

Дисперсное армирование бетона. Фибробетоны

Фибробетон — особо прочный вид бетона, армированного по всей своей площади металлическими и неметаллическими волокнами - **фиброволокном**. Такой бетон представляет собой обычную смесь цемента, песка, крупного заполнителя и воды, дополненную определенным количеством стальных или других волокон (фибр). Иногда добавляется пластифицирующая добавка, чтобы улучшить обрабатываемость смеси. Дискретные волокна производятся из различных материалов — от полипропилена до стали, в различных конфигурациях, длинах и поперечных сечениях.





В качестве армирующего волокна могут использоваться следующие материалы:

- стальная проволока или пластины ;
- стекловолокно;
- полипропиленовое волокно;
- полиэтиленовое;
- полиамидное;
- базальтовое;
- асбестовое;
- углеродное;
- карбоновое;
- акриловое;
- полиэфирное;
- нейлоновые нити
- вискозные;
- хлопковые.



Прóволока — металлическая нить, шнур.

Проволока обычно круглого, реже — шестиугольного, квадратного, трапециевидного или овального сечения из стали, алюминия, меди, никеля, титана, цинка, их сплавов и других металлов. Выпускают также биметаллическую и полиметаллическую проволоку. Проволока получается путём протяжки (волочения) через последовательно уменьшаемые отверстия. Проволока выпускается различного диаметра (до нескольких миллиметров).



Стекловолокно́ (стеклонить) — волокно или комплексная нить, формируемые из стекла. В такой форме стекло демонстрирует необычные для себя свойства: не бьётся и не ломается, а вместо этого легко гнётся без разрушения. Это позволяет ткать из него - стеклоткань.

Стекловолокна естественного происхождения встречаются в местах, где в прошлом происходили извержения вулканов, название данного вида волокон — волосы Пеле. Волосы Пеле имеют химический состав базальтовых пород, имеют включения кристаллов и по физико-механическим свойствам не являются аналогами стекловолокна.



Полипропиленовое волокно -

синтетическое волокно, формируемое из расплава полипропилена.

Полипропиленовое волокно по эластичности, устойчивости к двойным изгибам, как правило, превосходит полиамидные волокна, но уступает им по стойкости к истиранию. Обладает хорошими теплоизоляционными свойствами, имеет высокую стойкость к действию кислот, щелочей, органических растворителей. Термо-и светостойкость полипропиленового волокна сравнительно невысоки и в значительной мере определяются эффективностью вводимых в них стабилизаторов.



Полиамидные волокна — это синтетические волокна из полиамидов. Обычно для производства полиамидных волокон используют линейные полиамиды, молекулярный вес которых превышает 10000. Полиамидные волокна отличаются высокой упругостью, низким начальным модулем упругости при растяжении, высоким сопротивлением истиранию. Полиамидные волокна устойчивы к действию многих химических реагентов, хорошо противостоят биохимическим воздействиям.



Базальтовое волокно — материал, получаемый из природных минералов путем их расплава и последующего преобразования в волокно без использования химических добавок. Производство базальтовых волокон основано на получении расплава базальта в плавильных печах и его свободном вытекании через специальные устройства, изготовленные из платины или жаростойких металлов. Плавильные печи могут быть электрическими, газовыми, или оборудоваться мазутными горелками. В качестве сырья для производства базальтовых волокон, используются базальтовые горные породы



Асбэст (греч.— неразрушимый) — собирательное название группы тонковолокнистых минералов из класса силикатов. В природе это агрегаты, состоящие из тончайших гибких волокон.



Акриловое волокно —
синтетическое волокно,
получаемое путём
формования из растворов
полиакрилонитрила или
его производных. Само
волокно прочное,
жёсткое, устойчивое к
окрашиванию.
Содержание добавок
варьируется в
зависимости от типа
волокна.



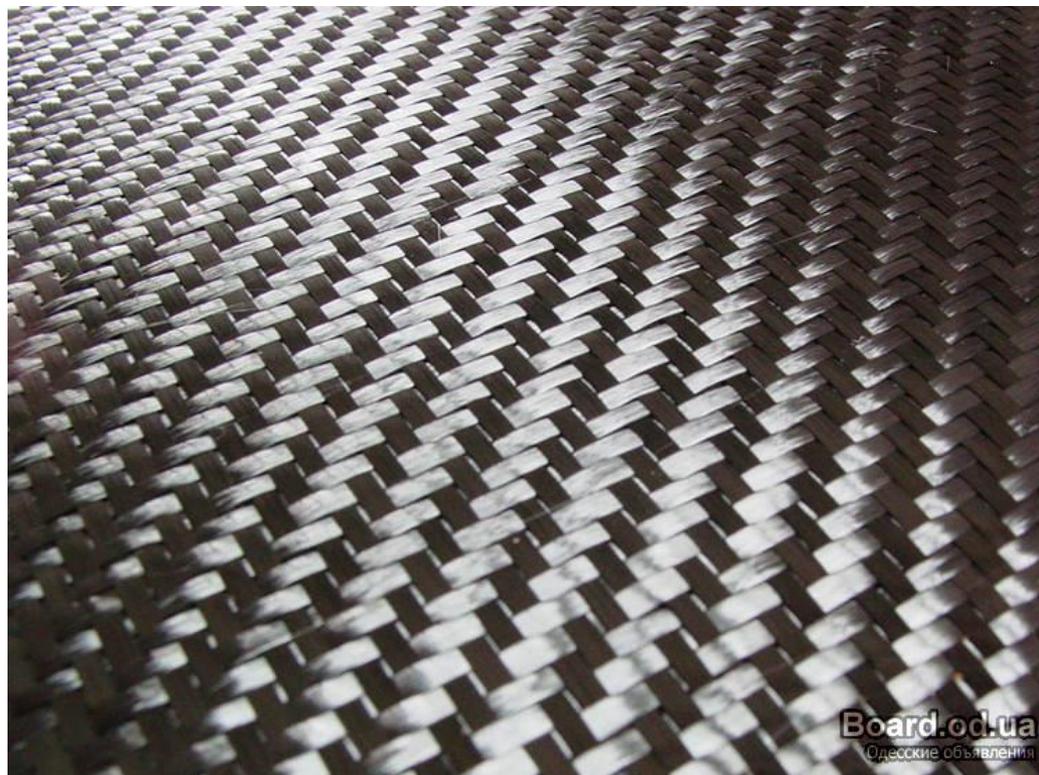
Вискóзное волокно́ (от латинского *viscosus* — клейкий) — искусственное целлюлозное волокно, получаемое переработкой природной целлюлозы. Производится в виде текстильных и кордовых нитей и штапельного волокна.



Хлопок — волокно растительного происхождения, покрывающее семена хлопчатника, важнейшее наиболее дешёвое и распространённое растительное волокно



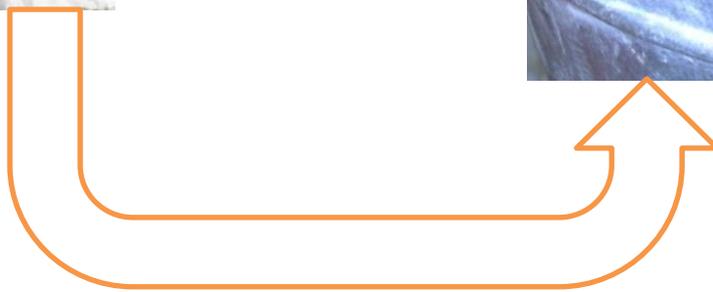
Углеродное волокно — материал, состоящий из тонких нитей диаметром от 5 до 15 микрон, образованных преимущественно атомами углерода. Атомы углерода объединены в микроскопические кристаллы, выровненные параллельно друг другу. Выравнивание кристаллов придает волокну большую прочность на растяжение. Углеродные волокна характеризуются высокой силой натяжения, низким удельным весом, низким коэффициентом температурного расширения и химической инертностью.



Основные свойства и показатели различных видов волокон

Волокно	Плотность, г/см ³	Прочность на растяжение, МПа	Модуль упругости, МПа	Удлинение при разрыве, %
Полипропиленовое	0,9	400–700	3500–8000	10–25
Полиэтиленовое	0,95	600–720	1400–4200	10–12
Нейлоновое	1,1	770–840	4200–4500	16–20
Акриловое	1,1	210–420	2100–2150	25–45
Полиэфирное	1,4	730–780	8400–8600	11–13
Хлопковое	1,5	420–700	4900–5100	3–10
Асбестовое	2,6	910–3100	68 000–70 000	0,6–0,7
Стеклянное	2,6	1800–3850	7000–8000	1,5–3,5
Стальное	7,8	600–3150	190 000–210 000	3–4
Углеродное	2	2000–3500	200 000–250 000	1,0–1,6
Карбоновое	1,63	1200–4000	280 000–380 000	2,0–2,2
Полиамидное	0,9	720–750	1900–2000	24–25
Вискозное сверхпрочное	1,2	660–700	5600–5800	14–16
Базальтовое	2,60–2,70	1600–3200	7000–11 000	1,4–3,6

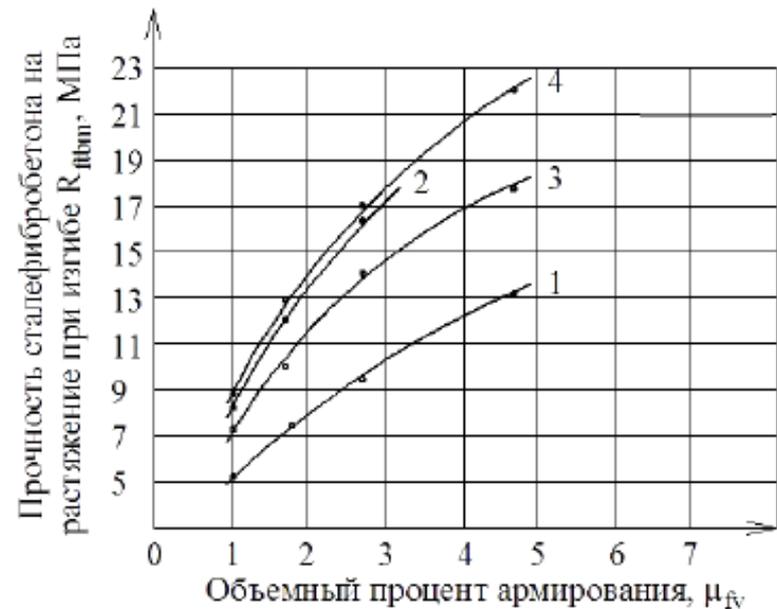
ПРОВОЛОЧНАЯ ФИБРА ИЗ ОТРАБОТАННЫХ КАНАТОВ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ВИД ДИСПЕРСНОЙ АРМАТУРЫ



- **Объемы производства и применения стальной фибры постоянно растут. В мировой практике используется свыше **300 тыс. т.** стальной фибры в год.**
- **В Республике Казахстан объем применения этого перспективного материала значительно меньше по причине:**
 - **- отсутствие его производства;**
 - **- непонимание казахстанскими строителями возможностей и преимуществ материала (применяется в основном в промышленных полах АО «Азия Авто», Риддерский механический завод ТОО «Казцинк»)**

Улучшение свойств бетона при дисперсном армировании стальной фиброй

- - предел прочности при растяжении увеличивается в **2,5-3** раза, при изгибе в **3,5** раза и при сжатии в **1,5** раза;
- - ударная прочность повышается в **10** раз;
- - морозостойкость, водонепроницаемость, сопротивление истираемости – в **2** раза;
- - трещиностойкость – до **3** раз



Снижение трудозатрат

- **сокращает** или полностью исключает **арматурные работы**, что позволяет сократить трудовые затраты на их проведение до 40%;
- - фибра может применяться в нестандартных конструкциях, где проблематично использовать арматуру
- высокая технико-экономическая эффективность СФБ-конструкций по сравнению с железобетонными достигается вследствие уменьшения трудоемкости и материалоемкости, повышении долговечности и увеличения межремонтного ресурса

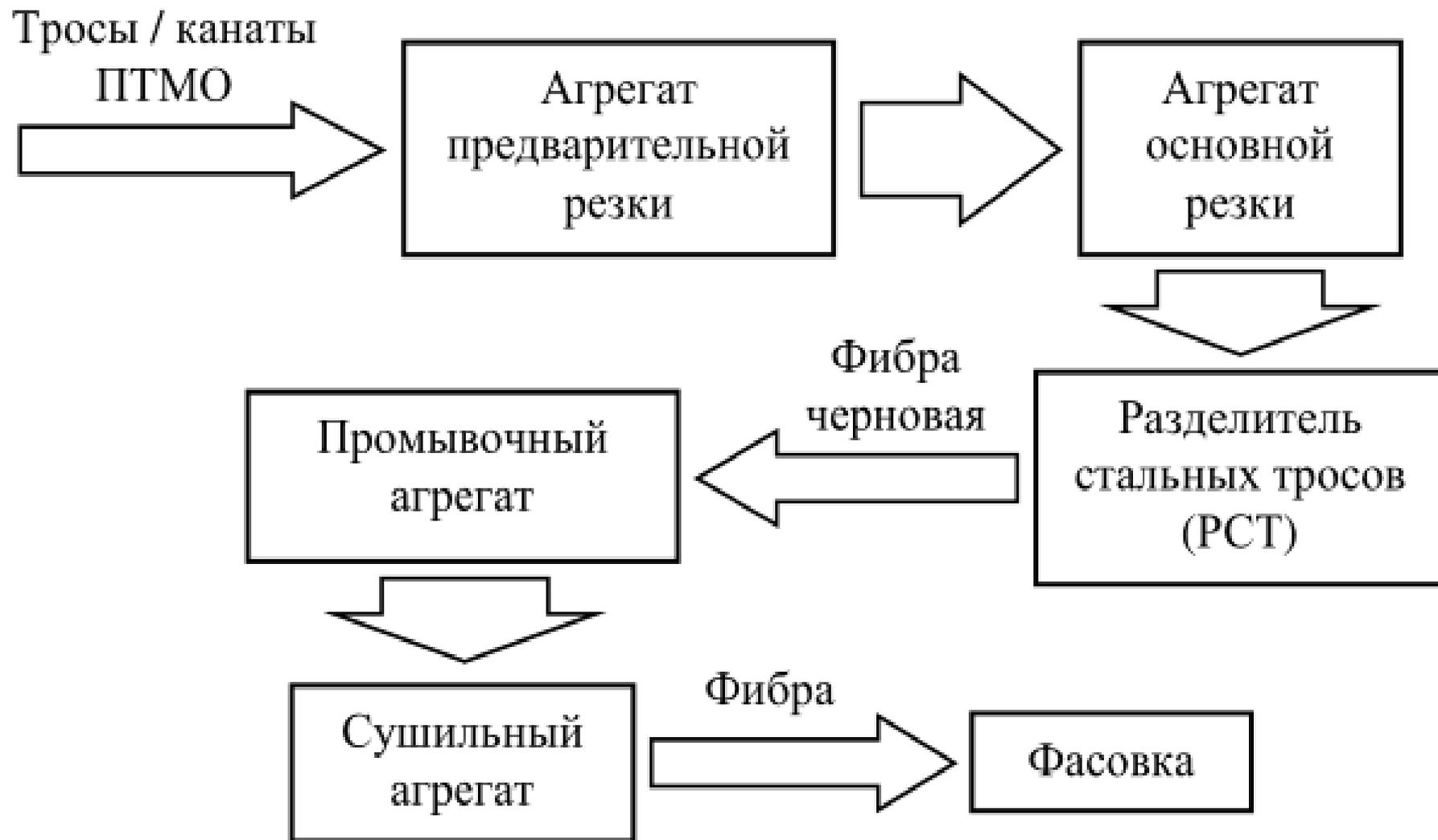
Производство фибры в Казахстане

- В настоящее время для получения фибры из отработанных канатов организовано **ТОО «Научно-производственное объединение ИННОТЕХ»** в рамках подпроекта «Технология изготовления фибры из техногенных отходов», финансируемого в рамках проекта «Стимулирование продуктивных инноваций», поддерживаемого Всемирным Банком и Правительством Республики Казахстан

Конкурентные преимущества

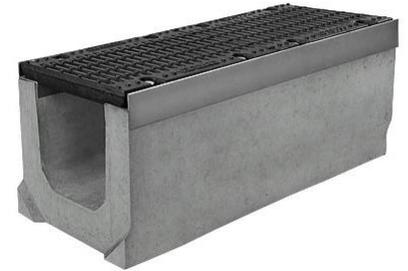
- 1 Импортируемая фибра - **200-300** тенге/кг
- 2 Себестоимость отработанных стальных канатов, применяемых в мостовых, подвесных, строительных кранах и надшахтных копрах - **30** тенге/кг
- 3 Предварительная стоимость фибры из отработанных стальных канатов (ТОО «Научно-производственное объединение ИННОТЕХ») **100-150** тенге/кг

Схема линии для изготовления фибры из отработанных канатов



Область применения дисперсного армирования

- ✓ Строительство объектов гражданского и промышленного назначения (динамически нагруженные конструкции);
- ✓ Ограждающие конструкции и теплоизоляционные изделия на основе легких и ячеистых бетонов;
- ✓ Огнеупорные конструкции;
- ✓ Радиационно-защитный бетон;
- ✓ Компонент сухих смесей (ремонтные работы, торкретирование);
- ✓ Промышленные полы и стяжки.



Монолитные конструкции и сооружения -

автомобильные дороги, промышленные полы, мостовые настилы, ирригационные каналы, взрыво - и взломоустойчивые сооружения, водоотбойные дамбы, огнезащитная штукатурка, емкости для воды и других жидкостей, обделки тоннелей, пространственные покрытия и сооружения, оборонные сооружения, ремонт монолитных конструкций полов, дорог и др.

Сборные элементы и конструкции - железнодорожные шпалы, трубопроводы, балки, ступени, стеновые панели, кровельные панели и черепица, модули плавающих доков, морские сооружения, взрыво- и взломоустойчивые конструкции, плиты аэродромных, дорожных, тротуарных покрытий и креплений каналов, элементы мостов, сваи, шпунт, элементы пространственных покрытий и сооружений, уличная фурнитура

Возможная область применения проволочной фибры на основе зарубежного опыта

- **ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПОЛЫ**

- Наиболее широкое применение в настоящее время стальная фибра находит при возведении промышленных полов. При этом решаются проблемы **трещинообразования**, увеличивается **долговечность** и **уменьшается трудоемкость изготовления**. В связи с этим, проектные организации повсеместно включают в проекты промышленных полов использование фибробетона со стальной фиброй.

**Основные
преимущества
фибробетонных полов
включают:**

- 1. Снижение толщины покрытий на 30-50%.**
- 2. Увеличение срока службы в 2-3 раза.**
- 3. Снижение затрат на ремонт покрытий.**
- 4. Отказ от арматурных работ в покрытиях, где предусмотрена стержневая арматура.**



ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПОЛЫ

СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ

- При погружении забивных свай в тяжелые и средние грунты имеет место преждевременное разрушение голов, а иногда и стволов железобетонных свай, в результате чего они не могут быть погружены до проектных отметок, что приводит к снижению расчетных сопротивлений и надежности свайных фундаментов.
- **Сталефибробетонные сваи** обладают высокой **ударостойкостью**, обеспечивающей бездефектное погружение до проектных отметок. Сваи можно забивать на одинаковую глубину, что позволяет избежать срезки стволов перед устройством ростверка. Способность к восприятию значительной энергии удара **сокращает время погружения** свай на 50 %, повышает возможности сваебойного оборудования и производительность сваебойных работ.

ФУНДАМЕНТЫ ПОД ОБОРУДОВАНИЕ

- **Высокая динамическая прочность, ударная прочность, трещиностойкость, долговечность, экономия арматуры.**



Несъёмная опалубка

- Применение сталефибробетонной несъемной опалубки вместо инвентарной щитовой позволяет **снизить трудозатраты** на строительной площадке на **20–25 %**, а также **сократить сроки строительства**.



Несъёмная опалубка

- ЦНИИпромзданий разработана номенклатура сталефибробетонных тонкостенных элементов несъемной опалубки. Сталефибробетонные плиты толщиной **15 мм** использовались в качестве опалубки трестом № 39 Главзапстроя при возведении **монолитных фундаментов** под колонны. Трест «Казметаллургстрой» (Темиртау) освоил производство плит несъемной опалубки толщиной **20 мм** с фиброй из отработанных канатов.

Кольца смотровых колодцев

- Представляет интерес применение сталефибробетона в кольцах водопроводных и канализационных сетей.
- НИИЖБ запроектированы кольца смотровых колодцев диаметром 1000 и 1500 мм с **уменьшенной на 25 % толщиной стенки**, в которых сетчатая арматура полностью заменяется стальной фиброй.
- Применение сталефибробетонных колец позволяет резко **снизить трудозатраты и материалоемкость** конструкций, улучшить их качество и полностью устранить производственный брак.

ЛЮКИ КОЛОДЦЕВ



Трубы

- По сравнению с типовыми железобетонными трубами **несущая способность сталефибробетонных труб** безнапорных и низконапорных выше в 2 и 1,5 раза соответственно.
- В СПбГАСУ разработана **вибрационная технология** сталефибробетонных безнапорных труб и низконапорных труб методом центрифугирования.
- НИИЖБ разработаны рабочие чертежи безнапорных сталефибробетонных труб диаметром 1000 и 1200 мм длиной 3500 мм, с **уменьшенной на 10–15 % толщиной стенок.**



Дорожное строительство

- Улучшенные характеристики сталефибробетона на **растяжение**, его способность выдерживать значительные **ударные нагрузки**, а также повышенные **морозо- и износостойкость** позволили использовать этот материал при строительстве дорог и аэродромов.
- Ввиду высокой **долговечности** фибробетона, увеличивается **срок службы**, что дает дополнительный эффект при эксплуатации сталефибробетонных плит покрытий дорог.

МОСТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ



Малые архитектурные формы

- Интересной областью применения сталефибробетона являются малые архитектурные формы — павильоны, навесы, **цветочные вазы**, **ограждения контейнеров** для ТБО и другие элементы.





Наши изделия



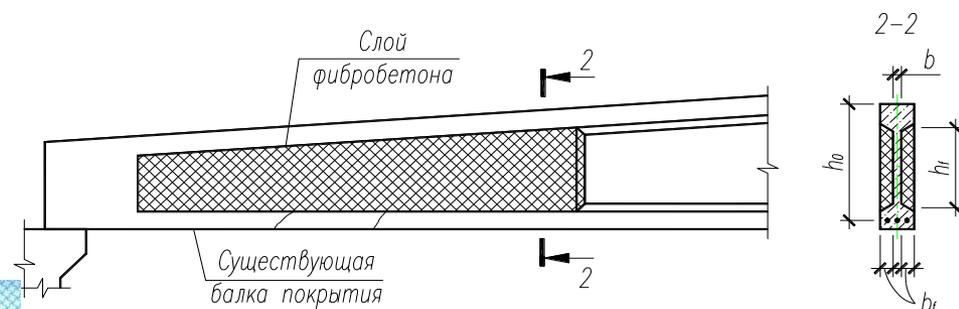
ПЛИТКА ОБЛИЦОВОЧНАЯ И ТРОТУАРНАЯ

- **Влагостойкость.**
- **Морозостойкость.**
- **Ударная прочность.**
- **Износостойкость.**
- **Стойкость к агрессивным воздействиям**



ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УСИЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

- Усиление двутавровой балки покрытия сталефибробетонным



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН



(19) КОМИТЕТ ПО ПРАВАМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
МИНИСТЕРСТВА ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ИННОВАЦИОННЫЙ ПАТЕНТ

(12) № 23652

(11) НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

(54) НАЗВАНИЕ: Способ усиления наклонных сечений железобетонных балок

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УСИЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Способ усиления нормальных сечений изгибаемых железобетонных конструкций

РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН



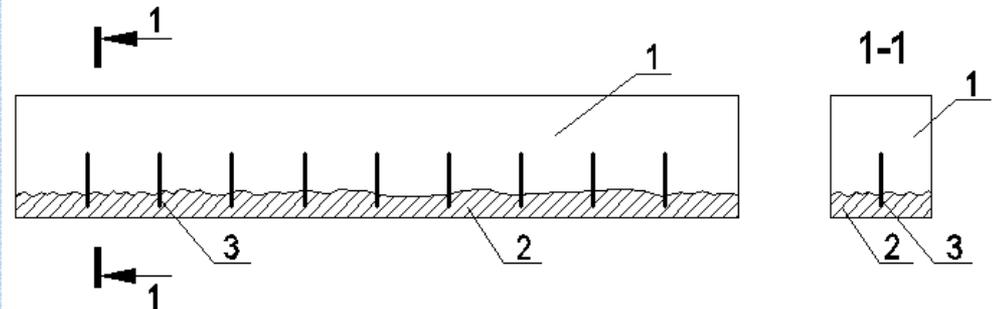
(19) КОМИТЕТ ПО ПРАВАМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
МИНИСТЕРСТВА ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

(12) **ИННОВАЦИОННЫЙ ПАТЕНТ**

(11) № 23199

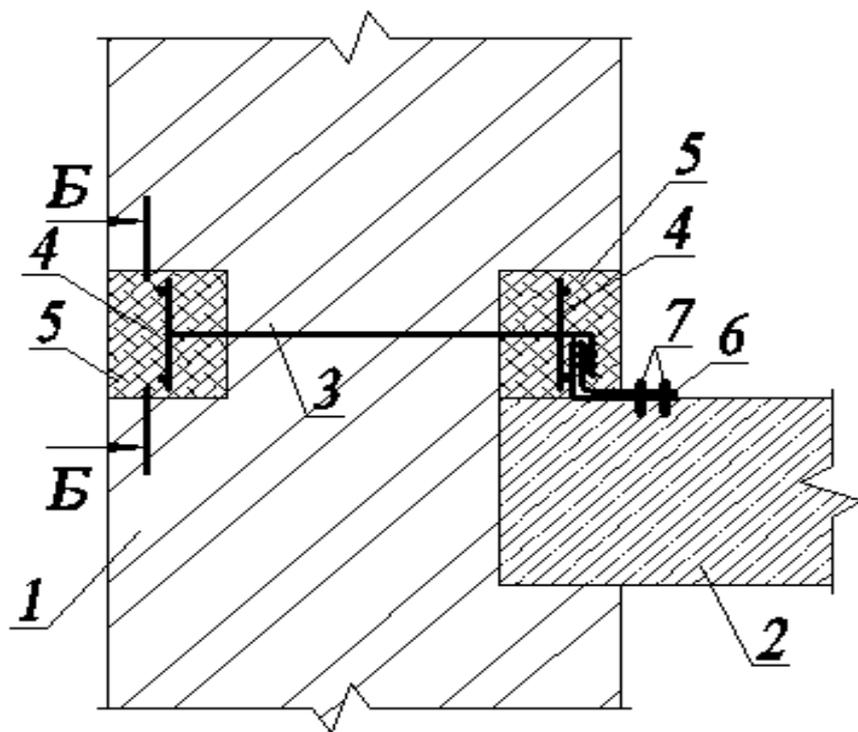
НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

(54) НАЗВАНИЕ: Способ усиления нормальных сечений изгибаемых железобетонных конструкций



ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УСИЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

- Способ усиления кирпичных стен скрытыми сталефибробетонными антисейсмическими поясами



Критерий эффективности работы сталефибробетонов

- Важнейшим критерием эффективности работы сталефибробетонов является характеристика **сцепления фибр с цементным камнем**.
- Основными факторами, влияющими на этот параметр, служат:
 - - соотношение длины фибры к её диаметру l/d ;
 - - **шероховатость** поверхности фибры;
 - - **форма** фибры.

Сцепление фибры с бетоном

- Многочисленные исследования показали, что наиболее оптимальным соотношением является $l/d = 100$ (80-120). При $l/d \geq 120$ улучшается сцепление фибр с бетоном, но перемешивание бетонной смеси невозможно. При $l/d \leq 80$ улучшается однородность бетонной смеси и возможность её перемешивания, но снижается сцепление фибр (они выдергиваются из бетона при небольших усилиях).

Сцепление фибры с бетоном

- Из механических способов обработки **проволочной фибры** с целью повышения прочности её сцепления с цементным камнем заслуживает внимания с точки зрения эффективности и технологической доступности следующие:
 - - **расплющивание** концов фибры ($I_{сц} = 8,9$);
 - - зигзагообразное **загибание** фибры ($I_{сц} = 4,7$),
 - где $I_{сц}$ – отношение усилий выдергивания измененной фибры из цементного камня к обычной фибре (гладкой прямолинейной).

Сцепление фибры с бетоном

- Из **химических способов обработки фибры** интересны следующие:
- - нанесение **полимерного покрытия** из эпоксидной смолы и цемента ($I_{сц} = 5,7$);
- - горячее **цинкование** ($I_{сц} = 7,8$).

Процесс приготовления смеси.

Существует две основных технологии приготовления фибробетона. **Первая** основана на предварительном смешении фибры с сухой смесью песка и цемента, а во **втором** случае, волокно добавляют в уже затворенный раствор. Выглядит это более кропотливо и трудоемко, но в конечном результате этот способ не только позволяет получить более качественный и прочный фибробетон, но и сократить время его приготовления.

В случае добавления фибры в предварительно затворенный и перемешанный раствор существует большая вероятность некачественного смешения и образования скоплений волокон в растворе. Для того чтобы избежать подобного, требуется увеличить время перемешивания раствора и производить периодически контроль над качеством приготовления фибробетона.



Процесс приготовления смеси фибробетона

Дозирование и смешивание

Добавление фибры при замесе небольшого объема бетона:

- Разъединение при помощи сжатого воздуха и вдувания в барабан на бетонную смесь
- Вращение барабана миксера с наибольшей скоростью
- Минимальное время смешивания > 5 мин.

Добавление фибры при изготовлении большого объема бетона:

- Введение непосредственно через транспортер с заполнителем в бетоносмеситель
- При необходимости также вручную (целые упаковочные единицы)

Минимальное время смешивания > 1-2

минут

