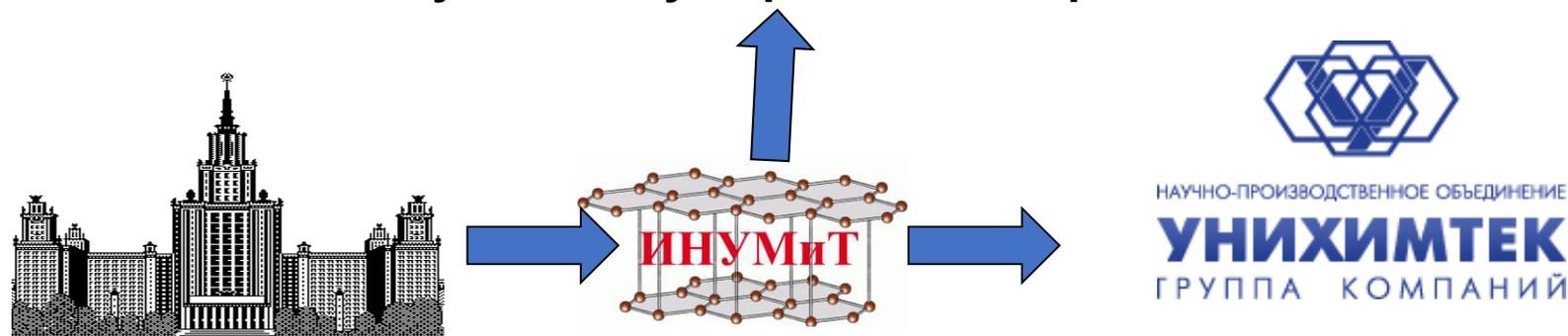


Институт новых углеродных материалов и технологий



Химический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Кафедра химической технологии и новых
материалов

От дизайна материалов до производства:
опыт создания высокотехнологичного бизнеса

ЛЕКЦИЯ – 10

Ионов Сергей Геннадьевич
Заместитель заведующего кафедрой ХТиНМ
Профессор, доктор физико-математических наук
Член совета директоров НПО «Унихимтек»

Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова, 22 апреля 2020 г.

От дизайна материалов до производства:
опыт создания высокотехнологичного бизнеса

ЛЕКЦИИ – 10

Полимерные композиционные материалы- ПКМ

ПОМНИ !!!

Повторение – мать учения



«Повторенье – мать учения»



**Герман Эббингауз
(1850 -1909 гг.)**

**Немецкий психолог-
экспериментатор,
один из основателей психологии
памяти**

«Повторенье – мать учения»



Материаловедение — наука, изучающая фундаментальные связи между составом, строением и свойствами материалов и закономерности их изменения под воздействием конструктивно-технологических и эксплуатационных факторов. Основная цель изучения этих закономерностей заключается в прогнозировании структуры и свойств материалов, разработке способов управления ими, а также принципов выбора и создания материалов с заданными свойствами.

Материалы, используемые человеком, можно разделить на три основные группы:

- первая группа — металлические материалы;
- вторая группа — неметаллические материалы;
- третья группа — композиционные материалы.

Конструкционный материал — любой вид материала, предназначенный для изготовления деталей машин и приборов, конструкций, подвергающийся различным технологическим воздействиям.



ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
МГУ имени М. В. Ломоносова

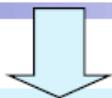
кафедра экономики инноваций

Иващенко Н.П. , зав.кафедрой
д.э.н., профессор



В современном обществе возникает принципиально новая система создания общественного богатства, в основе которого – образование, исследования и инновации. Не случайно, поэтому, многие исследования последнего времени посвящены вопросу новой роли университетов, которые рассматриваются как один из важнейших инструментов поддержки и усиления инновационного развития. **Сегодня университеты во всем мире проходят этап существенной трансформации - наряду с обучением и исследованием (первая и вторая функции университетов) университеты приобретают третью функцию – предпринимательскую, связанную с коммерциализацией результатов научно-исследовательской деятельности.** Таким образом, миссия современного образования - подготовка кадров, адекватных требованиям новой экономики, обладающих новыми компетенциями и инновационным типом мышления.

Что лежит в основе инновационного процесса?



Логика инновационного процесса»: две гипотезы

Идея

Реализация идеи

Динамика инновационного процесса основывается
на 2-х гипотезах:

- I - гипотеза «технологического толчка»
(от науки - к рынку)
- II – гипотеза «давления рыночного спроса»
(от потребностей рынка – к науке)

Линейная модель инновационного процесса

ФИ → ПИ → ТР → ОС → П → М → СБ

- ФИ** - фундаментальные (теоретические) исследования
- ПИ** - прикладные исследования
- ТР** - технологические (опытно-конструкторские) разработки
- ОС** - освоение, подготовка производства
- П** - производство
- М** - маркетинг
- СБ** - сбыт



НИОКР

Этапы (фазы) инновационного процесса имеют относительно *самостоятельный* характер

Фундаментальные исследования

- **Фундаментальные исследования (ФИ)** – начальная стадия инновационного процесса и основа базисных инноваций
- Цель - разработка теоретического подхода к решению проблемы
- ФИ не связаны непосредственно с решением конкретных прикладных задач, однако именно они составляют фундамент инновационного процесса
- **Результаты на выходе** – научные знания, идеи, научные статьи
- **90% ФИ** – отрицательный результат
- **10% ФИ** – положительный результат
- **3 % ФИ** - используются на практике

Противоречивость линейной модели ИННОВАЦИЙ

Далеко не всегда инновация происходит
в результате фундаментальных исследований и
прорывных научных открытий.



Потребности рынка гораздо чаще являются толчком к инновациям!

Источники инноваций:

60% - из рынка

25% - от технологии

15% - из неопределенных источников
(внутрифирменные, изобретатели)

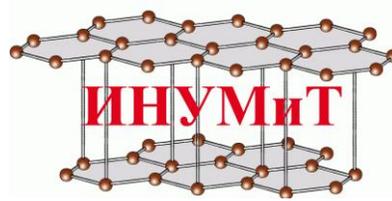
Вывод: Линейная модель не учитывает
влияния окружающей среды (рынка) и сложных
взаимосвязей между элементами инновационного процесса

Если у общества появляется техническая потребность, то она продвигает науку вперед больше, чем десяток университетов.

Фридрих Энгельс



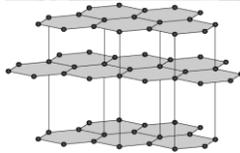
Кафедра химической
технологии и новых материалов
Химического факультета МГУ



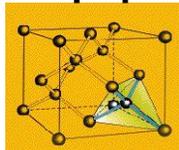
ИНСТИТУТ НОВЫХ УГЛЕРОДНЫХ
МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ



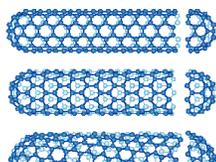
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
УНИХИМТЕК
ГРУППА КОМПАНИЙ



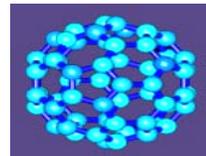
графит



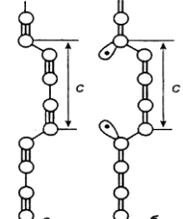
алмаз



углеродные
нанотрубки



фуллерен



карбин

ОРГАНИЗАТОРЫ:



МГУ им.М.В. Ломоносова

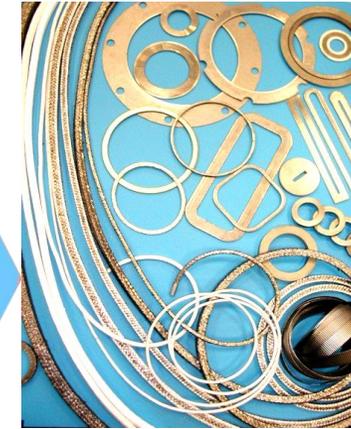


НПО
УНИХИМТЕК

Фонд содействия развитию
малых форм предприятий в научно-технической сфере



РОССИЙСКИЙ ФОНД
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
РАЗВИТИЯ



Новая уплотнительная
продукция



Новые огнезащитные
материалы

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ

ФУНДАМЕНТАЛЬНОЕ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ПРИКЛАДНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И
ПРОИЗВОДСТВО НОВЫХ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ



УПЛОТНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ИЗ ГФ «ГРАФЛЕКС»

Графитовая
фольга - ГФ



**1-ый объект
коммерциализации
НПО-Унихимтек**



ОГНЕЗАЩИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Вторым объектом комерцализации для НПО «Унихимтек» стали пассивные огнезащитные материалы серии «Огракс»: краски и пасты для защиты электрических кабелей, металлических и деревянных строительных конструкций, полимерных материалов, кабелей связи и др.



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
УНИХИМТЕК
ГРУППА КОМПАНИЙ



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
УНИХИМТЕК
ГРУППА КОМПАНИЙ



**2-ый объект комерцализации
НПО-Унихимтек**



Рынок композитов: от “перспективных” до “традиционных” конструкционных материалов

За последние 50 лет в нескольких сферах композиты перешли из категории “перспективных” и “премиум” в категорию общепринятых материалов, сопоставимых с металлом и бетоном

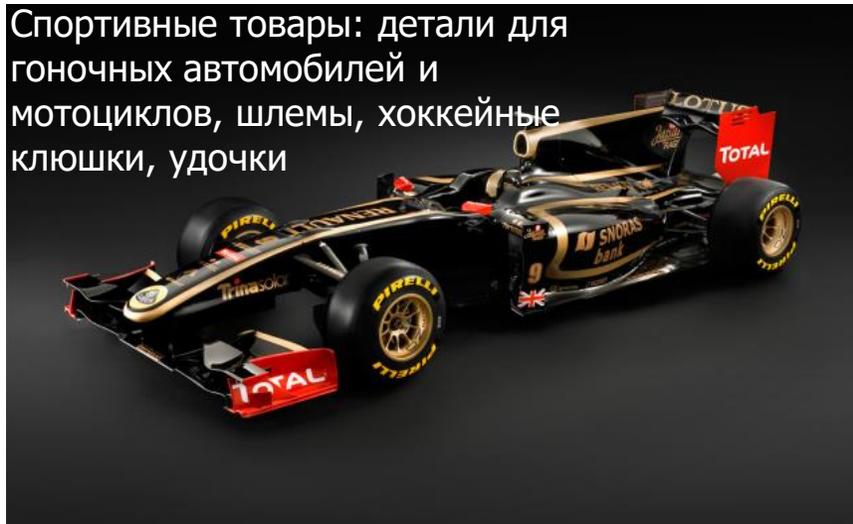
Первичные и вторичные
конструкции самолетов и
космических кораблей



Лопастей ветряных
турбин и гондолы



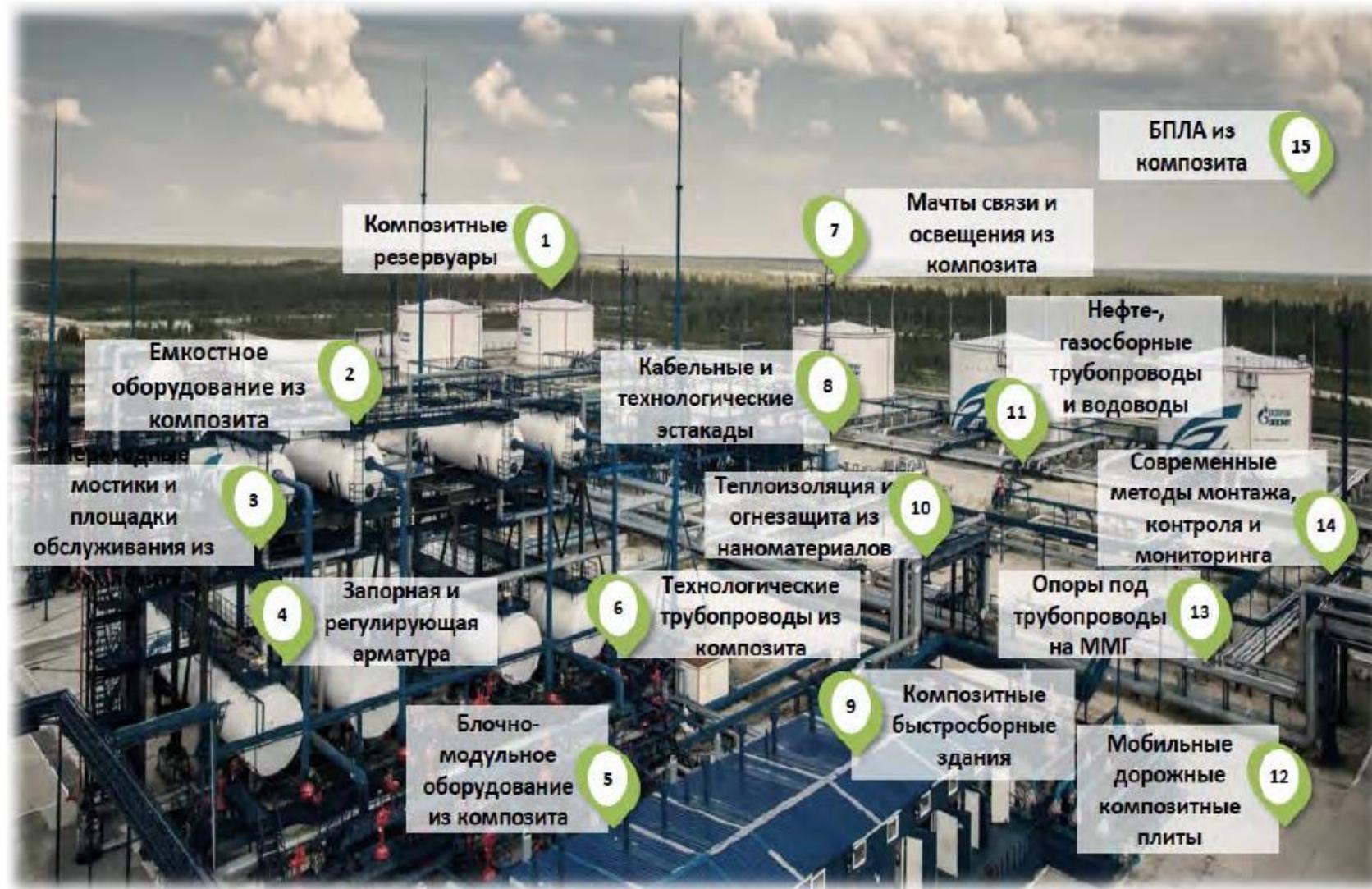
Спортивные товары: детали для
гоночных автомобилей и
мотоциклов, шлемы, хоккейные
клюшки, удочки



Корпуса и настилы для
лодок и парусных яхт



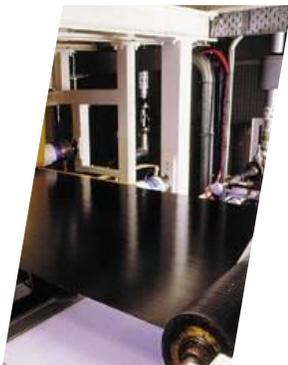
Нефтегазовая отрасль: перспективы использования композитов на производственных объектах



Источник: Газпром нефть

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ



Композиты — неоднородные сплошные материалы, состоящие из двух или более компонентов, среди которых можно выделить армирующие элементы, обеспечивающие необходимые механические характеристики материала, и матрицу (или связующее), обеспечивающую совместную работу армирующих элементов.



АППРЕТЫ



**КОМПОЗИЦИОННЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

**АРМИРУЮЩИЙ
МАТЕРИАЛ**

СТЕКЛОВОЛКНА
УГЛЕРОДНЫЕ ВОЛОКНА
БОРНЫЕ ВОЛОКНА
АРАМИДНЫЕ ВОЛОКНА
БАЗАЛЬТОВЫЕ ВОЛОКНА
и ДР.

СВЯЗУЮЩЕЕ

ТЕРМОРЕАКТИВНЫЕ
СМОЛЫ

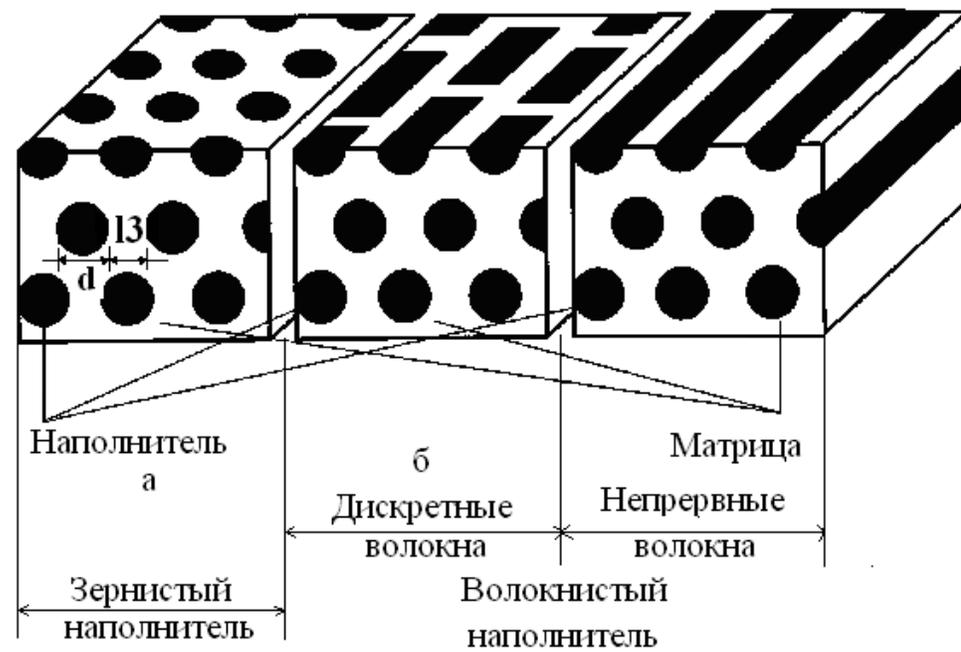
ЭПОКСИДНЫЕ
ПОЛИЭФИРНЫЕ
ФЕНОЛЬНЫЕ
ПОЛИИМИДНЫЕ и ДР.



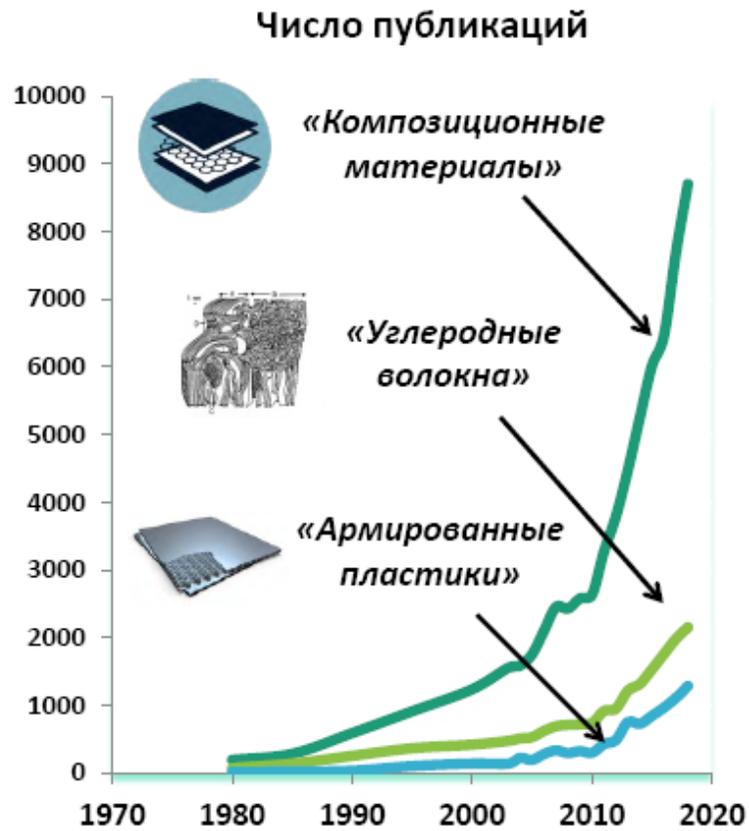
ТЕРМОПЛАСТЫ

ПОЛИЭФИРЭФИРКЕТОН
ПОЛИАМИДОИМИДЫ,
ПОЛИЭФИРСУЛЬФОН и
ДР.

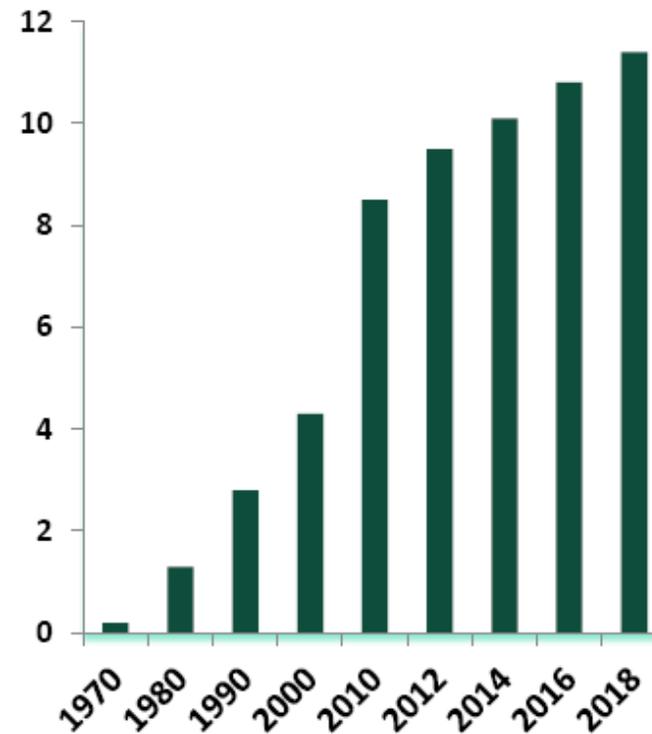




Направления исследований в области композиционных материалов



Мировой рынок композиционных материалов, МЛН. ТОНН



МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ В ОБЛАСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ И МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД



химики технологи



химики аналитики



химики синтетики



IT специалисты



Инженеры
конструкторы



математики



Специалисты в области
текстильной переработки



физики

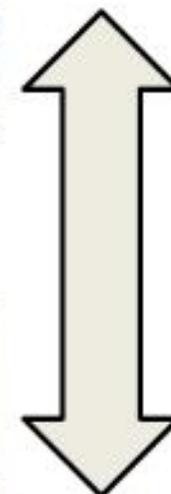
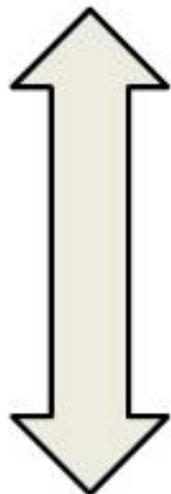
ПОТРЕБИТЕЛИ  МАТЕРИАЛОВ

Совместная работа – залог успеха создания уникальных изделий из ПКМ

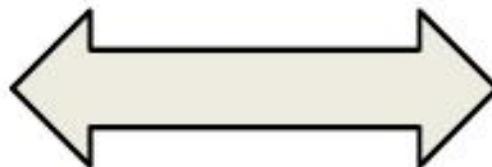
Конструкторы



Контроль качества



Материаловеды



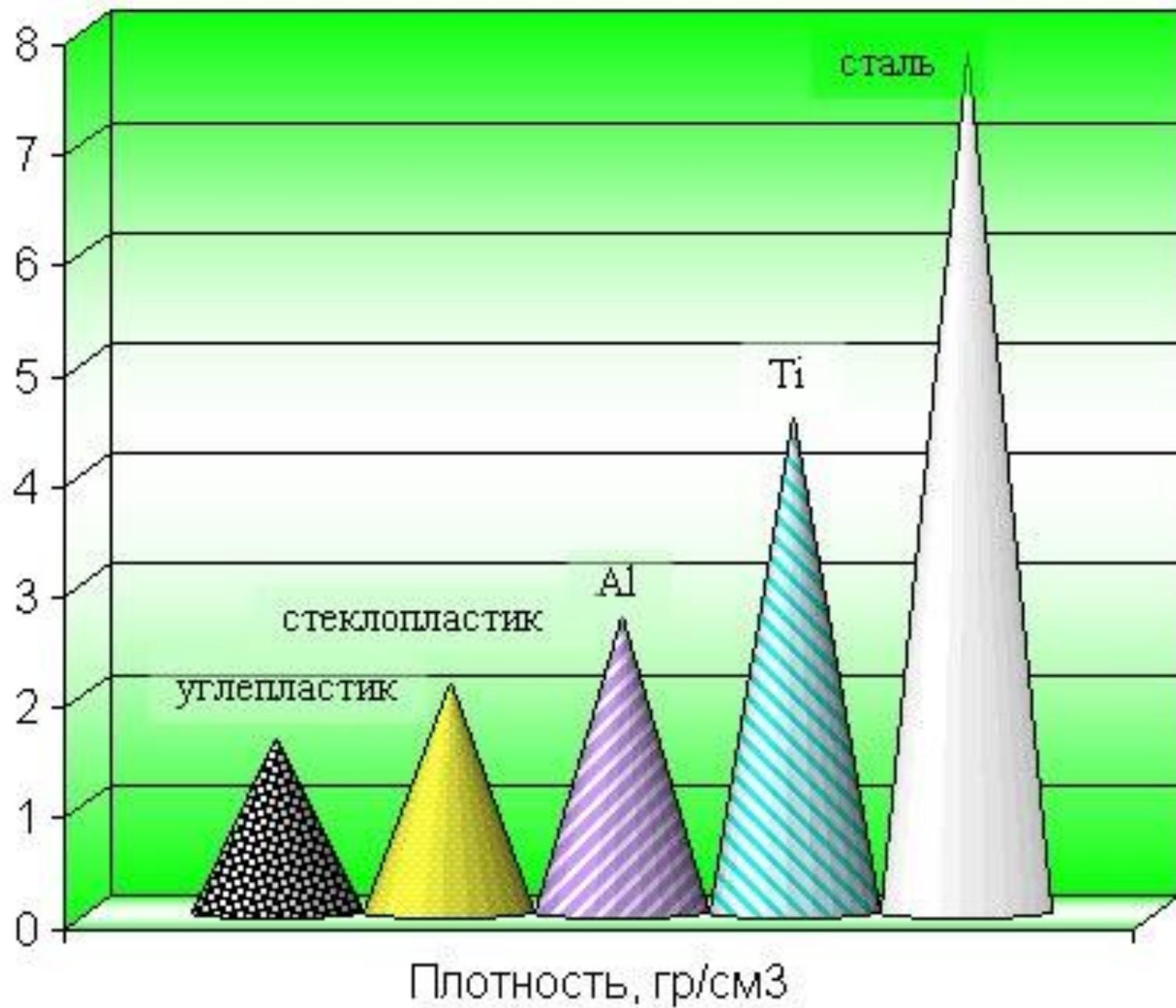
Технологи

Создание и применение композитов – один из наиболее перспективных путей обеспечения производства конструкционными материалами, решения задач повышения эксплуатационных параметров техники, экономии ресурсов. Современные композиционные материалы сочетают высокие прочностные свойства с легкостью и долговечностью. Их использование позволяет снизить массу конструкции на 25-50%. За счет их применения можно увеличить эксплуатационный ресурс, снизить до минимума потери от коррозии, расход топлива.

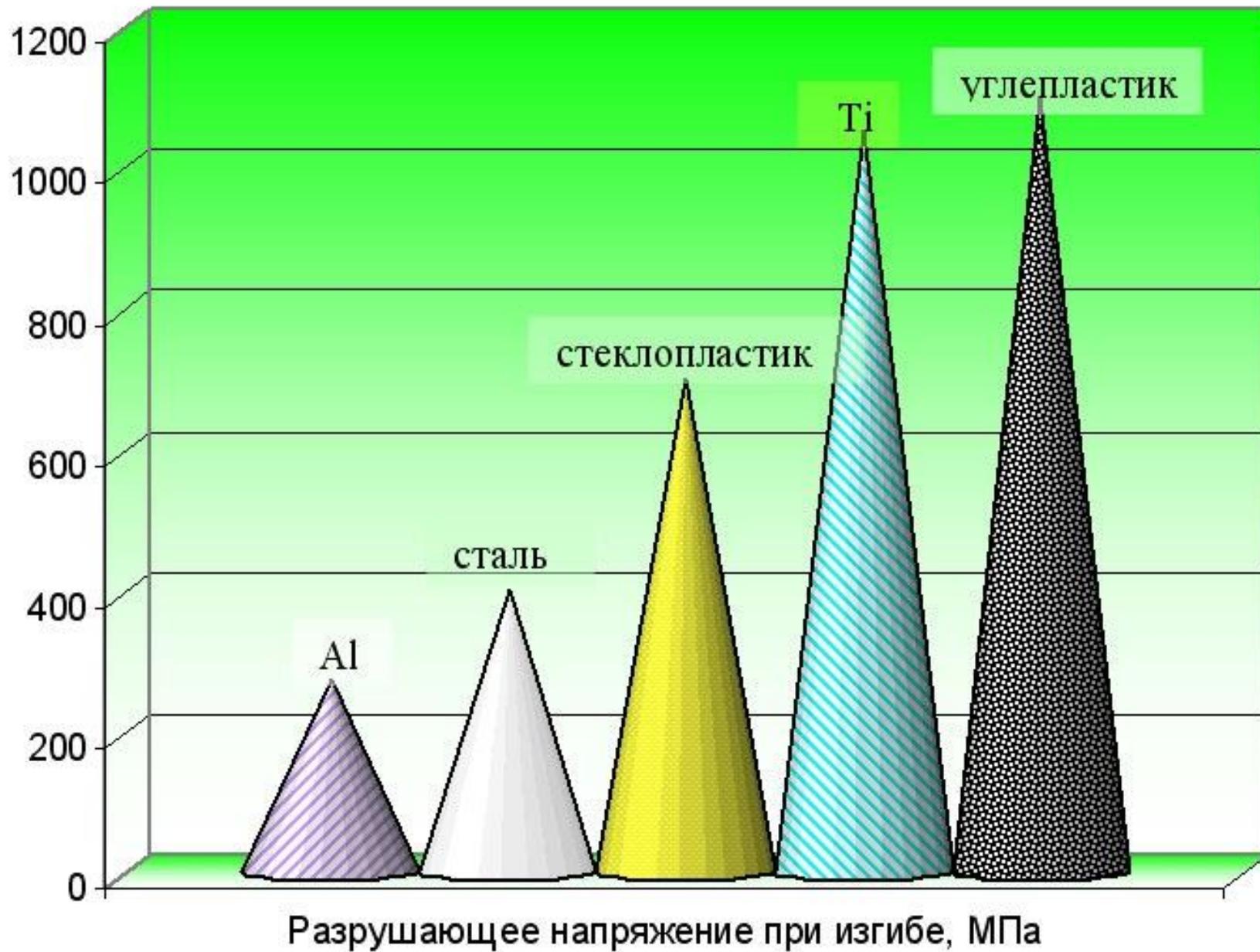
Назначение материалов. Многие материалы современной техники, по сути, являются многофункциональными. Однако чисто субъективно всю совокупность материалов *по назначению* можно весьма условно разбить на две группы: конструкционные и функциональные.

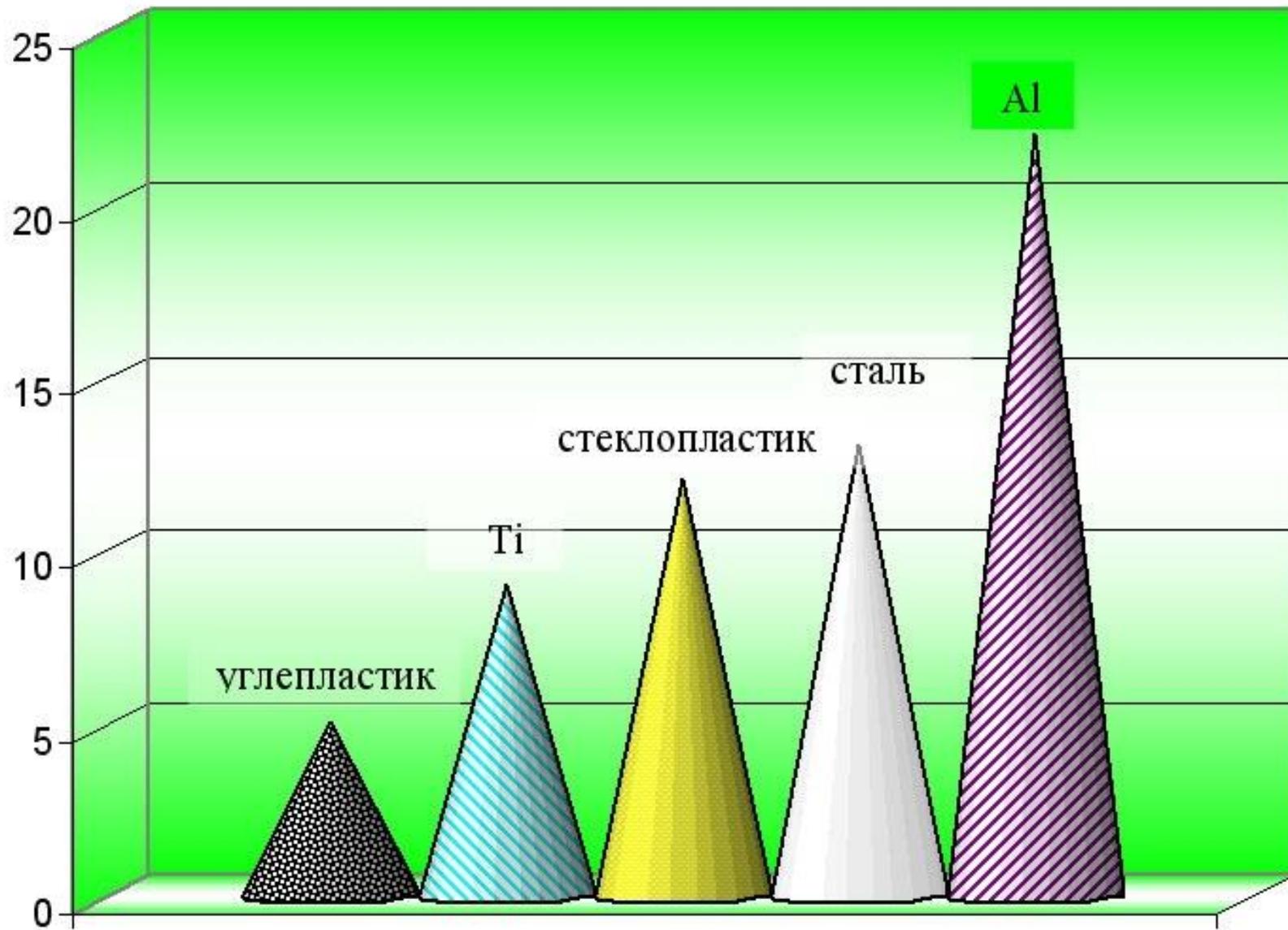
Конструкционными называют материалы, обеспечивающие целостность и несущую способность конструкции тех или иных изделий. Для таких материалов важными, как правило, являются физико-механические свойства: предел прочности, предел текучести, предел длительной прочности (ползучести), предел выносливости (усталости), относительное удлинение, модули сдвига и упругости и другие свойства. В ряде случаев конструкционные материалы одновременно выполняют и другие функции. Например, материал оболочки твэла ядерного реактора, прежде всего, обеспечивает целостность и работоспособность твэла и является конструкционным материалом. Одновременно оболочка твэла изолирует ядерное топливо от контакта с теплоносителем и, по сути, выполняет функции защитной оболочки, является защитным материалом.

Функциональными называют материалы, характеризующиеся ярко выраженным свойством и предназначенные для создания специализированных изделий и устройств. Это могут быть материалы с особыми физическими свойствами, например электрическими (проводники, сверхпроводники, полупроводники, изоляторы), магнитными (магнитомягкие, магнитотвердые), тепловыми (теплоносители, теплопроводники, теплоизоляторы, термоэлектрики, материалы с аномальным формоизменением при нагреве, термохромные и др.), ядерными (ядерное топливо, замедлители и поглотители нейтронов и других видов излучения, выгорающие поглотители, размножители нейтронов и др.), оптическими, физико-химическими и другими свойствами. К функциональным материалам относятся аккумуляторы энергии, накопители водорода, катализаторы, сенсорные материалы – преобразователи того или иного внешнего воздействия в электрические сигналы или изменяющие свои размеры (электрохимические, газо-чувствительные, сцинтилляционные, термо(пиро)чувствительные, барочувствительные, фотоэлектрические, пьезоэлектрические и др.), материалы с эффектом памяти формы, припои, краски, мастики и другие материалы.

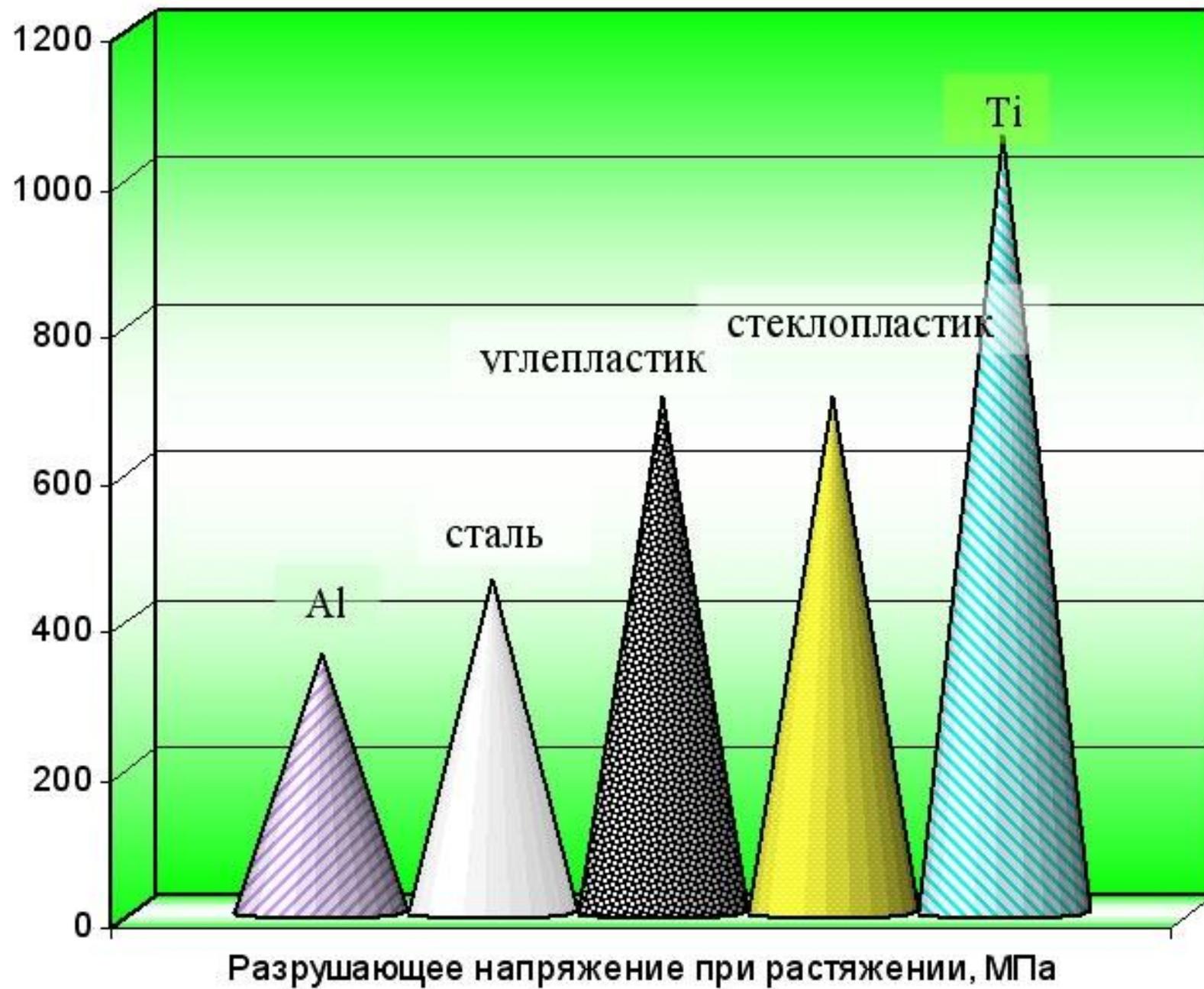


Плотность, гр/см³

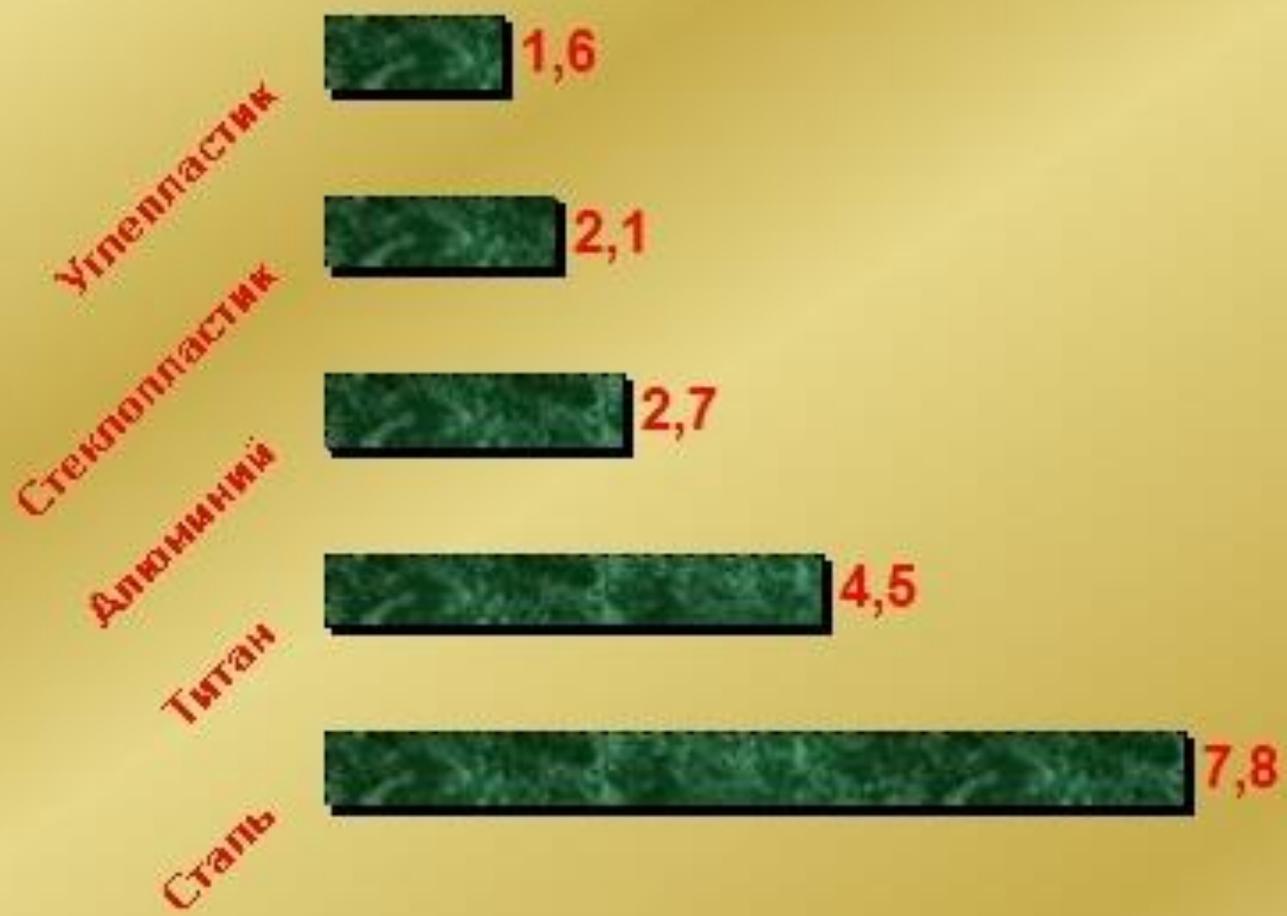




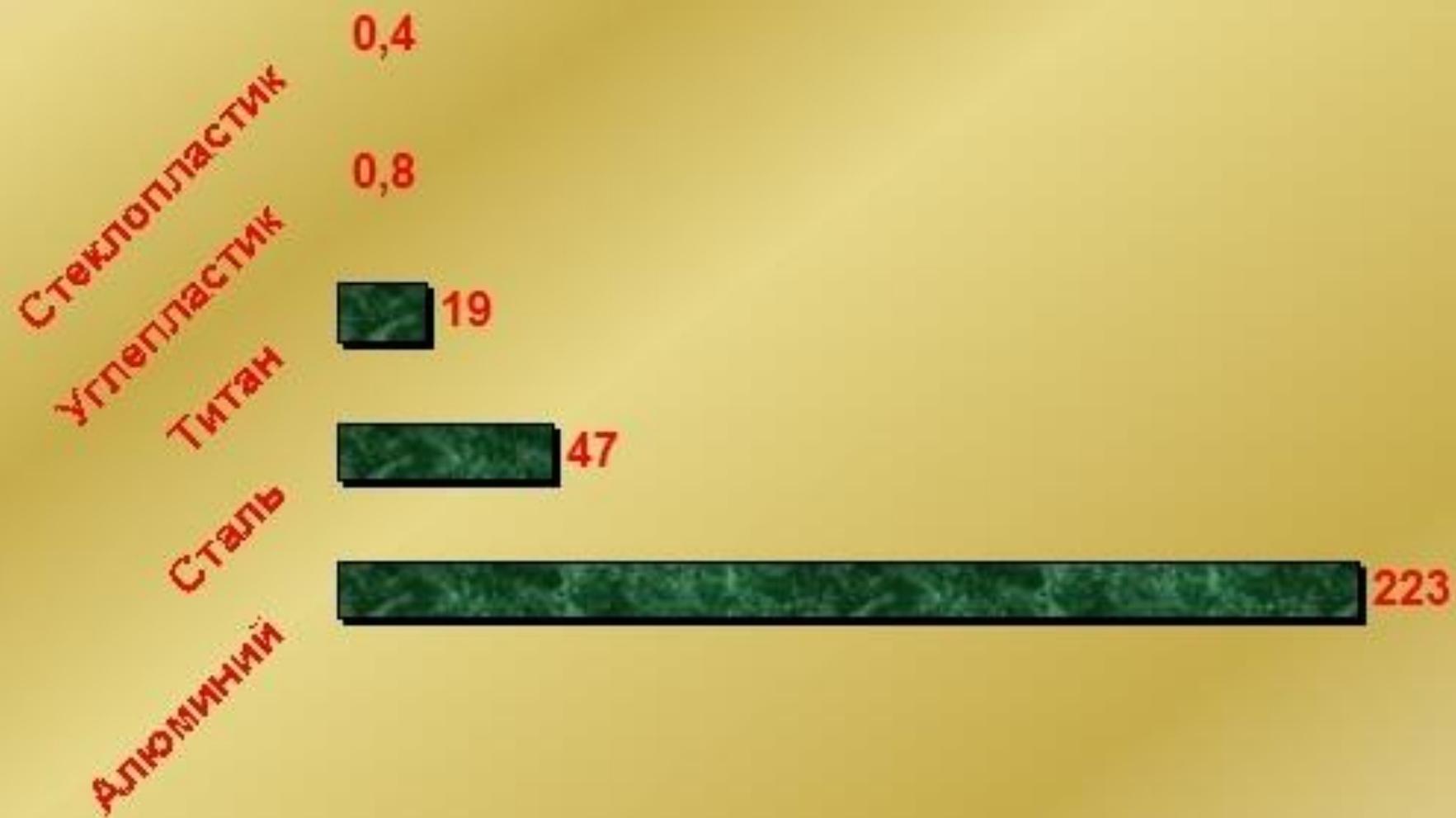
Термический коэффициент линейного расширения, $10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$



Плотность, г/см³



Коэффициент теплопроводности, Вт/мК



Термический коэффициент линейного
расширения, $\times 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$



Разрушающее напряжение при растяжении, МПа

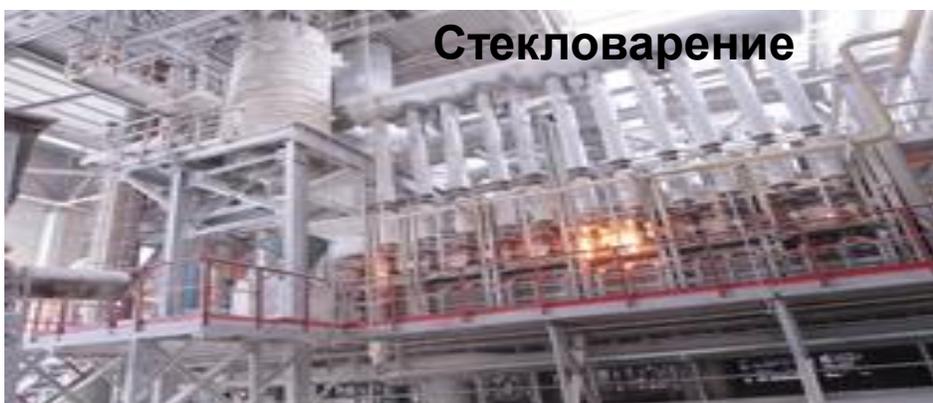




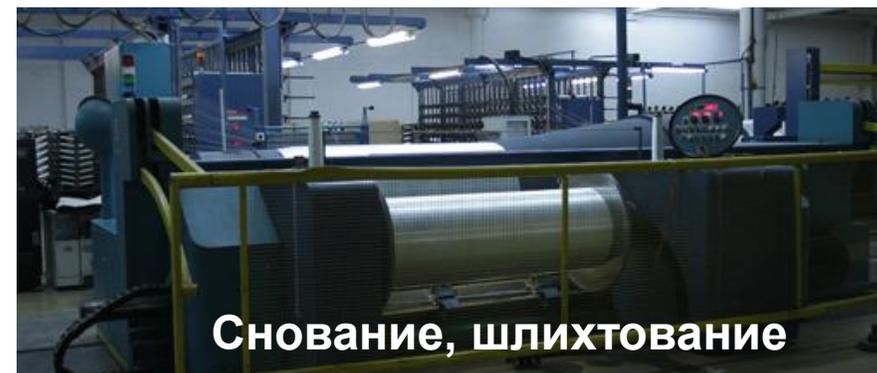
Шихтоприготовление



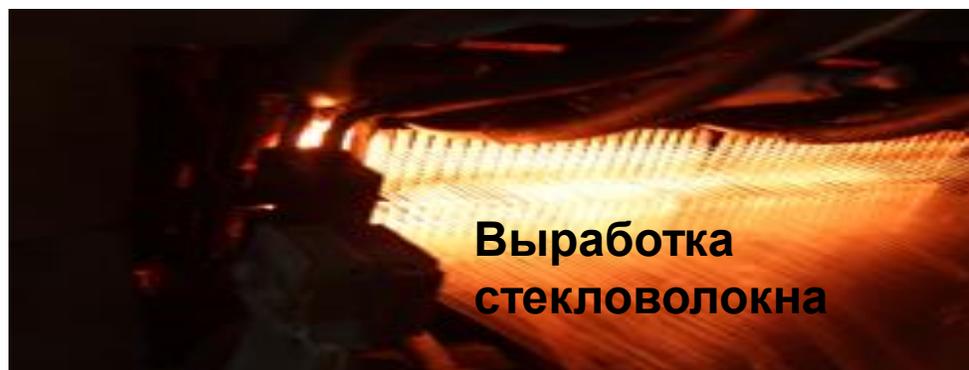
Ткачество



Стекловарение



Снование, шлихтование



**Выработка
стекловолокна**



Кручение, трощение

- Современные технологии процесса подготовки шихты обеспечивают сушку, помол, классификацию любых природных материалов.
- **Стекловарение**

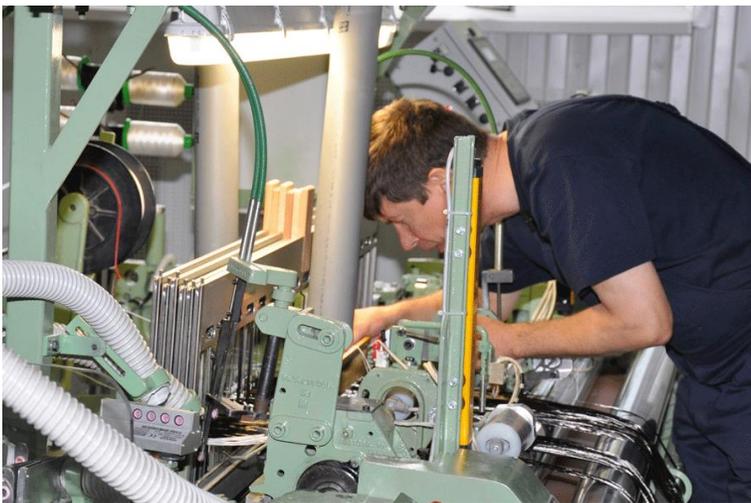
Процессы стекловарения производятся в стекловаренных рекуперативных печах с использованием современных огнеупорных материалов, электроподогрева, с высокой степенью систем автоматического контроля и регулирования процессами стекловарения.
- **Выработка стекловолокна**
- Производится двумя способами: одностадийным и двухстадийным. Основной объем продукции вырабатывается более прогрессивным одностадийным способом.
- Волокно, выработанное в виде директ-ровингов, поступает на сушку (СВЧ или конвекция) и используется как товарный директ-ровинг или, в зависимости от конечного назначения, перематывается; подвергается текстурированию.
- Волокно, выработанное в виде в виде стеклонитей, поступает на кручение.
- **Кручение, трощение**
- Оборудование размоточно-крутильного цеха обеспечивает производство нитей любой конфигурации, различного числа сложений, кручений, веса паковок в зависимости от дальнейшего применения.
- **Снование, шлихтование**
- Процесс снования — это подготовка основы для ткачества, представляющей из себя систему параллельно намотанных стеклонитей на сновальный вал. После подготовки основы для защиты нитей в процессе ткачества стеклонить подвергается дополнительной обработке — нанесению шлихты.
- **Ткачество**
- Ткацкое производстве имеет обширный парк современного ткацкого оборудования, позволяющий выпускать любые типы стеклотканей по толщине, переплетению, плотности, шириной до трех метров.
- **Термохимическая обработка**
- По желанию заказчика стеклоткань может быть подвергнута различным видам обработки — термической и химической (нанесение различных пропитсоставов), что придает стеклотканям специальные требуемые свойства.

- **По способу обогрева** стекловаренные печи подразделяют на пламенные, электрические и газоэлектрические (комбинированный газовый и электрический обогрев).
В пламенных печах источником тепловой энергии служит сжигаемое топливо. Шихта и стекломасса в этих печах получают тепло от сжигания жидкого или газообразного топлива. Коэффициент полезного действия пламенных печей 18—26%. так как топливо в них расходуется главным образом на нагревание огнеупорной кладки печи и компенсацию потерь тепла. Электрические печи по сравнению с пламенными имеют ряд преимуществ: меньшие размеры, большую производительность. Они экономичны, легко регулируются. При их эксплуатации нет теплотерь с отходящими газами и лучше условия труда. Коэффициент полезного действия электрических печей достигает 50—60%.
По способу передачи тепла стекломассе электрические печи подразделяются на дуговые; печи сопротивления (прямого и косвенного) и индукционные. В дуговых печах тепло передается материалу излучением от вольтовой дуги. Наибольшее распространение получили печи прямого сопротивления, в которых нагревательным элементом служит непосредственно стекломасса. В этих печах тепло выделяется в самом материале, который служит сопротивлением в цепи.
Использование стекломассы в качестве нагревательного сопротивления основано на том, что стекло при повышенных температурах проводит электрический ток, причем электропроводность его с повышением температуры увеличивается. Проходя через стекломассу, электрическая энергия превращается в тепловую, происходит нагревание и варка стекла. Для питания электрических печей прямого нагрева используется однофазный или трехфазных ток, который подводят к стекломассе через молибденовые или графитовые электроды.
Электрические печи прямого сопротивления имеют различные конструкции, однако большинство из них представляет собой горизонтальные ванны прямоугольного сечения. Применяют эти печи для варки технических стекол, а при наличии дешевой электроэнергии и в производстве массовой продукции.
В печах косвенного сопротивления тепло передается материалу излучением или теплопроводностью от введенного в печь сопротивления.
В индукционных печах в материале, включенном во вторичную цепь, индуцируется ток.
Газоэлектрические печи имеют комбинированный нагрев: бассейн для плавления шихты обогревается газообразным топливом, а бассейн для осветления стекломассы — электрическим током. Отходящие из печей газы имеют температуру 1350—1450° С. Тепло их используют для подогрева воздуха и газа, поступивших для горения.

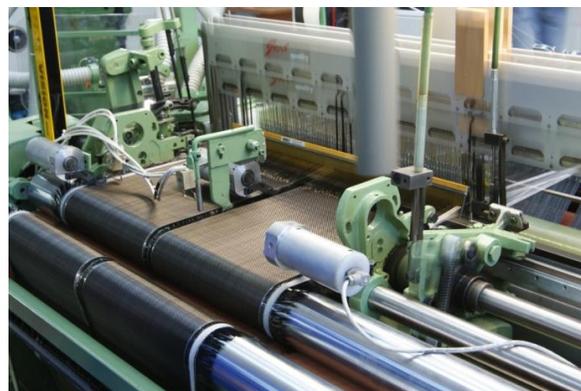
ТЕКСТИЛЬНАЯ ПЕРЕРАБОТКА

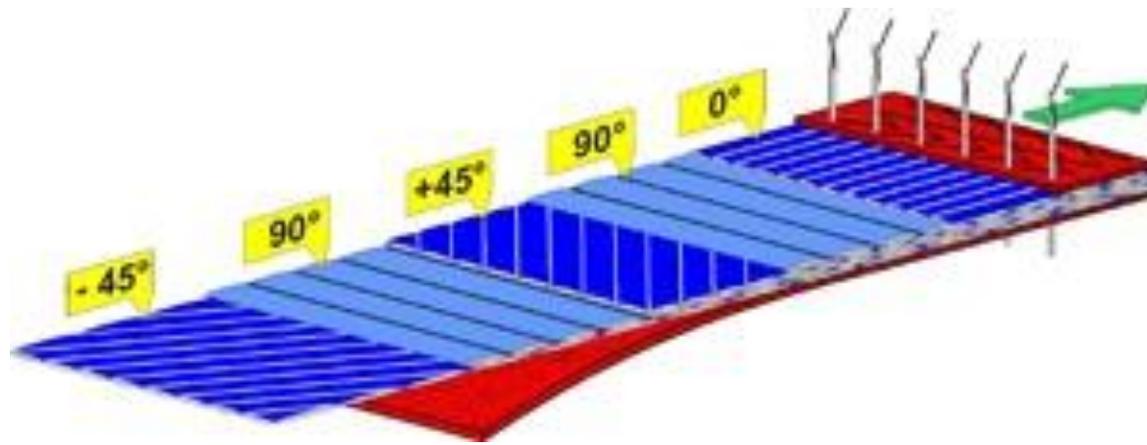
Получение текстильных структур на основе волокон широкого ассортимента

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ 50-60 т/год



- получение полотен шириной до 1270 мм (в соответствии с наиболее распространенными стандартами артикулов применяемых полотен в авиастроении и др. отраслях);
- возможность получения одновременно 2 полотен авиационной номенклатуры (тканых и однонаправленных) шириной 300 – 400 мм;
- возможность получения комбинированных тканей (использование 2 и более типов волокон по основе и утку);
- получение полотен с обрезной кромкой;
- использование шпулярика, специализированного для переработки углеродных волокон;
- специальную защиту электронной системы управления и автоматизации линии от воздействия углеродной пыли;
- оснащена системой применения термопластичных уточных нитей с точным регулированием зоны нагрева в печи.





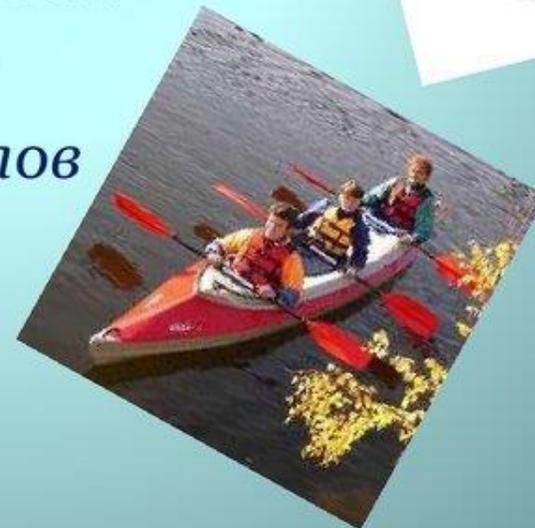
- **Мультиаксиальное полотно** - это плоский материал из разнонаправленных слоев параллельных нитей, скрепленных между собой прошивной нитью. Могут быть соединены волокнистые полотна, неукрепленный стекломат, пеноматериалы, пленки и другие материалы. Основовязанные мультиаксиальные конструкции представляют собой текстиль самого различного назначения. Эти прочнейшие текстильные материалы изготавливаются из высококачественных углеродных, стеклянных или арамидных волокон и образуют основу композитных материалов.



Композиционные материалы в ветроэнергетике постепенно становятся производственной нормой, поскольку производство лопастей генераторов и конструкций турбин требует особых материалов, не уступающих по свойствам сплавам металлов, но более легких по весу.

Композиты надёжно обосновались в спорте: для высоких достижений нужны высокая прочность и малый вес, а цена особой роли не играет.

- Велосипеды
- Оборудование для горнолыжного спорта — палки и лыжи
- Хоккейные клюшки и коньки
- Байдарки, каноэ и вёсла к ним
- Детали кузовов гоночных автомобилей и мотоциклов
- Шлемы



Широкое распространение в нефтяной промышленности получили углеродосодержащие композиты, поскольку они обладают повышенными функциональными и эксплуатационными свойствами. В первую очередь, это термостойкость, механическая прочность и коррозионная устойчивость.



Широкое применение нашли композиционные материалы в **авиационной и ракетно-космической технике**, где используются такие их свойства, как высокая удельная прочность и стойкость к воздействию высоких температур, стойкость к вибрационным нагрузкам, малый удельный вес. Из этих материалов изготавливаются корпусные детали и детали внутреннего интерьера.





Композиционные материалы — искусственно созданные неоднородные сплошные материалы, состоящие из двух или более компонентов с чёткой границей раздела между ними. В большинстве композитов (за исключением слоистых) компоненты можно разделить на матрицу (или связующее) и включённые в неё армирующие элементы (или наполнители).

СТРАТЕГИЯ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УТВЕРЖДЕНА
Указом Президента
Российской Федерации

СТРАТЕГИЯ научно-технологического развития Российской Федерации

I. Общие положения

1. Настоящей Стратегией определяются цель и основные задачи научно-технологического развития Российской Федерации, устанавливаются принципы, приоритеты, основные направления и меры реализации государственной политики в этой области, а также ожидаемые результаты реализации настоящей Стратегии, обеспечивающие устойчивое, динамичное и сбалансированное научно-технологическое развитие Российской Федерации на долгосрочный период.

2. Правовую основу настоящей Стратегии составляют Конституция Российской Федерации, Федеральный закон от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации», другие федеральные законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации.

3. Настоящая Стратегия направлена на научное и технологическое обеспечение реализации задач и национальных приоритетов Российской Федерации, определенных в документах стратегического планирования, разработанных в рамках целеполагания на федеральном уровне.

20. В ближайшие 10-15 лет приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации следует считать те направления, которые способствуют получению научных и научно-технических результатов, созданию технологий, являющихся основой инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке и обеспечивают:

а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, **новым материалам и технологиям конструирования**.

На первом месте среди приоритетов и перспектив научно-технологического развития Российской Федерации в ближайшие 10-15 лет, содержащихся в Стратегии:

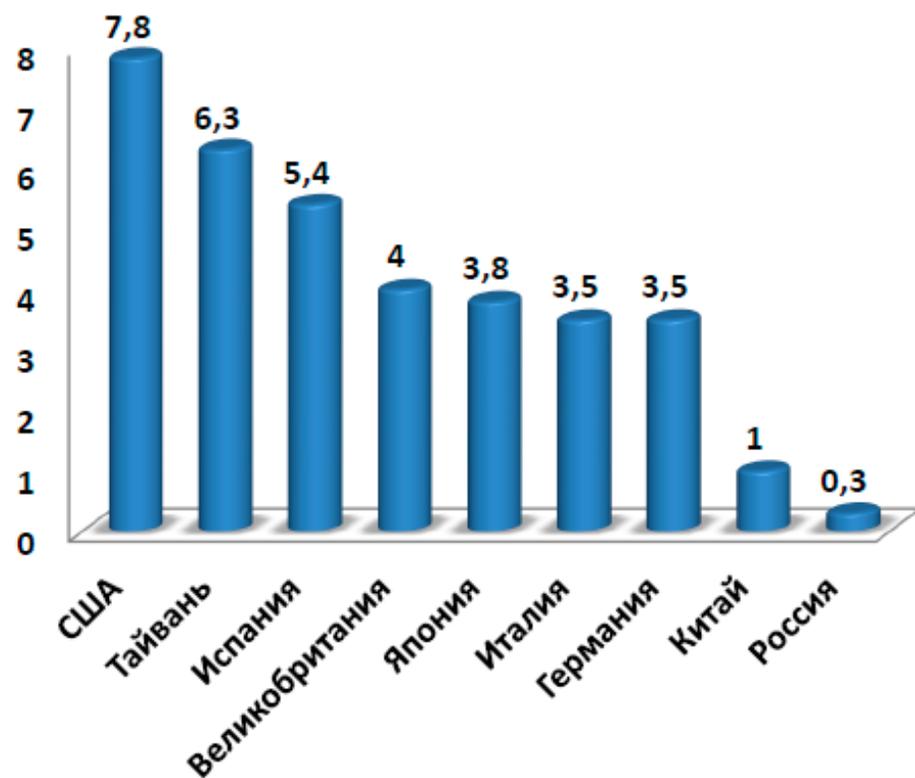
- **Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, новым материалам и технологиям конструирования**

Одним из наиболее динамично развивающихся в настоящее время направлений является **Национальный Проект «Новые неметаллические материалы и технологии конструирования»**

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

СОСТОЯНИЕ ДЕЛ В РОССИИ И В МИРЕ

**ПОТРЕБЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ДУШУ НАСЕЛЕНИЯ**



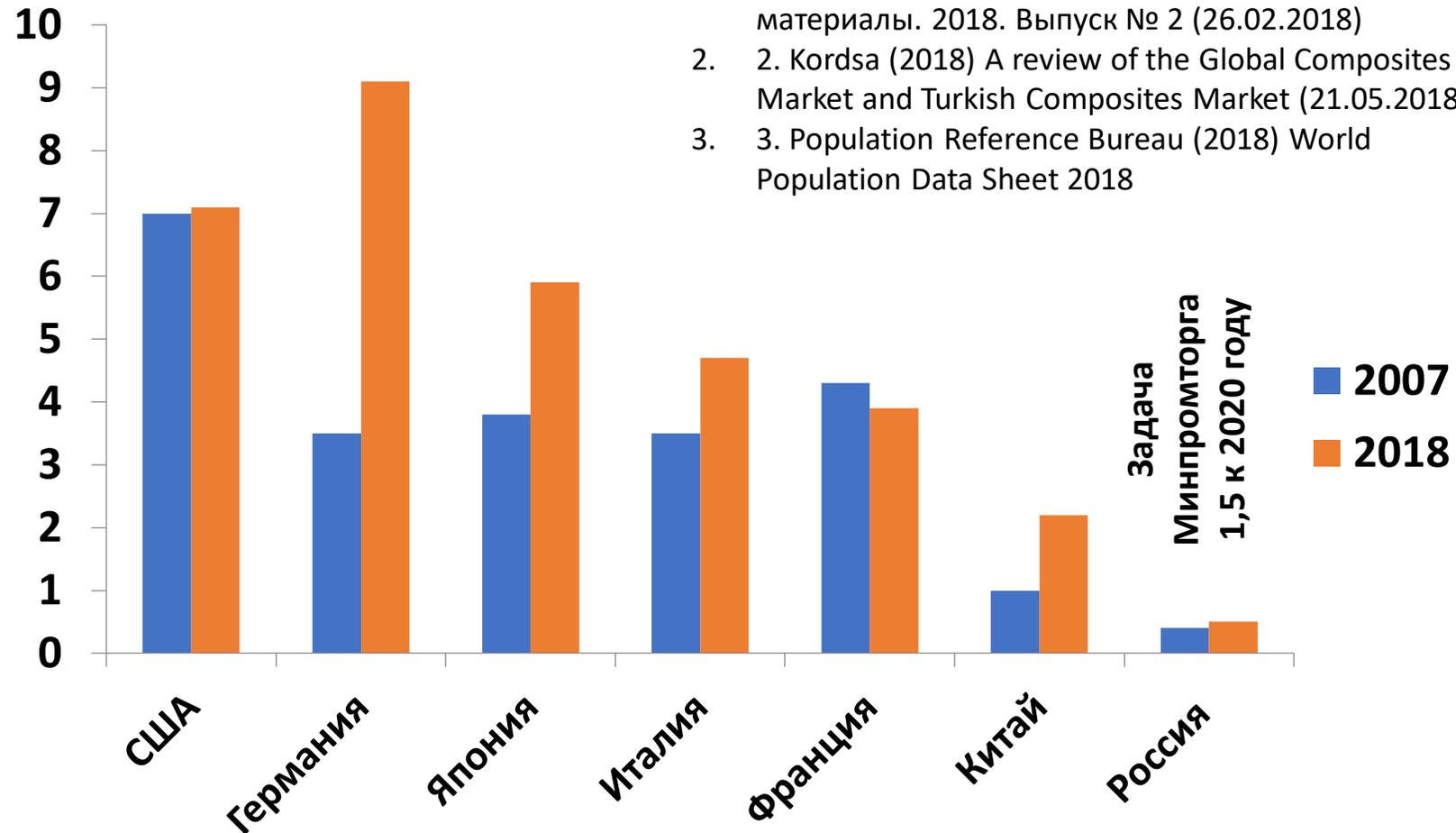
**СТРУКТУРА МИРОВОГО РЫНКА
ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ**



Потребление композиционных материалов на душу населения

ИСТОЧНИКИ:

1. РБК (2018) Композиты на марше // Современные материалы. 2018. Выпуск № 2 (26.02.2018)
2. Kordsa (2018) A review of the Global Composites Market and Turkish Composites Market (21.05.2018)
3. Population Reference Bureau (2018) World Population Data Sheet 2018





Смотри приложения