

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Заведующий кафедрой технологии строительных материалов,

изделий и конструкций

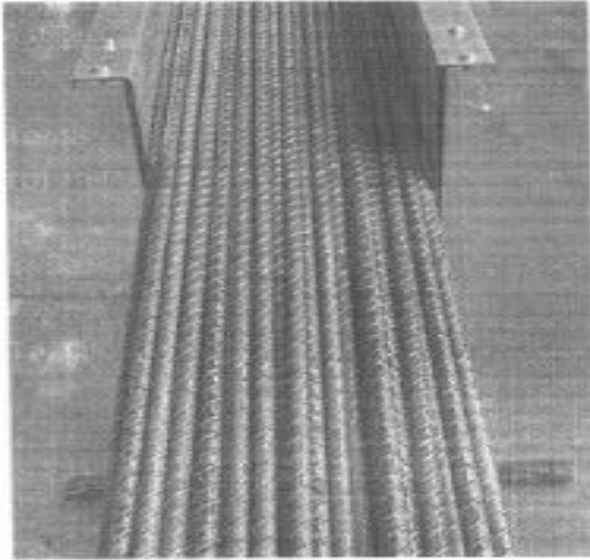
Заслуженный деятель науки Российской Федерации и Республики Татарстан

Доктор технических наук, профессор

Хозин Вадим Григорьевич

ПОЛИМЕРКОМПОЗИТНАЯ АРМАТУРА

Казань, 2017



В последнее время наряду с традиционной стальной арматурой в строительстве все шире используют арматуру стеклокомпозитную полимерную (АСК), изготовленную из стеклянных волокон и полимерных связующих на основе эпоксидных и винил-эфирных смол.

Арматурные стержни производят либо методом пултрузии – протяжкой стеклянного ровинга, пропитанного жидким связующим, через фильеру круглого сечения с одновременной обмоткой сформированного стержня по спирали тонким жгутом, либо методом нидлтрязии – бесфильерным, при котором формирование круглого стержня из собранных в пучок пропитанных прядей ровинга осуществляется винтовой обмоткой его двумя такими же прядями при непрерывной протяжке стержня с заданной скоростью.

АСК по структуре и свойствам относится к волокнистым высокоориентированным полимерным материалам, высокая прочность на растяжение которых обусловлена прочностью неорганических параллельно ориентированных волокон, неподвижно связанных в монолит полимерной матрицей. Высокая адгезия и некоторая пластичность последней обеспечивает непревзойденные показатели их совместной работы под нагрузкой. Благодаря высокой прочности на растяжение (более чем в 3 раза превосходящей прочность стальной арматуры), химической стойкости (АСК не требует защиты от коррозии), относительно низкой плотности (более чем в 3 раза ниже плотности стальной арматуры), низкой теплопроводности, низкой трудоемкости в использовании АСК активно внедряется в отечественный и зарубежный строительные рынки.

Виды АКП

- АСК** – стеклокомпозитную;
- АБК** – базальтокомпозитную;
- АУК** – углекомпозитную;
- ААК** – арамидокомпозитную;
- АКК** – комбинированную композитную.

Тип поверхности АКП:

- песчаные покрытие;
- ребристой со спиральной или переплетающейся намоткой;
- деформированным профилем.

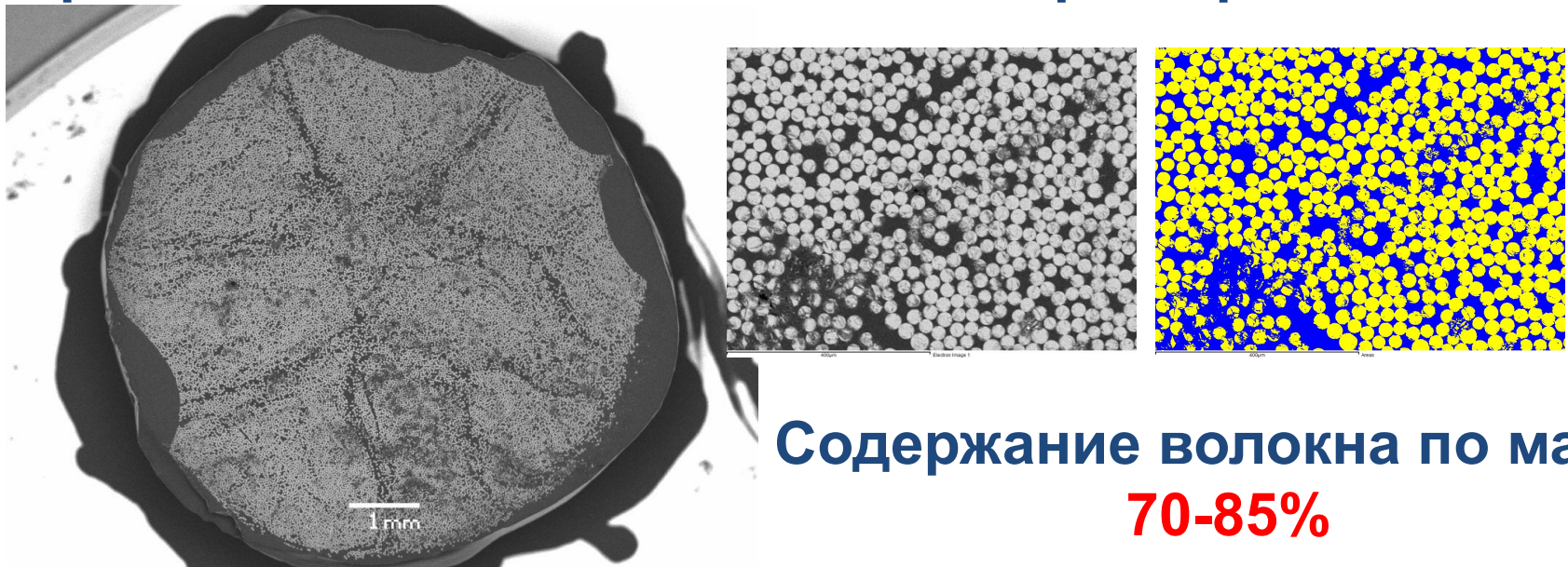


Основное назначение волокна:

- выдерживать нагрузки (гл.образом растягивающие)
- обеспечивать прочность
- расположены по направлению основных нагрузок

Основные функции смолы:

- передача напряжения между волокнами
- обеспечение боковой поддержки и предотвращение вспучивания
- защита волокон от механических повреждений и отрицательного влияния внешних факторов



Содержание волокна по массе
70-85%

Технические требования к АКП

Наименование показателя	АСК	АБК	АУК	ААК	АКК
Предел прочности при растяжении, МПа, не менее	800	800	1400	1400	1000
Модуль упругости при растяжении, ГПа, не менее	50	50	130	70	100
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	300	300	300	300	300
Предел прочности при поперечном срезе, МПа, не менее	150	150	350	190	190

Наименование показателя	Норма
Предел прочности сцепления с бетоном, МПа, не менее	12
Снижение предела прочности при растяжении после выдержки в щелочной среде, %, не более	25
Предел прочности сцепления с бетоном после выдержки в щелочной среде, МПа, не менее	10
Предельная температура эксплуатации, °С, не менее	60

Характеристики ПКА

ПКА обладает рядом неоспоримых достоинств:

- высокая прочность при растяжении R до 1600 МПа (у стали А-400 - 355 МПа);
- низкая объемная плотность ~ 1900 кг/м³, (у стали 7850 кг/м³);
- низкая теплопроводность – 0,45 Вт/м•К (сталь – 58 Вт/м•К; бетон = 1,7 Вт/м•К);
- высокая коррозионная стойкость в агрессивных средах;
- высокое электрическое сопротивление (диэлектрик);
- радиопрозрачность.

... и недостатков:

1. Низкий модуль упругости $E=40000-50000$ ГПа (у стали А-400 - 200000 МПа);
2. Низкая теплостойкость ПКА ($\max t=120$ С);
3. Невозможность изготовления гнутых стержней, сварки в построечных условиях.
- 4. Отсутствие отечественной нормативной базы на проектирование бетонных конструкций, армированных ПКА;**
- 5. Отсутствие отечественной базы исследований долговременной прочности и опыта эксплуатации конструкций, армированных ПКА.**



№5

+7(3412) 77-47-48

Производитель ООО «КомАР»
427966, УР, г.Сарапул, ул.Гоголя, д.40
www.komarmatura.ru

Стеклопластиковая арматура усиленная нанокompозитами

ТУ 2296-001-24488682-2014 ГОСТ 31938-2012

Общая информация

Стеклокомпозитная арматура (АСК) это новый высокотехнологичный продукт, который является отличной альтернативой металлической арматуре.

Другие ее названия: стеклопластиковая арматура, полимерная арматура, композитная арматура.

Технические характеристики позволяют применять ее:

- при строительстве объектов дорожно-транспортной инфраструктуры (для укрепления дорожного основания, армирования дорожных покрытий, настилов и ограждений мостов, ограждений и блоков разделительных полос, бордюрных камней, дорожных и тротуарных плит);
- при строительстве сооружений, эксплуатирующихся в условиях высоких напряженностей электромагнитных полей и разности потенциалов (боксы ЯМР-томографии, опорные конструкции высоковольтных линий и подстанций, железнодорожные шпалы и т.д.);
- при строительстве объектов химпроизводств, захоронений, объектов водоподготовки и водоочистки, мелиорации (армирование бетонных ёмкостей и хранилищ очистных сооружений и химических производств, в стеновых панелях промышленных зданий с агрессивными средами, элементов инфраструктуры химических производств и т.д.);

- при строительстве морских и портовых сооружений;
- при строительстве объектов городской подземной инженерной инфраструктуры (в фасонных изделиях для коллекторов коммунальных систем, канализационных коллекторов и колодцев, проходных лотков, труб водоотведения и т.д.);
- при строительстве армобетонных судов и плавающих сооружений (понтонны, дебаркадеры, поплавки буровых платформ и т.д.);
- при строительстве шахт и тоннелей метрополитенов;
- для ремонта и восстановления мостов, элементов зданий и сооружений;
- при производстве работ по укреплению грунтов (укрепление насыпей, крепление откосов, подпорных стен, крепление бортов в выемках и котлованах, сводов горных выработок, укрепление береговой линии);
- для изготовления гибких связей в многослойных теплосберегающих ограждающих конструкциях;
- для армирования трехслойных стеновых панелей с гибкими связями;
- для изготовления дюбелей для крепления теплоизоляции стен зданий;
- для изготовления стержней и сеток, для усиления несущей способности кирпичных конструкций;
- в изделиях, на основе гипсовых вяжущих;
- в бетонных элементах и сооружениях на распределенном основании (фундаменты, полы, плиты и т.д.);
- в бетонных изделиях с ненапряженной и преднапрягаемой арматурой (буронабивные сваи, заборы, дорожные плиты, опоры ЛЭП и осветительные столбы и т.д.).

Испытания показали следующие преимущества нашей арматуры:

1. Плотность композитной арматуры KomAR превышает все существующие аналоги композитной арматуры на отечественном и зарубежном рынке. Наша арматура более чем в 3,5 раза легче стальной арматуры при равных прочностных характеристиках, что существенно снижает транспортные расходы на доставку, погрузку-разгрузку, а также операционные расходы на строительной площадке.
2. Композитная арматура KomAR не подвергается коррозионному воздействию в большинстве агрессивных сред, в том числе в щелочной среде бетона. По результатам испытаний, проведённых в ОАО «НИЦ «Строительство» НИИЖБ им. А.А. Гвоздева г. Москва, арматура марки KomAR показала снижение прочностных характеристик после 1 месяца выдержки в концентрированной щелочи при температуре 60 C° не более 6%, что соответствует её долговечности в изделии не менее 100 лет.
3. Коэффициент теплового расширения композитной арматуры ($5-9 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) сопоставим с бетоном ($7-10 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), что обеспечивает их совместную работу при действии отрицательных и положительных температур, в отличие от стальной арматуры ($13-15 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$), которая при температурных колебаниях деформируется больше, тем самым вызывая высокие внутренние напряжения в бетоне, что приводит к его разрушению.
4. Теплопроводность композита более чем в 100 раз ниже, чем у стали, что исключает создание «мостиков холода» в несущих конструкциях зданий.
5. Предлагаемая арматура KomAR не проводит электрический ток, магнито- и радиопрозрачна, что позволяет применять ее в таких зданиях и сооружениях, как больницы, аэропорты, радиолокационные станции, различные военные сооружения.

Методы крепления

Вяжется композитная арматура KomAR так же как и стальная, проволокой, или же пластиковыми хомутами.

Экологическая безопасность

Композитная арматура KomAR не токсична, по степени воздействия на организм человека и окружающую среду относится к 4 классу опасности – малоопасная.

Описание продукции

Композитная арматура KomAR представляет собой стержень наружным диаметром от 4 до 20 мм с равномерно распределенной спиральной рельефностью любой строительной длины.

Общие сведения о ПКА

В качестве связующих в ПКА, как и в других конструкционных полимерных композитах используют эпоксидные смолы – олигомеры (см. таблицу 2), отверждаемые ангидридами органических кислот, поскольку именно они обеспечивают не только высокую прочность, но и теплостойкость (хотя последняя ($\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$) не всегда достаточна для несущих конструкций).

Таблица 2.

Свойства	Смолы				
	Поли-эфирные	Фенол-формаль-дегидные	Эпоксид-ные	Кремний-органи-ческие	Поли-имидные
1. Плотность, г/см ³	1,1-1,46	1,2-1,36	1,1-1,4	1,15-1,36	1,2-1,45
2. Модуль упругости при растяжении, ГПа	1,5-4,5	1,4-6,8	1,9-5,0	1,5-3,7	3,2-5,5
3. Прочность при растяжении, МПа	23,5-68,5	22,5-78,3	27,4-140	6,6-34,2	90-95
4. Относительное удлинение при разрыве, %	0,5-0,6	0,4-0,3	1,2-10,0	0,3-1,5	1,0-4,0
5. Удельная ударная вязкость, кДж/м ²	2,0-10,7	2,0-11,3	2,9-24,5	2,3-5,4	4,0-12,0
6. Температурный коэффициент линейного расширения $\times 10^6$, К ⁻¹	60-90	60-80	48-80	20-40	50-58
7. Усадка при отверждении, %	4-15	0,5-7,0	0,5-3,6	2,1-4,3	0,5-2,0
8. Водопоглощение за 24 ч, %	0,15-0,6	0,15-0,6	0,03-0,3	0,05-0,2	0,01-0,6
9. Коэффициент теплопроводности, Вт/(м×К)	0,12-0,23	0,23-0,27	0,17-0,21	0,4-0,6	0,35-0,37
10. Диэлектрическая проницаемость при 10 ⁶ , Гц	4,1-4,5	3,0-5,0	3,2-4,5	2,6-4,2	3,4-3,8
11. Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом×м	10 ¹² -6×10 ¹³	10 ⁹ -10 ¹⁰	10 ¹³ -8×10 ¹⁴	10 ¹² -10 ¹³	10 ¹⁴ -10 ¹⁵
12. Тангенс угла диэлектрических потерь	0,022-0,024	0,015-0,035	0,01-0,03	0,001-0,025	0,001-0,005
13. Теплостойкость по Мартенсу, °С	60-80	140-180	140-150	250-280	250-370

Общие сведения о ПКА

ЛУ

Несмотря на высокую прочность при растяжении, коррозионную стойкость, малый вес, высокие диэлектрические свойства ПКА существует ряд факторов, значительно ограничивающих область ее применимости и не позволяющих начать массовое внедрение в строительстве. Это - низкие модуль упругости и теплостойкость, невозможность изготовления гнутых стержней и сварки в построечных условиях, отсутствие отечественной нормативной базы для проектирования бетонных конструкций, армированных ПКА.

Таблица 3.

Материал	Плотность ρ , г/см ³	Прочность при растяжении σ_p , ГПа	Модуль упругости при растяжении E_p , ГПа	Удельная прочность, s_p , г		Удельный модуль упругости E_p/ρ	
				ГПа/г×см ⁻³	% к ЭП-679	ГПа/г×см ⁻³	% к АМГ-6
Полимерные армированные материалы							
1. Стеклопластики:							
однаправленные (1:0)*	2,1	1,6-2,1	56-70	0,76-1,0	314-413	27-33	100-127
перекрестные (2:1)	2,0	1,0-1,2	36-42	0,5-0,6	206-250	18-20	67-74
2. Органопластики:							
однаправленные (1:0)	1,35	1,9-2,5	80-95	1,40-1,85	578-764	59-70	218-260
перекрестные (2:1)	1,35	1,2-1,6	53-63	0,88-1,18	363-487	39-46	144-170
3. Углепластики:							
однаправленные (1:0)	1,5	1,0-1,5	120-180	0,66-1,0	275-413	80-120	296-444
перекрестные (2:1)	1,5	0,6-1,0	80-120	0,40-0,67	165-275	53-80	200-300
4. Боропластики:							
однаправленные (1:0)	2,0	1,5	240	0,75	300	120	444
перекрестные (2:1)	2,0	0,9	160	0,45	185	80	300
Металлические сплавы							
5. Алюминия АМГ-6	2,64	0,34	72	0,13	55	27	100
6. Магния МА-2-1	1,80	0,32	43	0,18	75	24	90
7. Титана ВТ-3-1	4,50	1,25	110	0,28	115	22	80
8. Бериллия АБМ-1	2,35	0,42	140	0,18	75	60	220
9. Стали ЭП-679	7,89	1,90	200	0,24	100	25	95

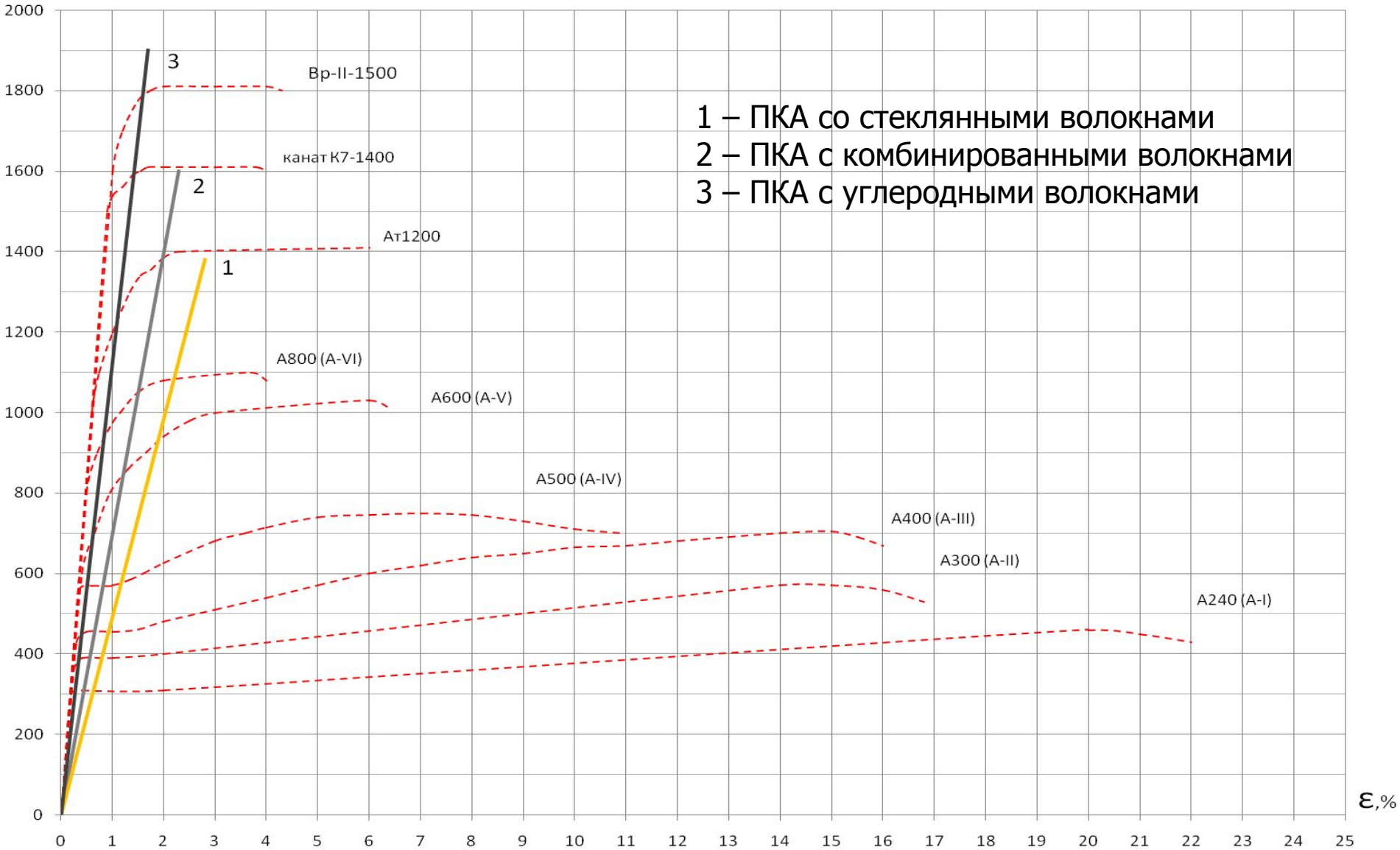
5

$\delta_B, \text{H/мм}^2$

ДИАГРАММА РАСТЯЖЕНИЯ

1- АНС "ЛИАНА"
2- АНБ "ЛИАНА"
3- АНБ ВМ "ЛИАНА"

1 – ПКА со стеклянными волокнами
2 – ПКА с комбинированными волокнами
3 – ПКА с углеродными волокнами



МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ

(проект,
1-я редакция)

**АРМАТУРА КОМПОЗИТНАЯ ПОЛИМЕРНАЯ
ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ БЕТОННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ**

**Метод определения механических характеристик гнутой
арматуры**

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

Москва
Стандартинформ
201_

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ

(проект,
1-я редакция)

**АРМАТУРА КОМПОЗИТНАЯ ПОЛИМЕРНАЯ ДЛЯ
АРМИРОВАНИЯ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Методы определения реологических характеристик

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

Москва
Стандартинформ
201_г

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

**ГОСТ
32487
2015**

**АРМАТУРА КОМПОЗИТНАЯ ПОЛИМЕРНАЯ
ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ БЕТОННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ**

**Методы определения характеристик стойкости
к агрессивным средам**

Издание официальное



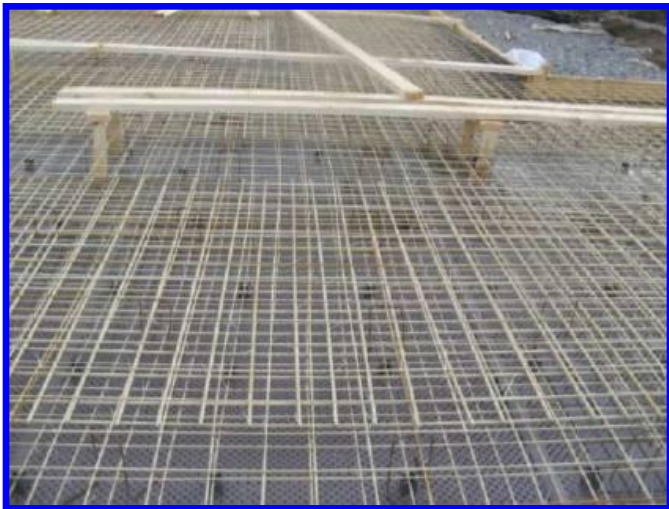
Москва
Стена этиформ
2016

Опыт применения ПКА для армирования бетонных конструкций

**Армирование полов
пром. корпуса , г.Казань
(ООО «АрКом»)**

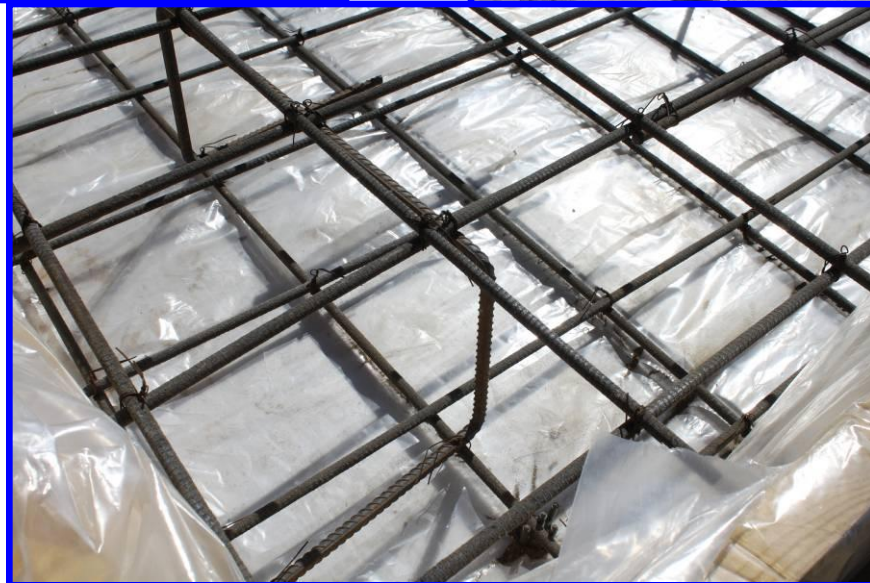


Армирование фундамента коттеджа в г.Пермь (ООО «НПК «Армастек»)



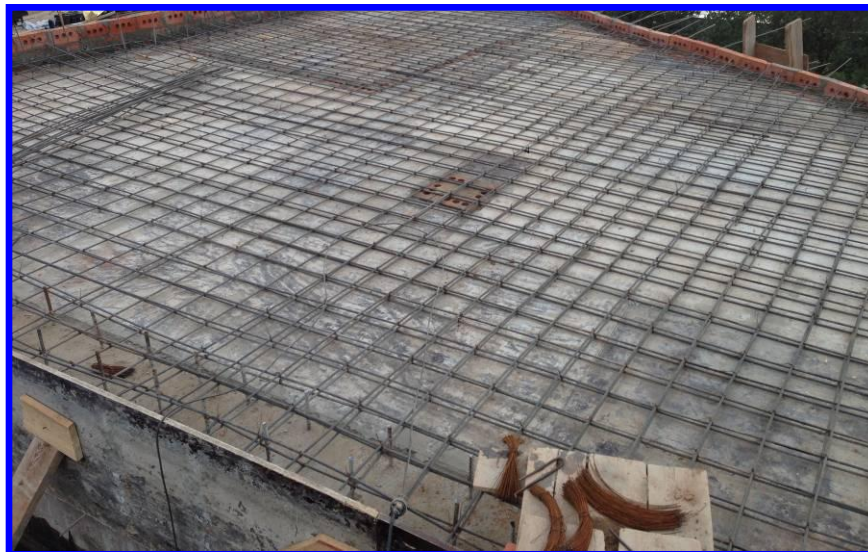
Опыт применения ПКА для армирования бетонных конструкций

Устройство фундаментной плиты, г.Казань (ООО «АНП»)



Опыт применения ПКА для армирования бетонных конструкций

Устройство фундаментной плиты, ленточного фундамента (ООО «АНП»)



Устройство фундаментной плиты, г.Москва



Опыт применения ПКА для армирования бетонных конструкций

**Сваи L-9 м, изготовлены на «Домодедовском заводе железобетонных изделий»
и «Битиар 22» из ПКА «Армаплюс», ТД «ЕвроПластГрупп», г.Москва**



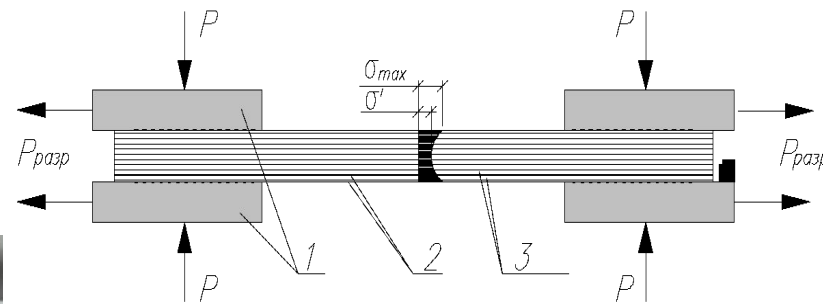
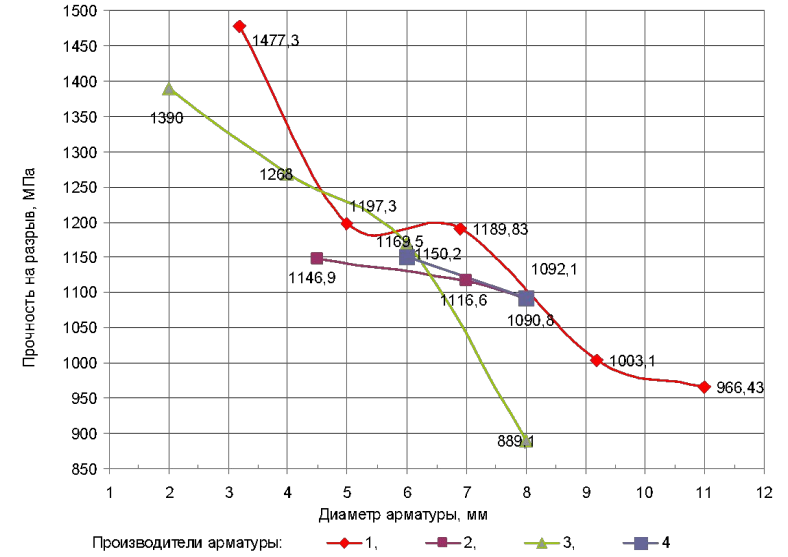
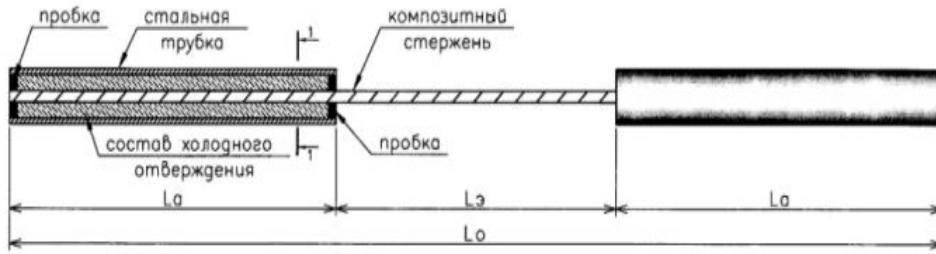
Опыт применения ПКА для укрепления дорог

Укрепление полотна дорожной одежды, Республика Удмуртия, (ООО «КомАр»)



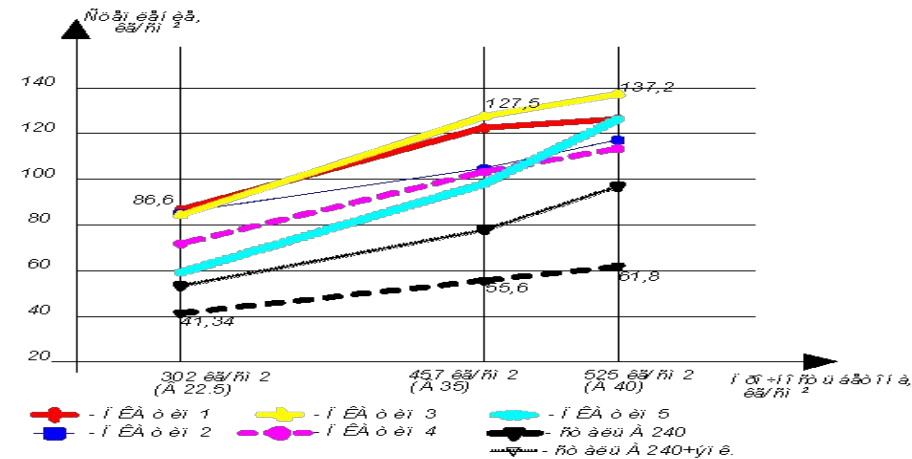
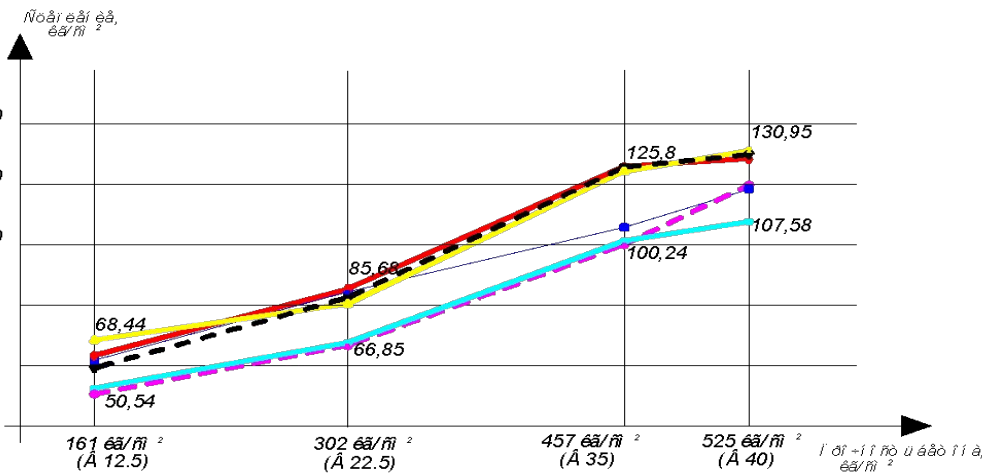
Исследование ПКА

1. Прочность и модуль упругости



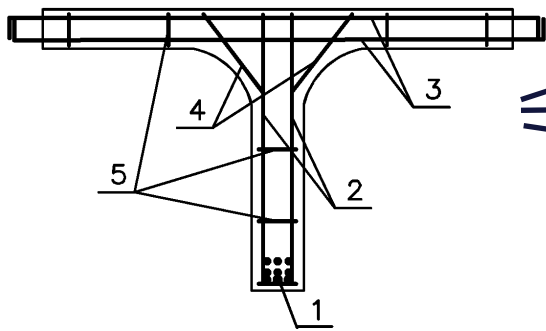
Исследование ПКА

2. Сцепление ПКА с бетоном



Исследование ПКА

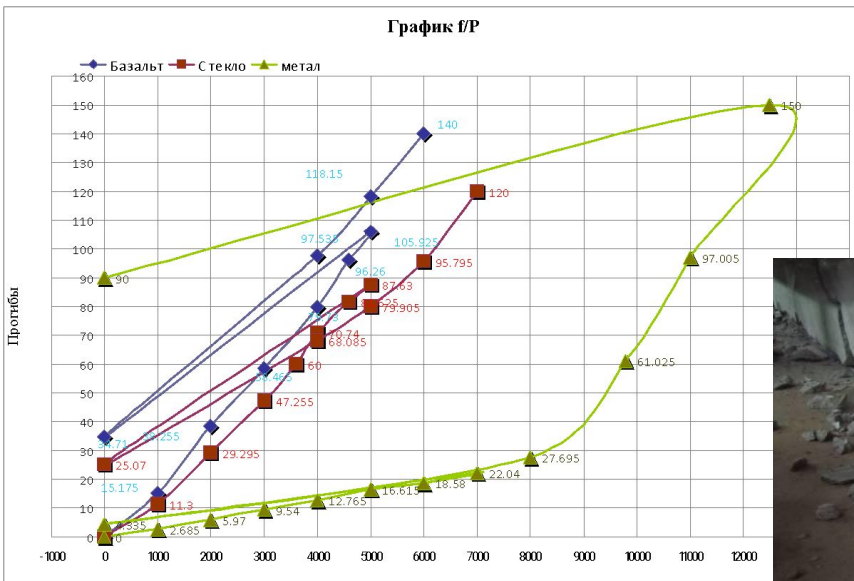
3. Мостовые балки армированные ПКА



Стальная арматура А-400 2 Ø18мм ($R_s = 355\text{МПа}$)

СПА 2 Ø12мм ($R_s = 900\text{МПа}$)

БПА 2 Ø12мм ($R_s = 900\text{МПа}$)



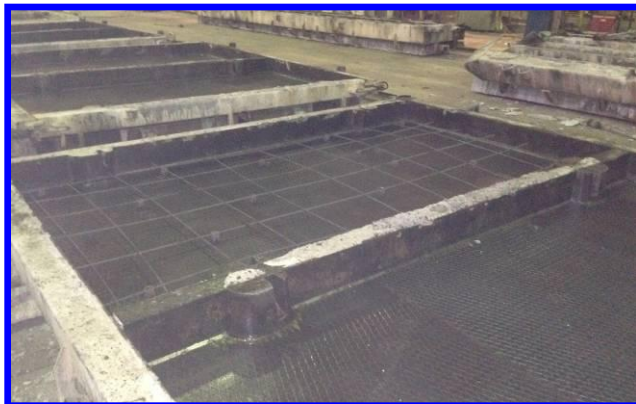
Опытные образцы

Дорожная плита ПД 3x2x0.18 по ГОСТ 8829-77, армированная полимеркомпозитной АСП-7, (ООО НПФ «УралСпецАрматура-Татарстан»)



**Испытание плиты по прочности:
7 тн (к.н.), 12 тн (факт.)**

Опытные образцы
Дорожная плита 2П30.18-30, выполненная по ГОСТ 21924.2-84, армированная
композитной арматурой Ø6, 8 000 «АрКом», ООО «АНП» г.Казань.



Армирование плиты



Бетонирование плиты



**Контрольная нагрузка 3.8т –
трещины отсутствуют**



**Контрольная нагрузка 8т –
плита не разрушена**

Перспективы

Цели, стоящие перед научными организациями:

1. Совершенствование технологии производства ПКА (связующие, прочность, Е, рельеф, теплостойкость)
2. Изучение совместной работы ПКА с бетоном от технологии изготовления до условий эксплуатации.
3. Экспериментальные исследования бетонных конструкций, армированных ПКА (изготовление, испытание, расчет, разработка ТУ, сертифицирование) для создания базы - реестра композитбетонных конструкций.
4. Обоснование экономической эффективности применения ПКА в строительстве.

Для всего этого необходим центр ПКА, который бы занимался всеми выше приведенными вопросами. Стоимость центра приблизительно \$1 млн.

Спасибо за внимание!

Наши координаты:

420043, г.Казань, ул.Зеленая, д.1

Казанский государственный архитектурно-строительный университет,

каф.ТСМИК, тел./факс: (843) 238-39-13, E-mail: khozin@ksaba.ru