

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Композитные материалы на основе углеродного волокна



2024
Инженеры
будущего



ЮМАТЕКС
РОСАТОМ



История развития

5000 лет
до нашей эры



Первые композиционные материалы:
саманный кирпич — материал из глины и соломы, который использовался в Египте и Месопотамии для строительства зданий.

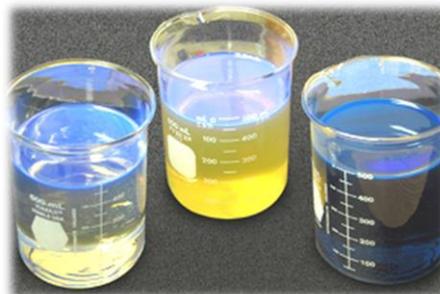
XIX век



Томас Эдисон одним из первых получил **углеволокно**.

Впервые организовано **производство стеклянного волокна**.

XX век



Стартовала **эра пластиков**: разработали полиэфирные смолы, винил, фенол.

Адаптация композитов в различные отрасли: автомобилестроение, самолетостроение, космическая отрасль.

XXI век



Масштабное внедрение композитных материалов в изделия в различных отраслях промышленности: судостроительной, авиационной, ракетно-космической, строительстве и др.

Развитие **химической отрасли, материаловедения, оптимизация проектных решений при конструировании и проектировании изделий** являются ключевыми двигателями роста использования и внедрения композитных материалов в различных отраслях промышленности.

История создания углеродного волокна

ОТКРЫТИЕ И НАЧАЛО РАЗРАБОТОК (1950-1960-Е ГОДЫ):

Углеродные волокна были открыты в 1958 году в Японии, где начались первые научные исследования по созданию новых углеродных материалов.

В это время в Японии и США начались попытки создания углеродных волокон из полиакрилонитрильного (PAN) волокна.

ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ (1960-1970-Е ГОДЫ):

В 1963 году компания DuPont начала выпуск углеродных волокон на основе PAN.

В 1970-е годы углеродные волокна стали широко применяться в авиационной, космической и военной промышленности благодаря своим уникальным свойствам.

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ (1980-1990-Е ГОДЫ):

В 1980-1990-е годы произошел значительный прогресс в технологиях производства углеродных волокон, что привело к снижению стоимости и повышению качества материала.

Углеродные волокна стали использоваться в различных отраслях, включая авиацию, аэрокосмическую промышленность, производство автомобилей, спортивные товары и медицинское оборудование.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ (2000-Е ГОДЫ И ПОЗДНЕЕ):

В настоящее время углеродные волокна продолжают развиваться и находить новые применения в инновационных технологиях.

Исследования и разработки направлены на улучшение характеристик углеродных волокон, создание новых комбинированных материалов и расширение областей их применения.

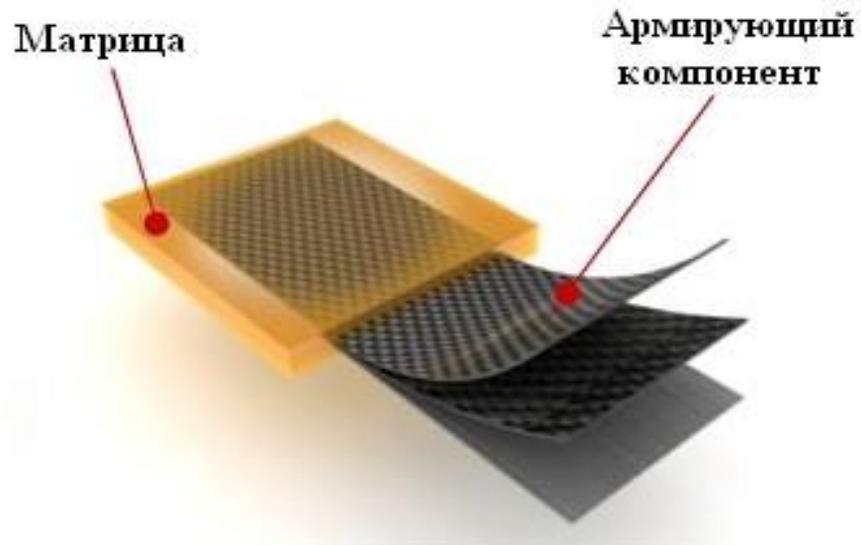


Введение в композитный мир. Основные понятия.

Композитные материалы — неоднородные сплошные материалы, состоящие из двух компонентов: армирующего компонента и матрицы, обеспечивающей совместную работу армирующих компонентов.

Армирующий компонент (углеродные волокна) определяет механические характеристики материала: прочность, жесткость и деформируемость.

Матрица (связующее) обеспечивает монолитность материала, передачу напряжения в армирующем материале и стойкость к различным внешним воздействиям.



Сравнение КМ с «классическими» материалами

Достоинства:

- Высокая удельная прочность
- Коррозионная стойкость
- Устойчивость к усталостному износу
- Программируемость свойств изделия

Недостатки:

- Анизотропия свойств
- Стоимость производства
- Техническая сложность производства готовых изделий





Виды композитных материалов

Полимерные композитные материалы

Полимерные композитные материалы включают в себя стеклопластики и композиты на основе полиэфирных смол, нашедшие широкое применение в авиации, автомобилестроении и судостроении благодаря своей легкости и прочности.

Металлические композитные материалы

Металлические композитные материалы, например композиты на основе алюминия и титана, нашли применение в авиа- и ракетостроении благодаря сочетанию прочностных характеристик и малой плотности.

Керамические композитные материалы

Керамические композитные материалы, такие как асбестоцемент, используются в строительстве для изготовления кровельных и облицовочных материалов, обладая повышенной прочностью и устойчивостью к воздействию влаги.

Углеродные композитные материалы

Углеродные композитные материалы, такие как углепластик, благодаря своей высокой прочности и легкости активно используются в производстве конструкций для спортивных самолетов и автомобилей класса «формула».



Достоинства и недостатки КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Прочность и легкость материалов

Углеродное волокно и стекловолокно обладают высокой прочностью при низкой плотности, благодаря чему композиты на их основе имеют минимальный вес при максимальной жесткости.

Устойчивость к внешним воздействиям

Композиты из углеродного и стекольного волокон устойчивы к коррозии, воздействию высоких температур и механическим повреждениям, так как волокна не поддаются разрушению при внешних воздействиях.

Стоимость и долговечность изделий

Благодаря долговечности и стоимости сырья для производства, изделия из углепластиков и стеклопластиков имеют невысокую стоимость в изготовлении и эксплуатации на протяжении всего срока службы.



Инженеры
будущего

ПАН-волокно

ПАН-волокно - это синтетический материал, который производится из полиакрилонитрила (ПАН).

Существует два основных метода производства пан волокна:

- **Мокрый метод**

При мокром методе ПАН растворяется в определенном растворителе. Раствор ПАН продавливается через фильеры, и волокно формируется в потоке раствора. Затем волокно вытягивается и сушится.

- **Сухой метод**

При сухом методе ПАН ekstrудировается в виде гранул. Гранулы ПАН нагреваются до температуры плавления и продавливаются через фильеры. Волокно формируется в потоке горячего воздуха. Затем волокно охлаждается и обрезается.

Основные этапы

1. Синтез ПАН
2. Формование волокна
3. Обработка волокна



Углеродное волокно

Углеродное волокно (УВ) — материал, состоящий из элементарных волокон (филаментов) диаметром от 4 до 8 микрон, образованных преимущественно атомами углерода (92–99%)

✓ **УВ на основе полиакрилонитрильных (ПАН) волокон:**

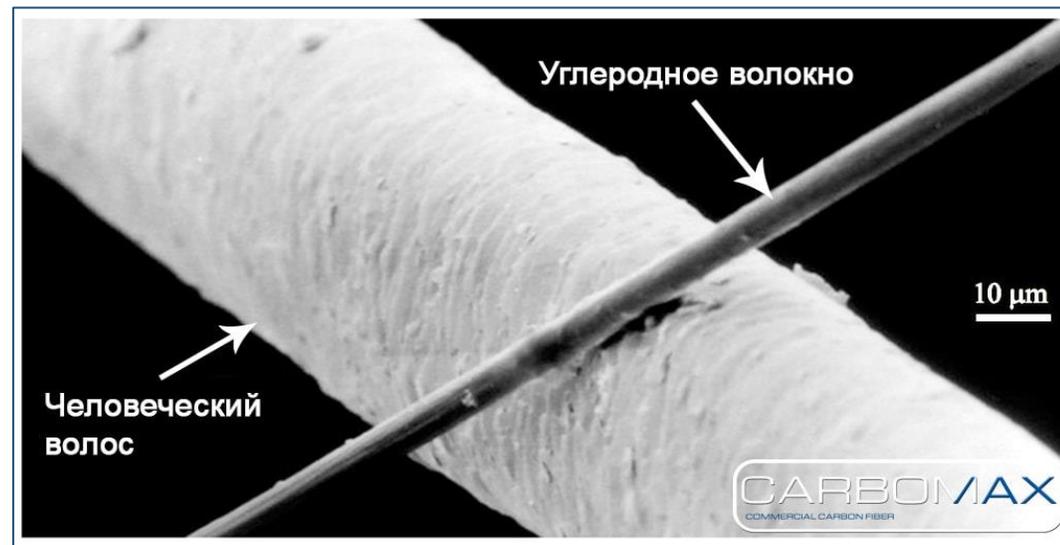
- сочетание сверхвысокой прочности (до 7 ГПа) и высокого модуля упругости (до 600 ГПа)
- армирующий компонент полимерных композиционных материалов
- примерно 95% мирового рынка углеродных волокон

✓ **УВ на основе пековых волокон:**

- наиболее высокие тепло- и электропроводность
- сверхвысокий модуль упругости (до 900 ГПа) => более «хрупкие» и не подходят для критических конструкционных применений

✓ **УВ на основе вискозных волокон:**

- первое коммерческое углеродное волокно, представленное в 1959 году
- применение в виде лент и тканей (термоизоляция, электронагреватели, фильтры и др.)
- хорошие трибологические свойства материала





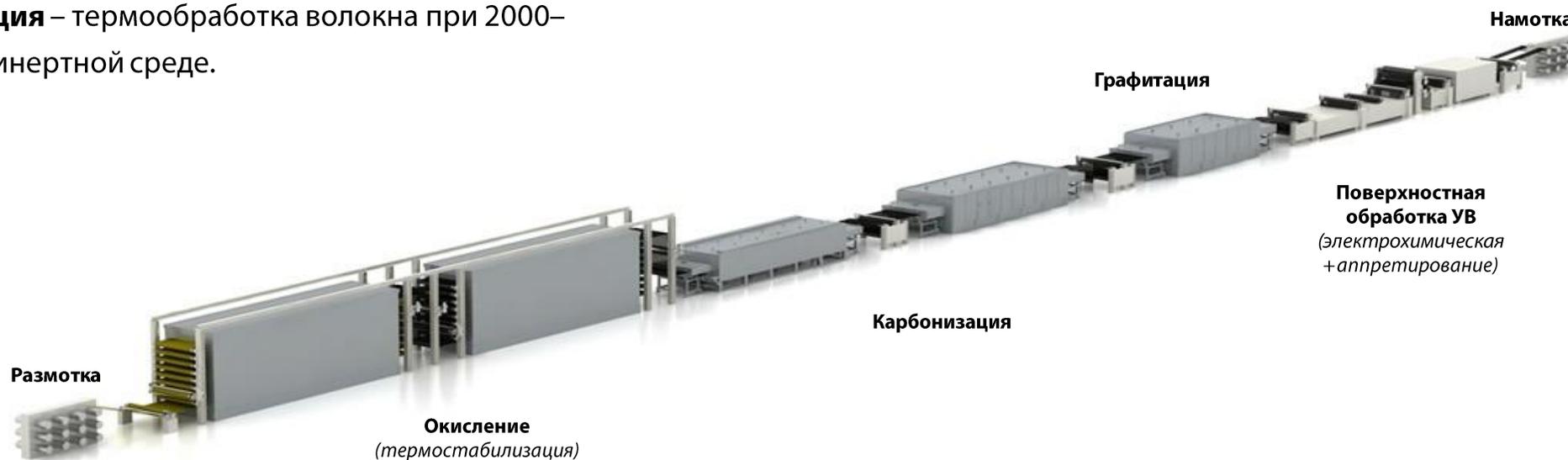
Технология получения углеродных волокон

Окисление – многоступенчатая термообработка волокна при 200–300°C в воздушной среде.

Карбонизация – повышение содержания углерода в волокне при его термообработке при 300–1500°C в инертной среде за счет удаления гетероатомов в виде летучих продуктов.

Графитация – термообработка волокна при 2000–3000°C в инертной среде.

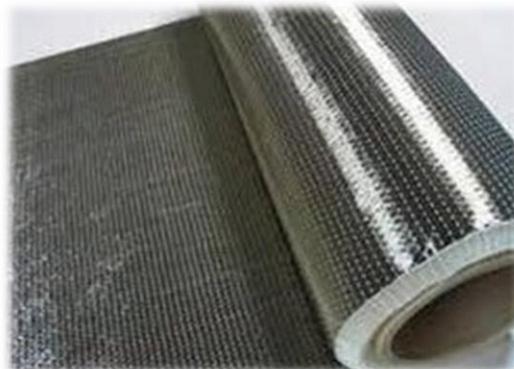
Поверхностная обработка применяется для улучшения смачиваемости и адгезии полимерных связующих к поверхности УВ (аппретирование также служит для улучшения технологичности УВ на последующих его технологических переделах).



Виды продуктов-полуфабрикатов на основе УВ



**Дискретные
волокна**



**Однонаправленные
ленты**



**Двунаправленные и
мультиаксиальные ткани**



Нетканый материал



**Оплетки (брейдинговые
преформы)**



Препреги



Препреги

Препрег – полимерный композиционный материал, который состоит из пропитанного связующим (matrix) армирующего наполнителя (reinforcement). Полимерная матрица при определенных температурах отверждается, преобразуя препрег в твердый и прочный пластик.

Наиболее распространенными типами связующих, используемых в препрегах, являются:

- Эпоксидные смолы
- Фенопласты
- Полиэфирные смолы

В чем преимущества использования препрега?

Использование препрегов позволяет:

- ✓ Обеспечить максимальные прочностные характеристики
- ✓ Контролировать содержание связующего
- ✓ Обеспечить высокое качество изделий
- ✓ Снизить кол-во отходов, возникающих при изготовлении изделий



Методы изготовления изделий из ПКМ

Намотка

Намотка - это процесс, при котором волокно наматывается на форму. Этот процесс используется для изготовления изделий цилиндрической или конической формы, таких как трубы, лопасти винта и крылья самолетов.

Инфузия

Инфузия - это процесс, при котором связующее нагнетается в препрег под давлением. Этот процесс используется для изготовления изделий сложной формы, таких как корпуса автомобилей и детали интерьера.

Выкладка

Выкладка - это процесс, при котором препрег укладывается вручную или с помощью автоматизированного оборудования. Этот процесс используется для изготовления изделий сложной формы, таких как детали кузова автомобиля и детали интерьера.



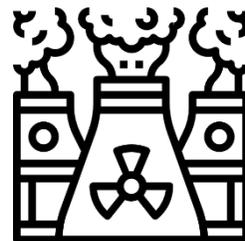


Отрасли применения композитных материалов

Авиастроение



Атомная промышленность



Аэрокосмическая отрасль



Судостроение



Ветроэнергетика



Строительство



Автомобилестроение



Баллоны высокого давления



Дизайн



Спорт



Медицина



Применение в авиации

Уменьшение веса самолетов

Благодаря использованию композитных материалов, например углепластика, при строительстве фюзеляжа и крыльев, удалось снизить вес самолетов на 20-30%, что позволило существенно повысить дальность полетов и грузоподъемность.

За счет высоких прочностных и жесткостных характеристик композитов, их применение позволяет создавать более надежные конструкции самолетов, способные выдерживать большие нагрузки и иметь повышенный срок службы.

Снижение затрат на техническое обслуживание

Использование композитных материалов вместо металлов в конструкциях самолетов позволяет снизить трудоемкость технического обслуживания и ремонта на 20-30% за счет меньшей склонности композитов к коррозии и отсутствия процессов усталости металла.





Инженеры
будущего

Применение в космонавтике

Композитные материалы для ракет

Композитные материалы, такие как углеродно-эпоксидные полотна, обеспечивают необходимую прочность и легкость конструкции ракет-носителей, что позволяет выводить на орбиту все большие грузы.

Композитные скафандры astronauts

Композитные компоненты скафандров космонавтов из углеродных волокон обеспечивают защиту от резких перепадов температур в открытом космосе и микрометеоритов.

Композитные элементы орбитальных станций

Благодаря прочности и легкости композитные панели активно используются при строительстве модулей Международной космической станции для ее расширения.





Применение в судостроении

Повышение прочности и веса судов

Благодаря использованию композитных материалов в корпусах суда удалось увеличить их прочность при меньшей массе, повысив тем самым возможную нагрузку и дальность плавания.

Улучшение гидродинамических характеристик

За счёт более обтекаемой формы корпусов из композитов улучшились их гидродинамические характеристики, снизилось сопротивление воды и возросла скорость хода.

Снижение стоимости производства и эксплуатации

Использование композиционных материалов при изготовлении элементов судов позволило сократить трудоёмкость и стоимость их производства и ремонта, а также эксплуатации за счёт меньшего веса и более высокой долговечности.

Применение в автомобилестроении

Уменьшение массы автомобиля

Использование композитных панелей кузова позволяет снизить вес легкового автомобиля на 20-30 кг без ущерба для прочности.

Повышение прочности и надежности

Углепластиковые элементы подвески и ходовой части выдерживают большие нагрузки и не подвержены коррозии, обеспечивая долговечность узлов автомобиля.

Снижение стоимости производства

Применение композитов в мелких деталях сокращает трудозатраты на их изготовление, что позволяет снизить себестоимость производства автомобиля.



Применение в медицине

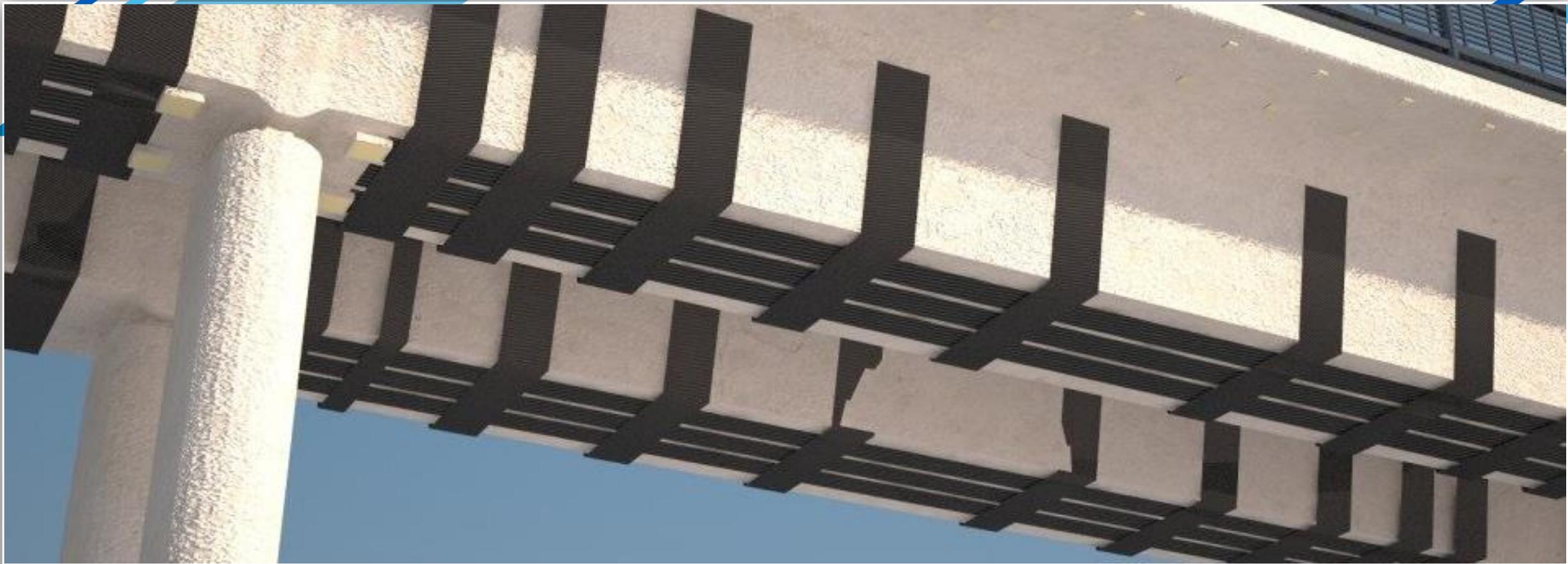


Имплантаты из композитных материалов

Имплантаты из углеродных волокон и керамики обеспечивают прочную опору для зубных протезов и искусственных суставов, не вызывая аллергических реакций.



В медицинских изделиях, таких как протезы, ортопедические изделия и дентальные конструкции, композиты используются из-за их прочности, легкости и биосовместимости.



Применение в строительстве

Композитные материалы нашли широкое применение в строительстве высотных зданий и мостов благодаря своей прочности и малому весу по сравнению со сталью и бетоном, что позволило возводить более смелые архитектурные формы.



Инженеры
будущего

Новая энергетика

Композитные лопасти ветряных турбин

Композитные лопасти ветрогенераторов изготавливаются методом вакуумного формования из препрегов на основе углеволокна и стекловолокна, что обеспечивает им высокую прочность и долговечность при эксплуатации в условиях повышенных нагрузок и атмосферных воздействий.



Ключевые тренды и перспективы в развитии рынка композитных материалов

1 Соответствие углеволокна (УВ) ключевым глобальным трендам



Освоение космоса



Развитие военной техники



Новая энергетика



Топливная эффективность

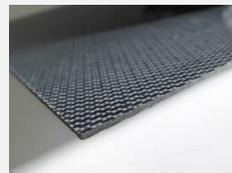
2 Развитие технологий изготовления и переработки изделий из УВ



Устойчивое развитие

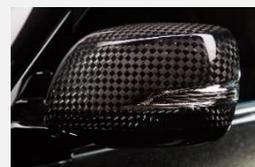


Рециклинг



Термопласты

3 Расширение применения в масс-маркете



Автомобилестроение



Спортивный инвентарь



Фэшн индустрия



ТНП/Мебель

4 Цифровое моделирование изделий, материалов и технологических процессов, база данных по ПКМ



Цифровое моделирование



База данных



Инженеры
будущего

Будущее композитов

- Получение **максимального уровня** характеристик материалов
- Разработка **инновационных технологий** производства компонентов и готовых изделий
- Разработка **новых типов** композитных материалов с улучшенными характеристиками
- Развитие **новых методов производства** композитных материалов, которые позволяют снизить их стоимость и повысить их эффективность
- Разработка **новых способов применения** композитных материалов, которые позволяют расширить их использование в различных отраслях
- **Снижение себестоимости** производства
- Технологическая независимость





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !

**ШМАРОВА МАРИЯ КОНСТАНТИНОВНА
РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТОВ
АО «ЮМАТЕКС», Госкорпорация РОСАТОМ**