



ИННОВАЦИОННЫЙ
ИНЖИНИРИНГОВЫЙ
ЦЕНТР

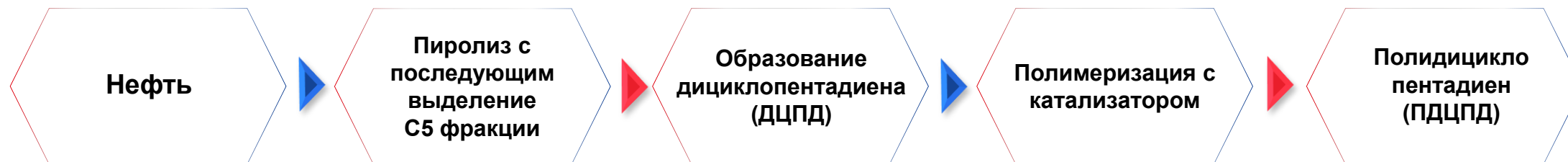


Иннопрактика

**Применение новых материалов на примере
ПолидиЦиклоПентадиена (ПДЦПД)
для повышения энергоэффективности**

Общая информация

ПДЦПД - терморезистивный полимер, получаемый в процессе совмещённой метатезисной полимеризации и сшивки линейного полимера



В настоящее время на мировом рынке представлены два типа систем

система ПДЦПД на базе W и Mo катализатора

Производится с 1980ых годов:

- B.F. Goodrich (марка Telene)
- Hercules (марка Metton)

Применяются только для RIM-литья, т.к. требуется защитная инертная атмосфера

система ПДЦПД на базе Ru катализатора

Производится с 2010ых годов:

- Materia, Inc. (марка Proxima)
- Demeta (марка NexTene)
- Rimtec / Zeon (марка Telene 1800)

Благодаря устойчивости на воздухе может применяться для производства композитных материалов

Технологии получения изделий с ПДЦПД разработки ПАО «НК «Роснефть»

В ПАО «НК «Роснефть» разработана технология получения ПДЦПД на базе Ru катализатора.

Первоначально технология была предназначена для производства продукции для собственных нужд.

В 2022 г. начаты работы по коммерциализации ПДЦПД в других отраслях экономики, т.к. материал за счет своих характеристик позволяет создавать продукты с новым набором свойств, в том числе более энергоэффективных.

Разработанные в ПАО «НК «Роснефть» продукты на основе ПДЦПД

:



**Полимерный проппант
(расклинивающий агент
для гидроразрыва пласта)**

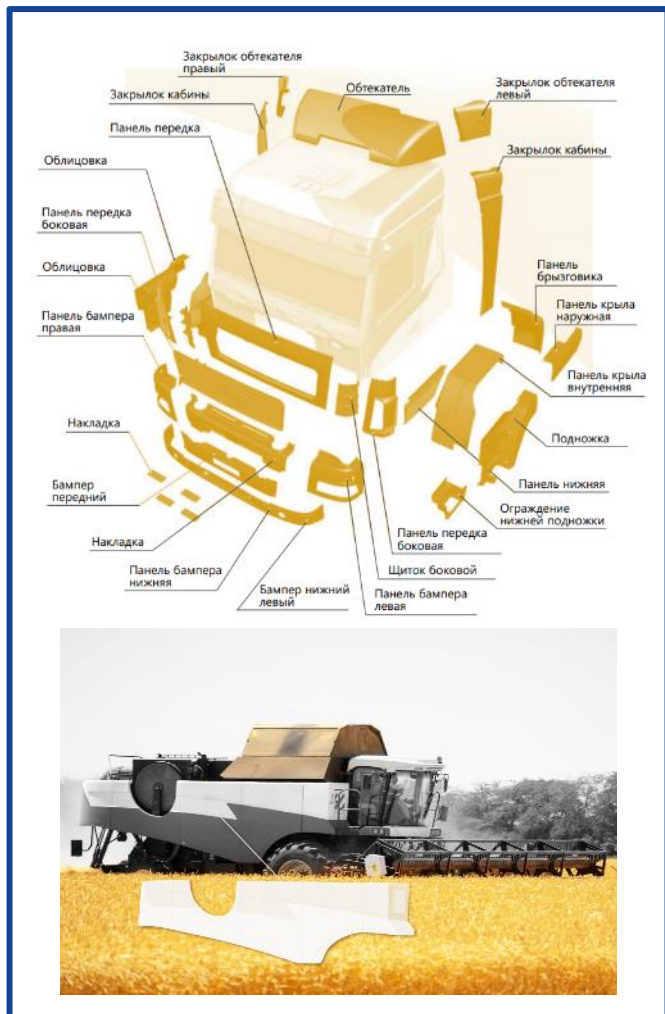


**Композитные обсадные трубы
(для строительства скважин)**

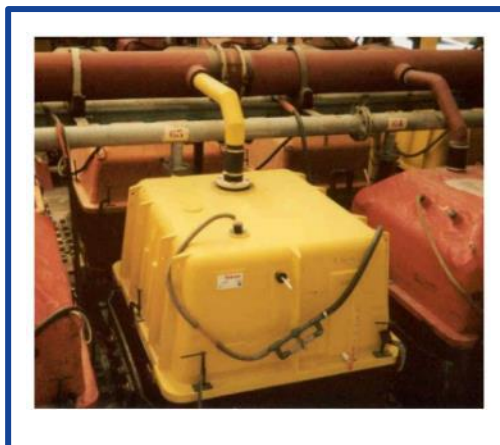


**Литьевая композиция для RIM-
процесса производства
автокомпонентов**

Основные области применения ненаполненных систем ПДЦПД



Автокомпоненты



**Химически стойкие
трубы и емкости**



Машиностроение



**Оборонная промышленность
(применяется за рубежом)**

ПДЦПД на базе Ru катализатора – новый тип полимерной матрицы для композитных материалов (ПКМ)

ТИП ПОЛИМЕРНОЙ МАТРИЦЫ	Плотность, г/см ³	Температура стеклования, °С	Модуль упругости, ГПа	Прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение при растяжении, %	Ударная вязкость по Изоду, кДж/м ²
ФЕНОЛЬНАЯ при 20°С	1,2-1,3	140-180	5,2-7,0	40-70	1-1,5	2,5-10
КРЕМНИЙ-ОРГАНИЧЕСКАЯ при 20°С	1,35-1,4	250-280	6,8-10	25-50	0,3-0,5	2,5-3,5
ПОЛИИМИДНАЯ при 20°С	1,4	250-320	3,2-5,0	90-95	1-2,5	4-12
ПОЛИЭФИРНАЯ при 20°С при -196°С	1,2-1,35	50-80	2,8 - 3,8 5 - 6	30 - 70 70 - 110	1 - 5 1 - 3	3 - 11 -
ЭПОКСИДНАЯ при 20°С при -196°С	1,2-1,3	130-150	2,4 - 4,2 6 - 8	35 - 110 90 - 150	2 - 9 2 - 3	11 - 20 -
ПДЦПД при 20°С при -196°С	1,04-1,1	145-250	1,7 - 4,2 5 - 5,5	50 - 80 130 - 145	2,1 - 9 4 - 8	2 - 20 -

Ключевые потребительские качества ПДЦПД:

- **Технологичность:** изменяемая вязкость (от 1 до 400 сП) и время жизни системы (секунды – часы), хорошая адгезия
- **Ударопрочность и трещиностойкость** в широком диапазоне рабочих температур (мех. свойства обеспечиваются вплоть до -200 °С)
- **Низкое водопоглощение** (более чем в 30 раз меньше, чем у эпоксидных смол)
- **Низкая теплопроводность** (0.175 Вт/(м*К))
- **Диэлектрическая прочность и радиопрозрачность** ($\epsilon = 2.3$, $\text{tg}\delta = 0.005$ при 50Гц; $\rho = 4.2 \cdot 10^{18}$ Ом*см)
- **Химическая и абразивная стойкость**
- **Стоимость** (в сравнении со специализированными смолами)

Проблемы внедрения новых продуктов из композитных материалов при проектировании новых объектов

На массовом рынке продукция из композитных материалов практически всегда конкурирует с традиционными решениями, но даже при существенных преимуществах проектные организации не могут использовать при разработке проектов продукцию из композитных материалов, т.к.:

- Задания на проектирование **объектов изначально включают требования** на применение продукции из «классических» материалов;
- Если в ТЗ заказчика не указано применение продукции из композитных материалов, то проектировщик всегда **выберет проверенное и надежное решение** (в том числе исходя из собственного опыта);
- В ТЗ требуется применение **типовых документов проектирования**, утверждённых у Заказчика, и **других ЛНД**;
- **Отсутствуют своды правил и методики проектирования конструкций, альбомы типовых решений** с применением композитных материалов;
- В специализированном ПО **отсутствуют библиотеки стандартных/типовых изделий** из композитных материалов;
- В сборниках Федеральных единичных расценок (ФЕР) и федеральных сборниках сметных цен (ФССЦ) **отсутствуют стоимости работ и материалов для строительства сооружений из композитных материалов.**

Перспективные области применения ПДЦПД в качестве матрицы для ПКМ



БПЛА



**Авиационная
промышленность**



**Радиопрозрачные
покрытия**



**Диэлектрические
компаунды**



**Железнодорожная
отрасль**



**Баллистическая
защита**



**Абразиво и химически стойкие
трубопроводы и арматура**



**Обогатительное
оборудование**



Судостроение



Строительство и ЖКХ

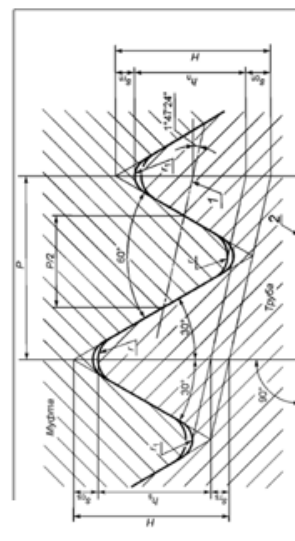
Композитные обсадные трубы ПАО «НК «Роснефть» с ПДЦПД

Преимущества:

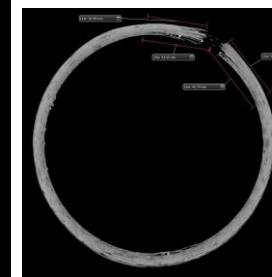
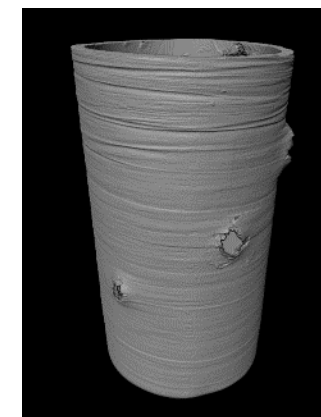
- Снижение стоимости обсадных труб по сравнению со стальными трубами (для определенных типоразмеров и марок стали);
- Увеличение срока эксплуатации труб в агрессивных средах (растворах соляной и плавиковой кислот, нефть с высоким содержанием сероводорода в попутном газе)
- Снижение расходов на логистику, монтажные работы и обслуживание скважины
- Строительство скважин осуществляется с использованием стандартного оборудования (буровые установки, элеваторы, клинья)



Для резьбового соединения выбран профиль резьбы: закругленная треугольная резьба типа LC (ГОСТ 632-80, ГОСТ 34057-2017)



Композитная обсадная труба может быть успешно перфорирована не образуя сквозных трещин (от одного отверстия к другому)



Возможные области применения ПДЦПД

Химически стойкие композитные трубопроводы и емкости

Композиты с ПДЦПД являются новым типом конструкционных материалов, обладающих рядом преимуществ по сравнению с композитами на базе эпоксидных и полиэфирных смол.

Исходя из показателей химической стойкости ПДЦПД и высоких значений рабочих температур возможно создать композитные трубопроводы с новым уровнем свойств.



Показатели химической стойкости ПДЦПД (на примере марки

Телене) Вещество	Температура								
	23°C			60°C			105°C		
	Время выдержки								
	1 мес	3 мес	6 мес	1 мес	3 мес	6 мес	1 мес	3 мес	6 мес
20% Плавиковая кислота	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25% Серная кислота	+	+	+	+	+	+	+	+	+
75% Серная кислота	+	+	-	-	-	-	-	-	-
10% Азотная кислота	+	+	+	+	-	-	-	-	-
50% Азотная кислота	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30% Соляная кислота	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10% Уксусная кислота	+	+	+	+	+	+	+	+	+
70% Ортофосфорная кислота	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30% Фторкремниевая кислота	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30% Кремнефтористая кислота	+	+	+	+	+	+	+	+	+
80% Молочная кислота	+	+	+	+	+	+	+	+	+
50% Гидроксид натрия	+	+	+	+	+	+	+	+	+
50% Гидроксид калия	+	+	+	+	+	+	+	+	+
10% Пероксид водорода	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13% Гипохлорит натрия	+	+	+	+	+	+	+	+	+
30% Гидросульфит натрия	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Глицерин	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Оксид серы	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Сероводород	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Возможные области применения ПДЦПД

Композитные опоры и свайные фундаменты ЛЭП для эксплуатации в зонах вечной мерзлоты

Композитные опоры за счет малого веса легко транспортируются и быстро монтируются. Благодаря большей гибкости, опоры устойчивы к экстремальным климатическим и ветровым нагрузкам. Наиболее применимы опоры ЛЭП из композитных материалов в территориях с трудной доступностью и суровым климатом: в тундре, в горах, на болотистой местности.

Применение ПДЦПД для изготовления опор ЛЭП взамен стандартных связующих позволит: повысить ударопрочность и трещиностойкость композитных опор, в том числе при низких температурах; обеспечить высокую стойкость к воздействию внешней среды.



**Композитные опоры
ВЛ 6–10 кВ
ПАО «Кубаньэнерго»**



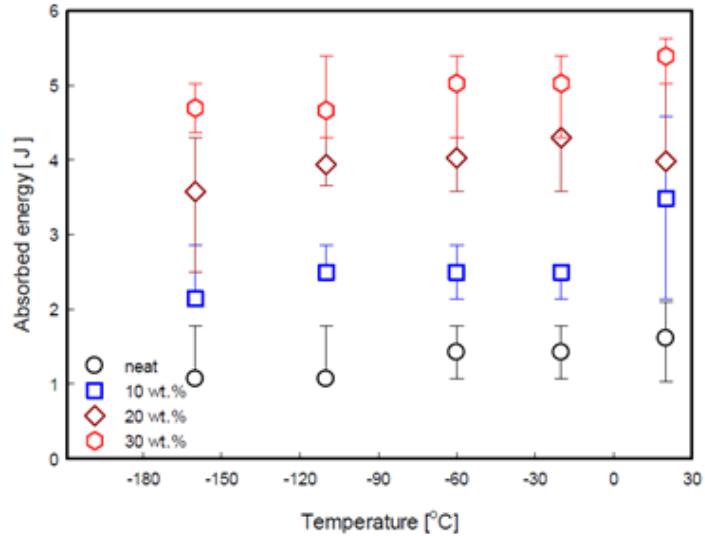
**Композитные опоры
ВЛ 110 кВ
ОАО «Янтарьэнерго»**



**Композитный свайный
фундамент
ПАО «Якутскэнерго»**

Возможные области применения ПДЦПД

Использование композитов на основе ПДЦПД в качестве конструкционных и теплоизолирующих материалов для криогенных емкостей



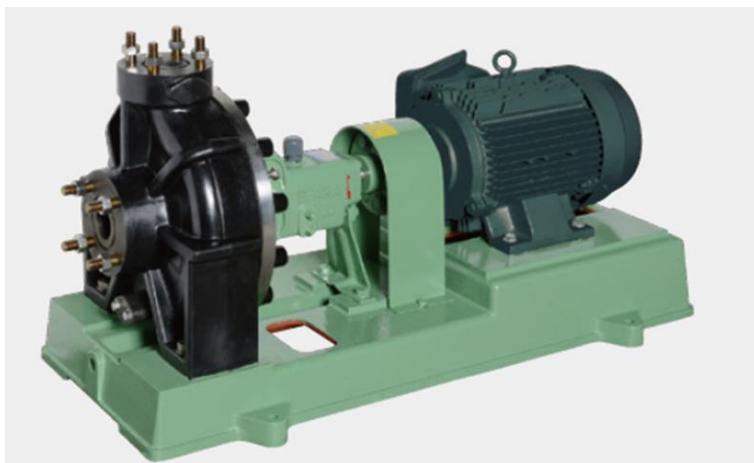
Показатель ударных свойств для композитов с ПДЦПД армированных стекловолокном для разных значений температуры

Композиты с ПДЦПД обладают хорошими физико-механическими характеристиками при низких температурах, что делает их перспективным материалом для криогенной техники.



Возможные области применения ПДЦПД

Насосы и запорно-регулирующая для работы с агрессивными средами



Liquid	Specification	Seawater/Hot spring water/Chemical liquid
	Temperature	-5 to 80°C
	Density	1.0 to 1.6kg/L
Allowable suction pressure		0.2MPa {2.0kgf/cm ² }
Construction	Impeller	Semi-open type
	Shaft seal	Gland packing, Self-flushing, Mechanical seal
	Bearing	Ball bearings/Oil bath, Grease packed
Flange		JIS10K or equivalent (*1)
Materials	Casing	PDCPD (*2)
	Impeller	PDCPD/SUS316
	Shaft	SUS316
	Shaft sleeve	SUS316, Titanium, PDCPD, SUS329J4L
Location		Indoor/Outdoor

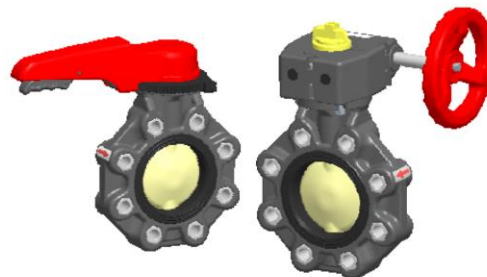
*1. The mating dimensions are the same as those of JIS standards products, but there are some differences in appearance and dimension.

*2. Polycyclopentadiene

Насос компании EBARA (Япония) с рабочим колесом и корпусом из ПДЦПД (PDCPD)

ПДЦПД дисковая заслонка
компании **ASAHI**

DN 80 – 250 мм. (3' - 10')



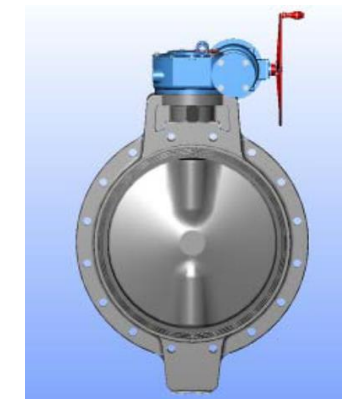
ПДЦПД дисковая заслонка
компании **FRANK**

DN 40 – 1200 мм.



ПДЦПД дисковая заслонка
компании **ASAHI**

700 – 1200 мм. (28' - 48')

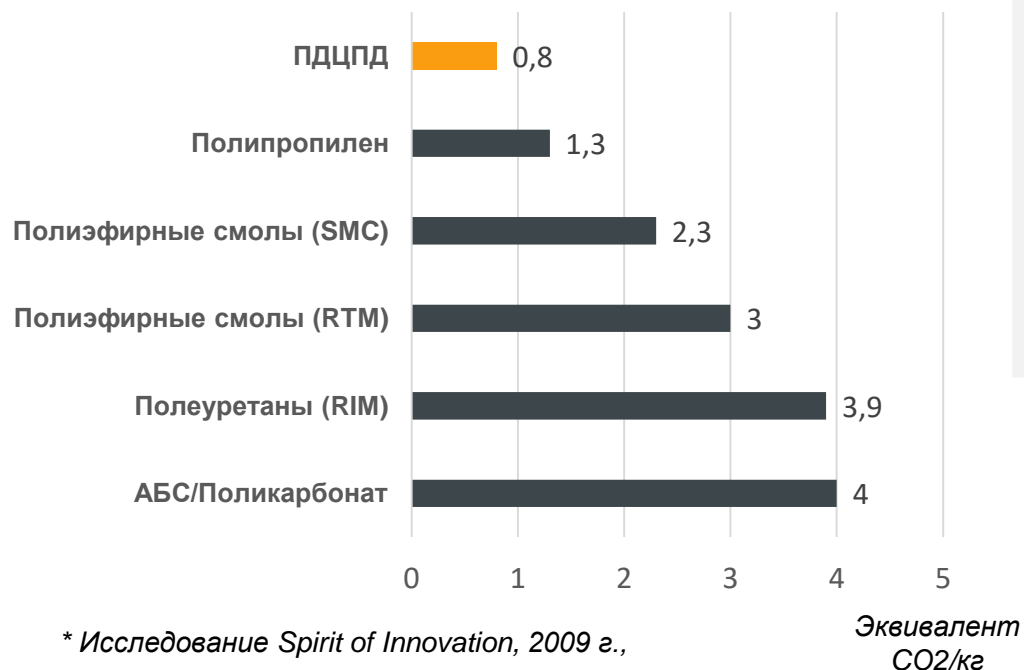


Type	PDCPD BUTTERFLY VALVE		
Body Materials	PDCPD		
Models	Wafer		
	mm	inch	
Nominal Size	700	28	○
	800	32	○
	850	34	○
	900	36	○
	1000	40	○
	1100	44	○
	1200	48	○

Применение ПДЦПД обеспечивает высокую абразивную стойкость, снижение теплотерь и меньшее энергопотребление

Экологичность ПДЦПД по сравнению с другими полимерами и смолами

Эффект парниковых газов (на 1 кг готового изделия)*



Потенциально применение ПДЦПД может решить проблему утилизации элементов ветрогенераторов.

ПДЦПД	Эпоксидные и полиэфирные смолы в стеклопластике***
<p>При сжигании смолы ДЦПД выделяются относительно низкие уровни углеводородных соединений монооксида углерода, оксида азота и диоксида серы**</p> <p>При сгорании ПДЦПД опасные вещества присутствуют в концентрациях ниже обнаруживаемых. Материал не содержит ни одного из шести опасных веществ, указанных директиве RoHS. Выделяемые продукты горения находятся на уровне полипропилена – одного из самых экологичных полимеров.</p>	<p>При химическом сжигании стеклопластиковых изделий для судостроительной и строительной отрасли выделялись следующие токсичные вещества:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Толуол ✓ Бензол ✓ Компаунды ксилола ✓ Бифенил ✓ Нафталин

**Лаборатория Hazen Research Inc., Голден, Колорадо

*** Данные TELENE

****Лаборатория Lemieux, Lutes & Santoianni



Основная проблема зеленой энергетики – утилизация композитных материалов

Предлагаемые меры для системного внедрения композитных материалов

- Создание **ежегодно обновляемого справочника по композитным материалам, продукции и типовым проектным решениям на их основе;**
- Разработка **методик расчета изделий и конструкций** на основе композитных материалов, типовых продуктов и проектных решений;
- Внесение продукции и типовых проектных решений в справочники осуществлять на основании **успешно проведенных опытно-промышленных испытаний** или эксплуатации продукции у потребителя;
- **Создание специальных центров испытаний (полигонов) и сертификации** композитных материалов и продуктов, ориентированных в первую очередь на реализацию **крупных и долгосрочных инвестиционных проектов** (например добыча полезных ископаемых в арктической зоне) с признанием сертификата всеми организациями на территории РФ;
- Для каждого типа продукции, применяемого в типовых проектных решениях, необходимо **сформировать перечень производителей**, которые вносятся в реестр по результатам технических аудитов;
- С целью формирования рынка композитных материалов на законодательном уровне **утвердить долю их обязательного применения компаниям с государственным участием** при реализации крупных инвестиционных проектов.