуль упругости при растяжении 0° E_{11} , ГПа	155
Предельное удлинение при растяжении 0° ϵ , %	1,4
Предел прочности при растяжении 90° σ_{22} , МПа	65
Модуль упругости при растяжении 90° E_{22} , ГПа	8,5
Предел прочности при сдвиге τ_{12} 5%/макс., МПа	85/142
Модуль упругости при сдвиге G_{12} , ГПа	4,5
Предел прочности при сдвиге τ_{13} , МПа	90



Для получения препрега АСМ102-С130UD используется одноупаковочное безрастворное эпоксидное связующее марки АСМ102, которое способно формировать в процессе отверждения теплостойкую полимерную матрицу ($T_g \geq 150^\circ\text{C}$), характеризующуюся высокими физико-механическими характеристиками (прочностью при растяжении при температуре 25°C не менее 80 МПа, относительным удлинением при разрыве 3% и модулем упругости 3,4 ГПа). Связующее имеет оптимальные показатели вязкости, которые обеспечивают возможность удаления воздуха из сборки пакета, а при повышении температуры обеспечивает монолитизацию формируемого материала.

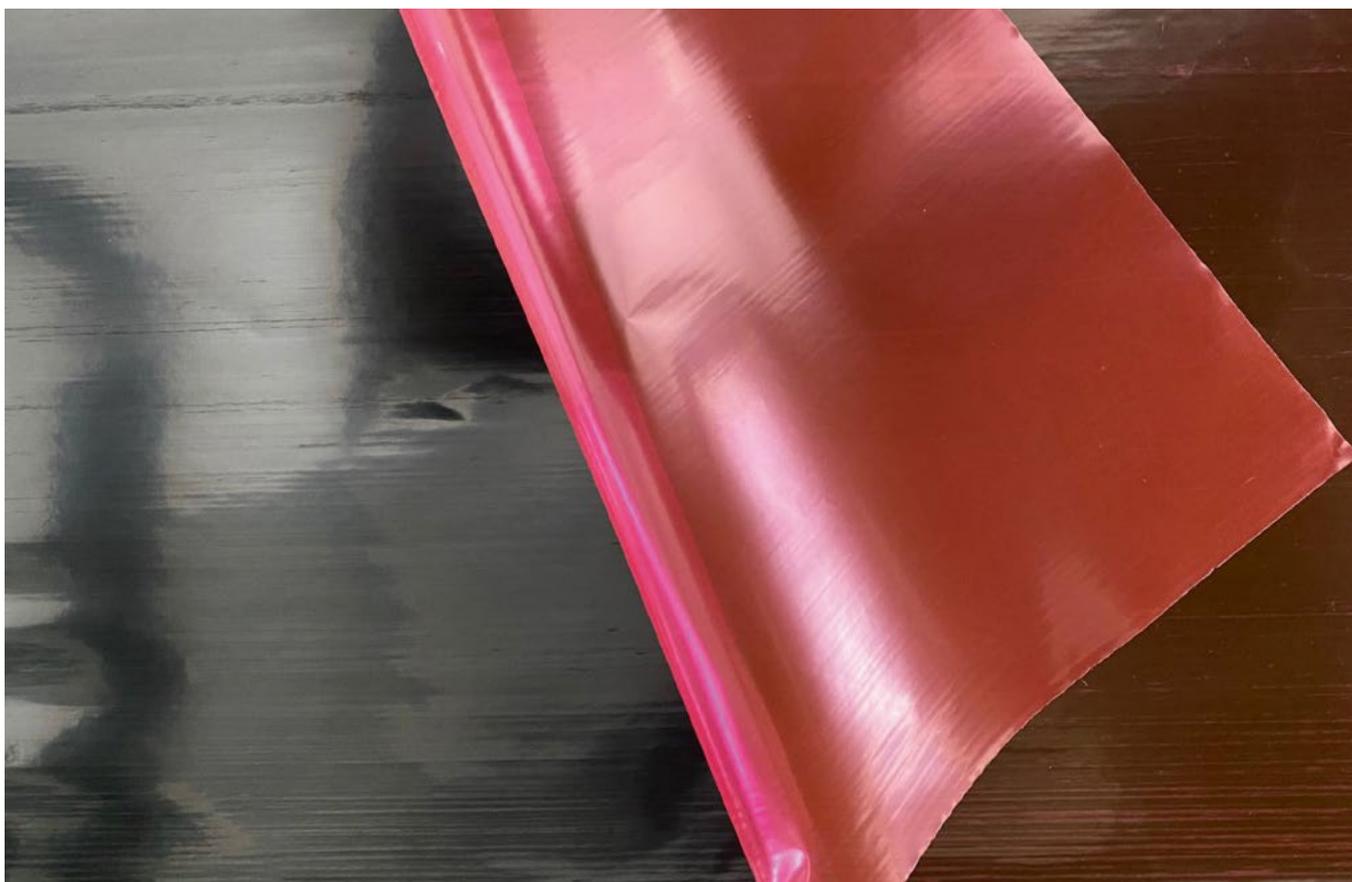
Использование в составе эпоксидного связующего марки АСМ102 комплексной отверждающей системы обеспечивает активное формообразование полимерной матрицы при температурах $130\text{--}150^\circ\text{C}$ и способствует невысокой скорости взаимодействия функциональных групп при комнатной температуре. Что в итоге позволяет получить высокую степень сохранения технологических характеристик (вязкость и липкость) эпоксидного связующего и его повышенную жизнеспособность в препреге. Созданные препреги на основе безрастворного эпоксидного связующего марки АСМ102 и армирующих волоконистых наполнителей характеризуются длительным сроком хранения (до 45 суток) при температуре 23°C и не менее 12 месяцев при температуре -18°C , не содержат летучих компонентов, характеризуются хорошей драпируемостью и оптимальной липкостью при применении и могут быстро отверждаться без угрозы саморазогрева реакционной смеси. Препреги с такими характери-

стиками являются перспективными материалами для создания композиционных материалов конструкционного назначения с энергоэффективными режимами отверждения, в том числе возможностью формования по низкочувствительным безавтоклавным ресурсосберегающим технологиям [3].

ООО «НПП «Завод полимерно-композитных конструкций» отработывались технологии получения двух разновидностей конструкций триммера руля направления из композиционных материалов по препреговой технологии. При разработке конструкции и технологии ставились задачи минимизировать количество отдельных деталей и технологических переходов.

В первом варианте формирования конструкции триммера (Вариант 1) из композитных материалов использована силовая схема, близкая к схеме монокока — в конструкции триммера нет стрингеров и нервюр. Оболочка триммера изготовлена из препрега, а весь объем триммера заполнен высокопрочным конструкционным пенопластом, который выполняет функцию силовых элементов. Воздушные нагрузки, приходящие на оболочку конструкции, сразу передаются на пенопласт, а с него — на лонжерон. При перетекании возникающей нагрузки на лонжерон образуются крутящие усилия, которые воспринимаются жестким треугольником «верхняя оболочка-лонжерон-нижняя оболочка». По этой причине оболочка конструкции работает только «на кручение». Конструкционный пенопласт препятствует деформациям оболочки и обеспечивает ее высокую несущую способность.

Второй вариант конструкции триммера руля на-



правления (Вариант 2) выполнен практически по традиционной схеме. В схему второго варианта конструкции триммера входят: носок, лонжерон, обшивка и нервюры. В отличие от существующей конструкции, в предлагаемой конструкции триммера из композиционных материалов стрингеры отсутствуют.

Носок триммера внешне представляет собой криволинейную поверхность, разрезанную узлами навески и приводом. В силу «разрезанности» носок практически не является силовым элементом, представляет собой часть аэродинамического контура.

При поиске наиболее рациональной силовой схемы за таковую принята схема полумонокока, где внешнее воздействие воспринимается как силовой оболочкой, так и силовым набором, в данном случае — нервюрами и лонжероном. Воздушная нагрузка воспринимается оболочкой, передает ее на лонжерон (через изгиб оболочки) и на нервюры. С лонжерона нагрузка уходит на узлы навески. Пришедшую с оболочки нагрузку нервюры также передают на лонжерон. Для увеличения запаса устойчивости нервюры имеют специально разработанную форму.

При перетекании нагрузки с оболочки на лонже-

рон формируются потоки крутящих усилий, воспринимаемые обшивкой и лонжероном, образующих замкнутый силовой треугольник.

Все воспринимаемые внешние нагрузки уходят на узлы навески. Кронштейны этих узлов закрепляются на лонжероне таким образом, чтобы болты крепления работали только на растяжение. Это позволило отказаться от использования прецизионных болтов.

В соответствии с принятой силовой схемой конструкции триммера и с учетом особенностей работы каждого силового элемента были назначены схемы укладки углепрепрега и количество слоев для обеспечения необходимой прочности и устойчивости.

Весовые характеристики существующего и двух разработанных вариантов конструкции триммера представлены в таблице 2.

Оба варианта конструкции триммера руля направления после изготовления подверглись статическим стендовым испытаниям у заказчика. В результате испытаний было установлено, что вариант 1 конструкции с пенопластовым наполнителем разрушился при нагрузке, составляющей 180% от заданной расчетной нагрузки. Вариант 2 разрушился при нагрузке, равной

Таблица 2. Характеристики различных конструкций триммера руля направления

Вариант конструкции	Вес, кг	Квота весового превосходства, %	Величина разрушающей нагрузки от заданной расчетной, %
Традиционный (на основе алюминиевых сплавов)	3,8	—	—
Вариант 1 (ПКМ)	2,7	29	180
Вариант 2 (ПКМ)	2,2	42	471

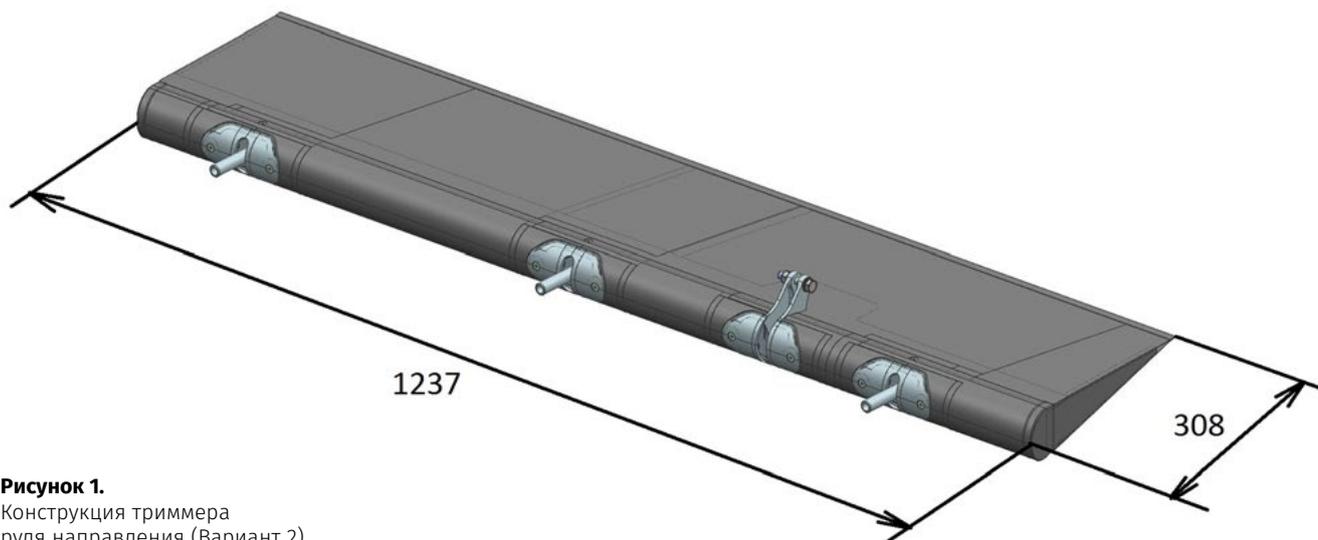


Рисунок 1.
Конструкция триммера руля направления (Вариант 2).

471% от заданной расчетной нагрузки. Анализ структуры созданных изделий показал, что полученный высокий запас прочности не может быть незначительно уменьшен путем дальнейшего облегчения конструкции. Принятые толщины сформированного полимерного композиционного материала являются конструктивно минимальными, и даже удаление всего одного слоя из любого элемента переводит конструкцию в неработоспособное состояние.

По результатам испытаний установлено (таблица 2), что минимальным весом обладает конструкция триммера руля направления, изготовленная по варианту 2. Этот вариант оказался и самым прочным. Внешний вид триммера, изготовленного по варианту 2 представлен на рис. 1

Высокий запас прочности триммера руля направления, изготовленного по варианту 2 при минимальном весе, получен благодаря оригинальной конструкции изделия и применению углепластиков с высокими удельными прочностными характеристиками на основе отечественного препрега фирмы АО «Препрег-СКМ».

Применённый подход специалистов ООО «НПП «ЗПК» и АО «Препрег-СКМ» позволил минимизировать количество элементов детали, сократить количество технологических переходов до трех (без учёта крепежа), а количество оснастки до двух единиц. Также за счёт применения нового материала удалось при сохранении максимальной рабочей температуры до 80–120°С снизить температуру формования изделия с 170–180°С до 130–140°С, что в том числе привело к сокращению цикла изготовления детали более чем на 25%. Данный подход, по нашему мнению, является оригинальным и ранее не применялся при создании авиационных конструкций.

Также данная работа выявила потенциал для дальнейшего снижения массы авиационных конструкций. Для этого в ближайшее время АО «Препрег-СКМ» будут проводиться работы по созданию материалов со сниженной толщиной монослоя. **КМ**

Список литературы

1. Официальный сайт компании «Innovative Composite Engineering», URL: www.innovativecomposite.com/industries, дата обращения 11.01.2021 г.
2. Брошюра по техническим характеристикам препрегов «Carbon fiber fabrics prepreg», UMATEX, Rosatom State Corporation, umatex.com/, дата обращения 11.01.2021 г.
3. Д. И. Коган, Л. В. Чурсова, Н. Н. Панина, Т. А. Гребенева, Е. И. Голиков, И. А. Шарова, Ю. А. Баторова. «Перспективный полимерный композиционный материал для конструкционных изделий с энергоэффективным режимом формования по ресурсосберегающим технологиям», Пластические массы, №3-4, 2020, с. 52-54.





Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

Институт прикладной химии и экологии Кафедра наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов (НВКМ) имени А. И. Меоса

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

Направление «Химическая технология»

Бакалавры: профиль подготовки «Наноинженерия, композиты и биоматериалы»

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

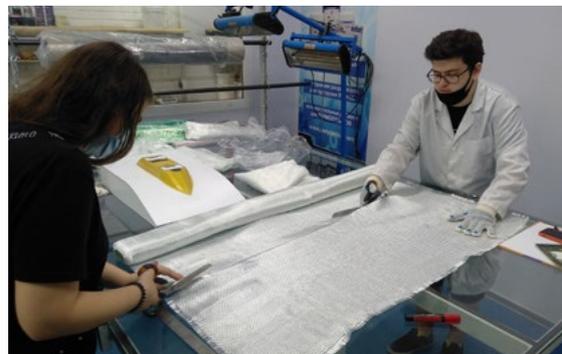
Студенты кафедры изучают:

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

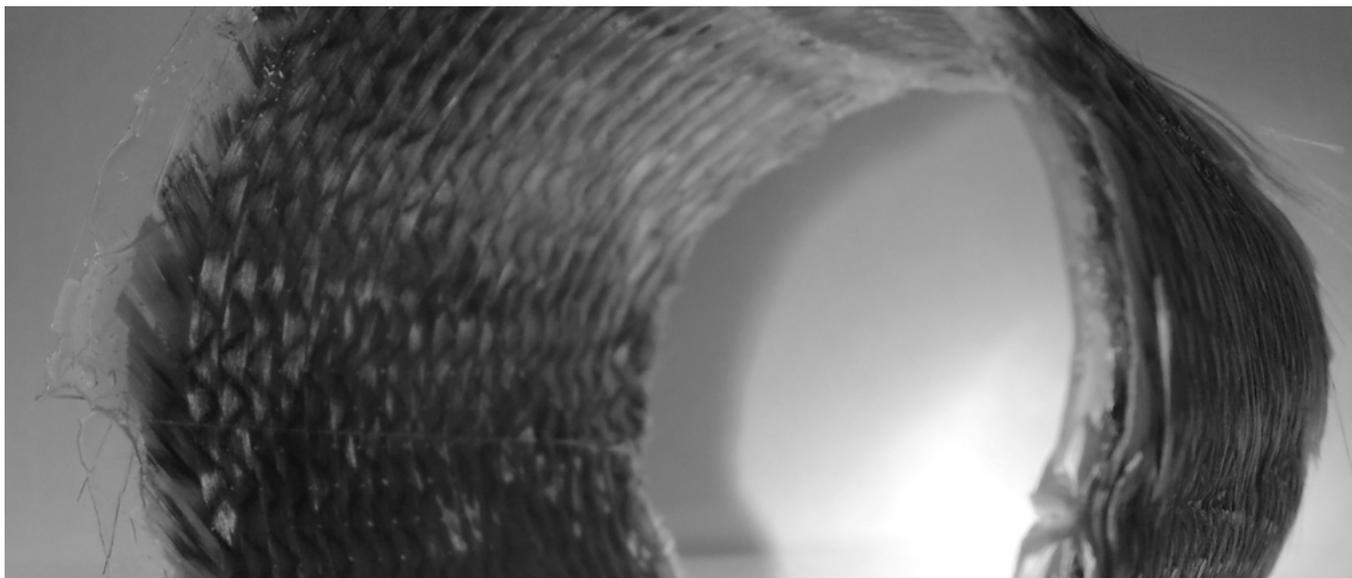
На кафедре НВКМ осуществляется также подготовка в аспирантуре кадров высшей квалификации по направлению «Химическая технология», профиль подготовки: «Технология и переработка полимеров и композитов»

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

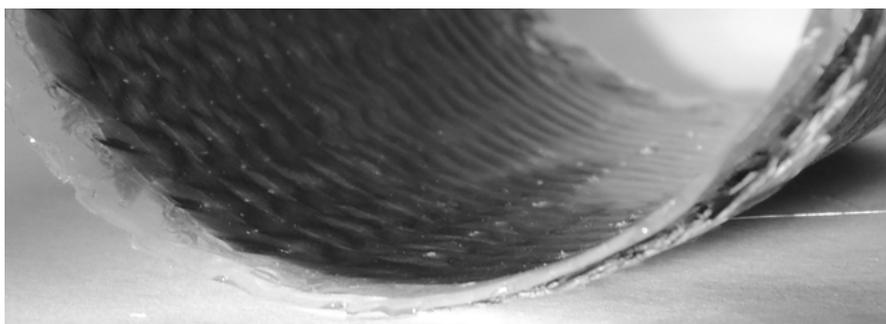
191186, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 18, ауд. 212
тел./факс: +7 (812) 315-06-92
тел.: +7 (812) 315-02-56
e-mail: thvikm@yandex.ru



Ширшова Е. П., Лукичева Н. С.,
к.т.н. Петрова Д. А., к.т.н. Асташкина О. В.
СПГУПТД



Трехслойные фторопласт- стекловолоконные композиты



Работа выполнена на кафедре Наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А. И. Меоса Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна под руководством профессора, д.т.н. Лысенко А. А.

Многослойные материалы в целом и их разновидности имеют потрясающее разнообразие форм, свойств и областей применения [1, 2]. Среди многослойных материалов можно выделить пакетные материалы¹, которые не являются композитами (КМ), слоистые материалы и материалы с покрытиями, которые, на наш взгляд, являются особыми, не типичными формами КМ, так как в них трудно выделить (определить), где наполнитель, а где матрица², а также типичные

композиты, в которых абсолютно четко определяются как наполнитель, так и матрица³.

Нами разработаны 3-слойные композиты, которые могут являться основой для получения более сложных многокомпонентных (n-слойных) материалов multifunctional назначения.

В разработанных 3-слойных КМ в качестве наполнителей выступали стекловолоконные материалы: мультиаксиальные ткани и нетканые полотна, а в

¹ — Например, пакеты для защитной одежды, собранные из тканей (трикотажа) различной природы.

² — Например, триплексы, слоистые пластики, металлы с покрытиями, так называемые щеточные КМ, сэндвичевые и ячеистые материалы.

³ — Многослойные КМ на основе бумаг и тканей: гетинаксы и текстолиты.

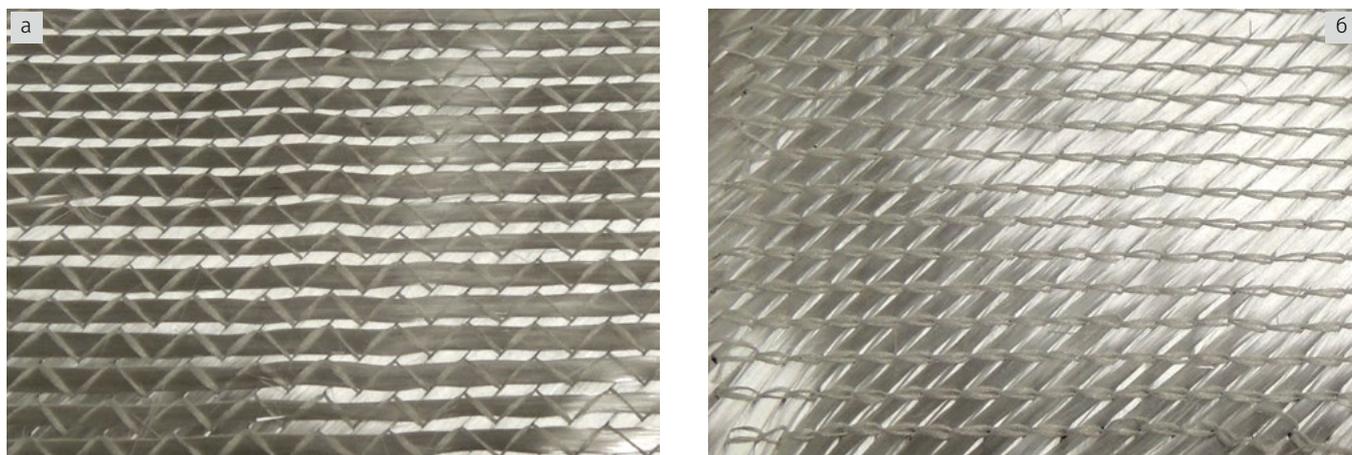


Рисунок 1. Вид мультиаксиального стеклонаполнителя с лицевой (а) и изнаночной (б) сторон

Таблица 1. Физико-химические показатели свойств фторопластов Ф-2М и Ф-4МБ [3,4] и материалов на их основе

Марка фторопласта	Ф-2М	Ф-4МБ
Структура полимера	$[-CH_2-CF_2-]_n$	$[[-CF(CF_3)-CF_2-]_m [-CF_2-CF_2-]_n]_x$
Прочность на разрыв, МПа	40–45	17–35
Растворители	ДМФА, ДМСО	ДМФА, ДМСО
Метод получения пленки	Отливка	Модификация поверхности
Хемостойкость пленок	Не устойчив к: конц. HNO_3 , $NaOH$, конц. H_2SO_4	Устойчив к: конц. H_2SO_4 , конц. HNO_3 , $NaOH$, CCl_4 , C_5H_{12}
Изменение размеров пленок при термообработке	Продольное удлинение на 6–8 % (20 мин при $100^\circ C$); Поперечная усадка 2–3 %	Продольная усадка на 10–11 % (20 мин при $250^\circ C$); Поперечное удлинение на 2–4 %

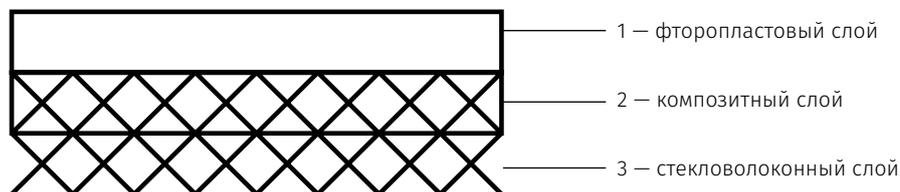


Рисунок 2. Структура фторопласт-стекловолоконного КМ

- фторопластовый слой 1 — является защитно-хемостойким и огнестойким;
- композитный, фторопласт-стекловолоконный слой 2 — является носителем пористого стекловолокнистого слоя 3;
- стекловолоконный слой 3 — служит исходным для формирования других композитных слоев, например, на основе фенольной, эпоксидной смол или иных видов связующих (матриц)

качестве связующих — фторопласты Ф-2М и Ф-4МБ, а также их модифицированные формы. Структура одного из видов наполнителей показана на рисунке 1.

Основные характеристики фторполимеров, использованных в качестве матриц и пленочных материалов на их основе, представлены в таблице 1.

Идея разработки 3-слойных, бикомпонентных КМ состоит в том, чтобы создать материал со структурой, показанной на рисунке 2.

С целью формирования композитных фторполимер-стекловолоконных слоев были опробованы несколько методов получения, среди которых поверхностная пропитка стеклянных полотен, гель-технология и другие, однако, наиболее эффективным способом объединения матрицы и наполнителя оказалось термическое (диффузионное) склеивание при прессовании [5, 6].

Этот метод позволяет не только получать листовые КМ заданных размеров, сваривать отдельные листы

в единый мат, но и создавать детали и изделия цилиндрической формы.

На рисунке 3 приведены фотографии 3-слойных стеклокомпозитов на основе фторопластов Ф-2М (а) и Ф-4МБ (б — г).

Через прозрачные слои фторопластов отчетливо видна структура мультиаксиального полотна. По фотографии г (рисунок 3) можно судить о прочности сваривания (адгезионной связи) стекловолокнистого материала и фторопластового покрытия.

Фотография 3-слойного образца цилиндрической формы представлена на рисунке 4.

Выводы

1. Показана возможность создания 3-слойных композитов на основе фторопластов Ф-2М и Ф-4МБ и армирующих стекломатериалов.

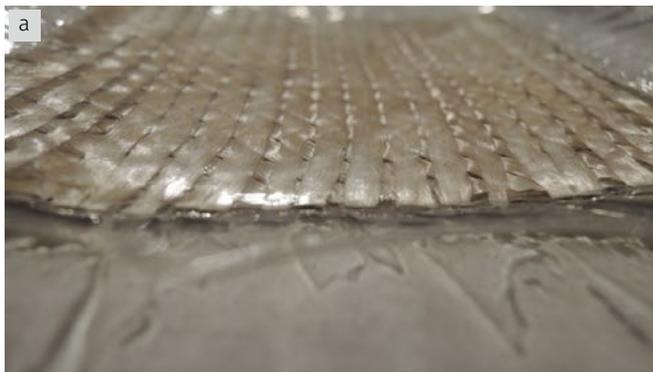


Рисунок 3. Внешний вид 3-слойных композитов: а — на основе Ф-2М (со стороны фторопластового покрытия); б, в — на основе Ф-4МБ при различных условиях сварки; г — на основе Ф-4МБ при испытании на раздир

2. С использованием метода диффузионной сварки получены плоские и цилиндрические изделия из стеклокомпозитов на основе фторопластов. **КМ**

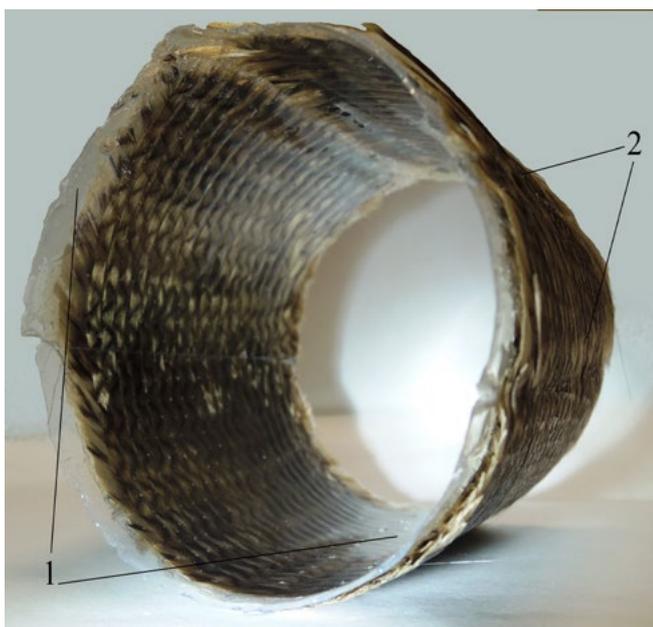


Рисунок 4. Отпрессованный цилиндр из композита: стеклоткань-фторопласт. 1 — внутренний (покровно-защитный) слой; 2 — внешний стекловолоконный слой

Список использованных источников

1. Лысенко А. А. Многослойные материалы. Классификация, свойства, области применения / А. А. Лысенко, О. В. Асташкина, А. Ю. Кузнецов // Сборник трудов VII Всероссийской научной конференции (с международным участием) и IV всероссийской школы молодых ученых «Физикохимия полимеров и процессов их переработки», 16-20 сентября 2019 г. — Иваново: Ивановский издательский дом, 2019. — С. 16–17.
2. Лысенко А. А. Что такое композит? / А. А. Лысенко // Композитный мир. — 2006. — № 2 (5). — С. 32–33.
3. Белый В. А. Полимерные покрытия. — Минск: Наука и техника, 1976. — 415 с.
4. Клинов И. Я. Коррозия химической аппаратуры и коррозионностойкие материалы. — М. Машиностроение, 1967. — 468 с.
5. Пророкова Н. П. Уникальный материал — бумага / Н. П. Пророкова, Е. П. Ширшова, О. В. Асташкина // Композитный мир. — 2020. — № 5 (92). — С. 52–56.
6. Michael J. Troughton Handbook of plastics joining: A practical guide / Michael J. Troughton. — NY (USA): Norwich, 2008. — 600 p.



КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Четырнадцатая международная специализированная выставка

29 - 31 марта 2022

Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр», павильон 1



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



выставка
участник
системы



независимый
выставочный
аудит

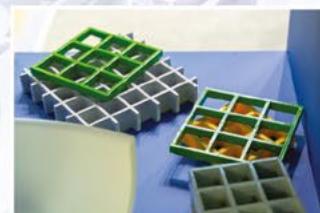
Параллельно проводится выставка:



ПОЛИУРЕТАНЭКС

Тринадцатая международная специализированная выставка
www.polyurethaneks.ru

Специальный
раздел:
**КЛЕИ И
ГЕРМЕТИКИ**



Информационная поддержка:



Дирекция:

Выставочная Компания «Мир-Экспо»
115230, Россия, Москва, Хлебозаводский проезд,
дом 7, строение 10, офис 507 | Тел.: 8 495 988-1620
E-mail: info@composite-expo.ru | Сайт: www.composite-expo.ru

Организаторы:

YouTube [youtube.com/user/compoexporussia](https://www.youtube.com/user/compoexporussia) [@compoexporus](https://twitter.com/compoexporus) [@compo](https://www.telegram.com/@compo)



Анонс «композиционных» мероприятий октябрь – декабрь 2021

24-я международная выставка ХИМИЯ – 2021

Место проведения:
ЦВК «Экспоцентр», Москва

www.chemistry-expo.ru

26–29 октября

Петербургский Композитный форум

Место проведения Форума:
Конгрессно-выставочный
центр «Экспофорум»

www.cclspb.ru

12 ноября

Международная конференция «Композитные материалы и конструкции»

Место проведения: ONLINE
через платформу ZOOM

composite.mai.ru

16 ноября

IX Форум Композиты без границ

Место проведения: в смешанном формате
оффлайн и онлайн

compositesforum.ru

17 ноября

V Всероссийская научно- техническая конференция «Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения»

Место проведения: 1-ая территория ВИАМ,
Москва, ул. Радио, 17

conf.viam.ru

19 ноября

Международный форум «Ключевые тренды в композитах НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ»

Место проведения:
ОНЛАЙН | VR | ОФЛАЙН

forum.emtc.ru

2–3 декабря



2–3
ДЕКАБРЯ
2021 ГОДА

ADVANCES
IN COMPOSITE SCIENCE
AND TECHNOLOGY

КЛЮЧЕВЫЕ ТРЕНДЫ В КОМПОЗИТАХ: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

ОНЛАЙН | VR | ОФЛАЙН

ЦИФРОВОЕ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Материалы для производства КОМПОЗИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ:

Смолы и отвердители

- Полиэфирные и винилэфирные смолы
- Эпоксидные смолы
- Гелькоуты
- Трудногорючие решения
- Наполнители и пигменты
- Отвердители

Армирующие материалы

- Ровинги
- Стекломаты и вуали
- Стеклоткани
- Углеткани
- Мультиаксиальные ткани
- Препреги

Оборудование для RTM и инфузии

Разделительные составы

- Грунты для форм
- Очистители для форм
- Полупостоянные разделители

Материалы для производства оснастки

- Смолы и гелькоуты
- Скинкоуты
- Модельные пасты
- Закладные элементы и расходники

Адгезивы и клеи

- Полиэфирные пасты
- MMA клеи
- Крепёжные элементы



COMPOSITES & POLYURETHANES
BANG & BON SOMER



BANG & BON SOMER
DELIVERING SMART MATERIAL TECHNOLOGIES

ООО Банг и Бонсомер, Москва

Отдел композиционных материалов

Телефон: +7 (495) 258 40 40 доб. 116

e-mail: rus-composites@bangbonsomer.com