

## Технология бетонных смесей с использованием текстильных отходов в качестве армирующей добавки

Е. Л. Зими́на<sup>а</sup>, А. Г. Коган

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

<sup>а</sup>alenakul26@mail.ru

*Аннотация.* В статье представлен технологический процесс производства строительных материалов с армирующей добавкой в виде измельченных текстильных отходов способом перемешивания и вибрации, состоящий из следующих этапов: подготовка текстильных отходов, дозирование составляющих смеси, смешивание с вибрацией, сушка и отлежка. Для осуществления технологии разработано устройство для подачи волокнистого материала в смесители, обеспечивающее равномерное его смешивание с раствором, и определен оптимальный состав бетонной смеси.

*Ключевые слова:* бетонные смеси, увеличение прочности, текстильные отходы, армирующие добавки.

## Technology of Concrete Mixtures with the Use of Textile Waste as Reinforcing Additives

A. Zimina<sup>a</sup>, A. Kogan

Vitebsk State Technological University, Vitebsk

<sup>a</sup>alenakul26@mail.ru

*Abstract.* The article discusses a technological process of production of construction materials with crushed textile waste adding by mixing and vibration. The process consists of the following stages: preparation of textile waste, dosing of the mixture components, mixing with vibration, drying and ripening. To implement the technology, a device is developed to feed a fibrous material into the mixers, ensuring its uniform mixing with the solution. Optimum composition of the concrete mixture is determined.

*Keywords:* concrete mixes, strength increase, textile waste, reinforcing additives.

Использование вторичных материальных ресурсов, получаемых в виде текстильных отходов, для производства материалов строительного назначения повышенной прочности, а также для производства материалов, обладающих повышенными тепло- звуко- и гидроизоляционными свойствами является наиболее перспективным и экономически эффективным на сегодняшний день [1].

Однако не все отходы находят применение. Так, например, обрезки кромки грунтовой ткани, образующиеся при производстве тафтинговых покрытий на ОАО «Витебские ковры», не нашли своего применения, а подлежат утилизации. Их вывозят на свалку, что в свою очередь требует значительных затрат для предприятия. При этом окружающая среда загрязняется синтетическими неразлагающимися отходами. Поэтому возникла важная научно-техническая задача, заключающаяся в поисках возможности переработки данных отходов и использования их в качестве вторсырья. В работе предлагается использовать отходы кромки грунтовой ткани, образующиеся при производстве тафтинговых покрытий в качестве армирующей добавки при производстве искусственных ка-

менных строительных материалов.

Целью данной работы является разработка технологии строительных бетонных смесей с использованием отходов кромки грунтовой ткани.

Анализ литературных источников показал, что бетонные конструкции, выполненные из фибробетона по технологии микроармирования, обладают значительными преимуществами по сравнению с обычными: почти исключается усадочное трещинообразование и расслоение смеси при формовании и транспортировании; повышается ударная вязкость; повышается прочность бетона на сжатие и на растяжение при изгибе (бетонный пол адаптируется к нагрузкам, что особенно важно, когда в новом построенном здании идет процесс усадки).

Кроме основных компонентов в смесях могут быть введены дополнительные вещества, улучшающие те или иные характеристики, например, его пластичность, морозоустойчивость, шумо- и теплоизоляцию или скорость твердения. На рисунке 1 представлены области использования различных видов волокон для фибрового армирования конструкций [3].

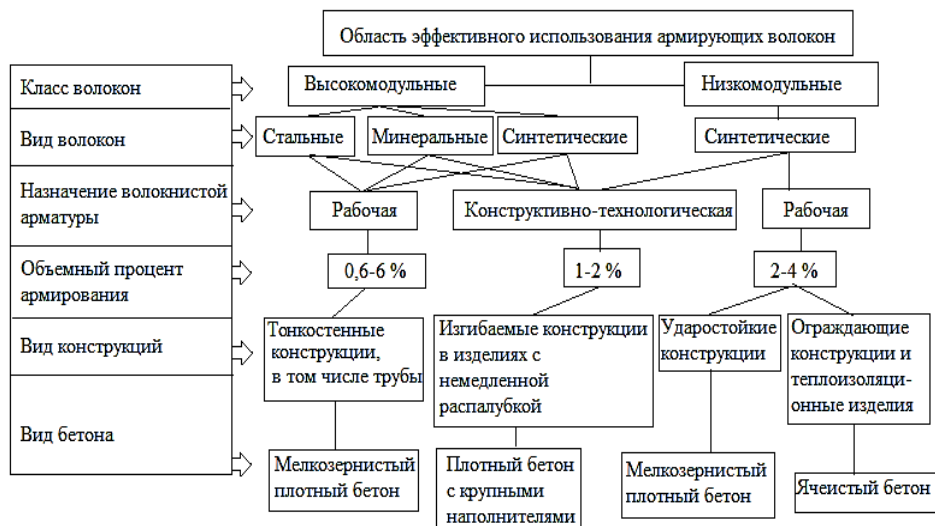


Рисунок 1 – Области эффективного использования различных видов волокон для фибрового армирования изделий

Из рисунка 1 видно, что синтетические волокна, входящие в состав крошки, могут использоваться во всех представленных видах бетона.

Из существующих видов технологий [2] для производства строительных бетонных смесей с использованием отходов крошки грунтовой ткани предлагается использовать технологию с использованием вибросмесителей, так как воздействие горячего пара и высокой температуры, используемых в других способах, отрицательно воздействует на текстильную составляющую смеси, вызывая ее оплавление и спекание. Речь идет о синтетических волокнах.

Процесс производства строительных материалов высокой жесткости способом перемешивания и вибрации состоит из следующих этапов:

- подготовка текстильных отходов, заключающаяся в измельчении,
- дозирование составляющих смеси,
- смешивание с вибрацией всех компонентов,
- сушка и отлежка готовых изделий.

Внешний вид фибры, подготовленной из текстильных отходов способом измельчения представлен на рисунке 2.

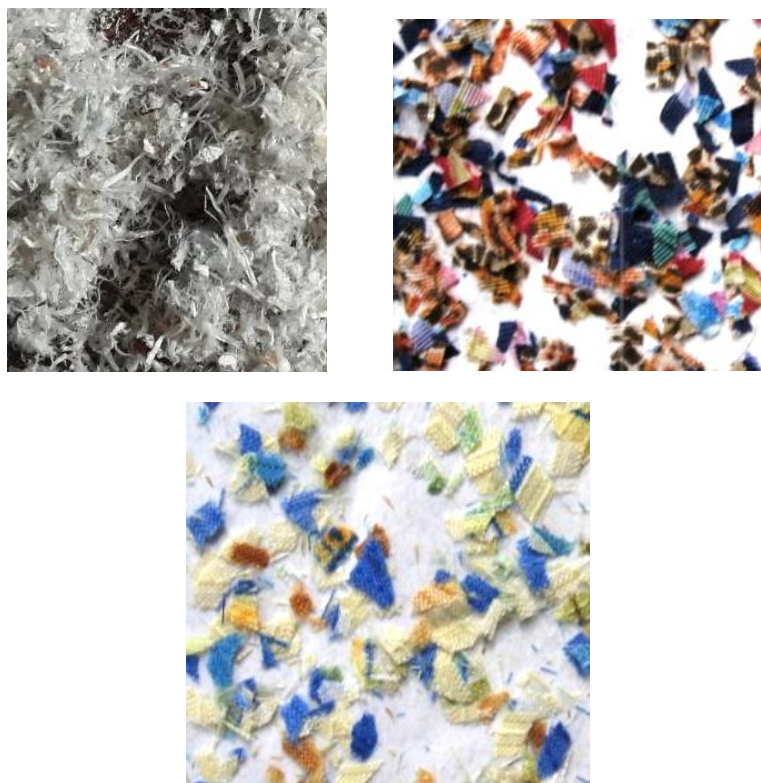


Рисунок 2 – Фибра из измельченных текстильных отходов

В процессе приготовления смеси ведущей операцией является дозирование материала на один замес смесителя. На заводах используют в основном весовые дозаторы, которые обеспечивают дозирование составляющих по массе с точностью  $\pm 1-2\%$ . От точности дозирования зависят свойства готовых изделий.

Предложенная технология была апробирована в производственных условиях ООО «Артельмастер» на установленном оборудовании. Принципиальная схема производства фибробетонных изделий по технологии предварительного перемешивания с использованием отходов кромки представлена на рисунке 3.

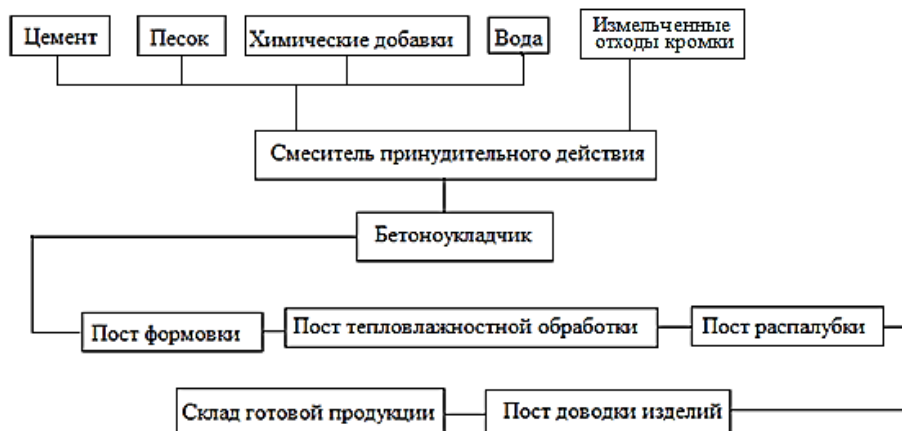


Рисунок 3 – Технологическая схема производства фибробетонных изделий с использованием текстильных отходов методом предварительного перемешивания

Технологическая схема опытно-промышленной линии по производству фибробетонных листовых элементов представлена на рисунке 4.

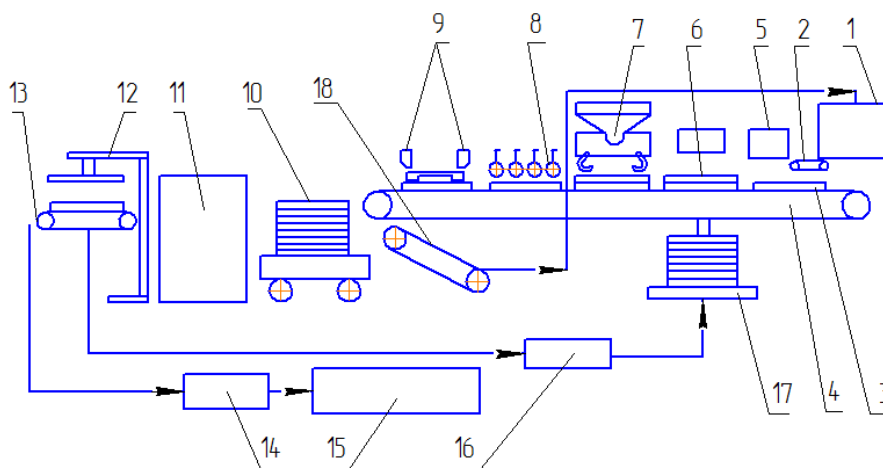


Рисунок 4 – Технологическая схема опытно-промышленной линии по производству фибробетонных листовых изделий:

- 1 – смесительная установка; 2, 18 – питатель-дозатор; 3 – поддон укладки смеси; 4 – конвейер формовки изделий; 5 – разравниватель; 6 – поддон формовки изделий; 7 – опрокидыватель-перебросчик; 8 – виброролики; 9 – ножницы; 10 – тележка; 11 – камера предварительного твердения; 12 – распалубочник; 13 – конвейер; 14 – конвейер влажного твердения; 15 – склад готовой продукции; 16 – пост чистки и смазки поддонов; 17 – перебросчик

На основании исследований процессов введения фибры в бетонную смесь и свойств полученных измельченных отходов предлагается использовать бункер, с которого в определенный момент времени порциями будет подаваться масса продукта в смеситель принудительного действия.

Для накопления и объемного дозирования волок-

нистого материала предлагается использовать роторный дозатор. Он состоит из корпуса 1 (рис. 5). В корпусе закреплен на валу ротор 2 с лопастями 3. Материал поступает в пространство между лопастями и торцовыми стенками ротора, при вращении ротора продукт поочередно, из каждого отделения между лопастями, высыпается в смеситель [4].

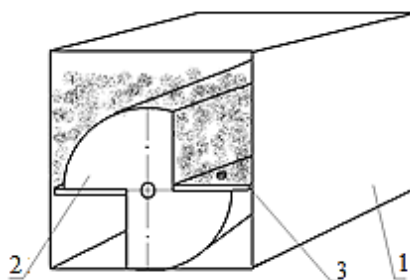


Рисунок 5 – Схема роторного объемного дозатора:  
1 – корпус; 2 – ротор; 3 – лопасти

Производительность дозатора (кг/с) определяется по формуле

$$P_p = 0,785 \rho \psi z_p n_p V_n, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;  $\psi$  – коэффициент разрыхления материала;  $z_p$  – число полостей в роторе, шт;  $n_p$  – частота вращения ротора, с<sup>-1</sup>;  $V_n$  – объем полости, м<sup>3</sup>.

Ротор поворачивается и приводится в движение электродвигателем, соединенным с валом. Частота вращения ротора, а соответственно производительность дозатора, зависит от частоты вращения элек-

тродвигателя. Количество подаваемого материала, в зависимости от сырьевого состава, можно регулировать величиной выступа лопастей.

На массовый расход материала будет оказывать влияние количество пластин ротора. Для равномерной подачи волокнистого материала в бетонную смесь разработано устройство (рис. 6), позволяющее разбивать волокнистую массу на отдельные частицы. Предлагаемое устройство состоит из загрузочной шахты 1, механизма подачи материала в смеситель, включающего валики 2 и щетки 3, поверхность валиков выполнена в виде иголок (рис. 7).

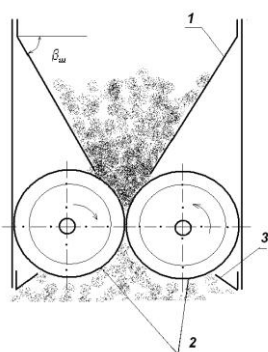


Рисунок 6 – Схема устройства для подачи волокнистого материала в смеситель:  
1 – загрузочная шахта; 2 – питающие валики;  
3 – уплотняющий валик; 4 – щетки

Устройство работает следующим образом: волокнистый материал из загрузочной шахты 1 по наклонным стенкам под силой тяжести попадает на питающие валики 2, которые разрыхляют и распределяют волокнистый материал и равномерно подают его в смеситель. Установленные на корпусе съемные щетки 3 исключают накопление волокнистого материала на валиках. Материал, попадая в смеситель, смешивается с основными компонентами, и готовая смесь подается в зону формирования [4].

Шахта 1 выполнена в виде конуса, под углом к питающим валикам 2. Угол наклона стенок питающей шахты ( $\beta_{ш}$ ) изменяется в зависимости от свойств волокнистого продукта, его массы и требуемого коли-

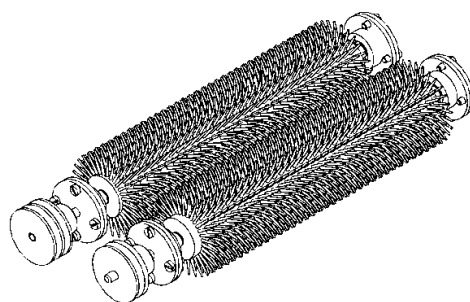


Рисунок 7 – Питающие валики

чества в смеси, обеспечивая непрерывную подачу под действием силы тяжести волокна. Для непрерывной подачи материала необходимо выполнение условия

$$\beta_{ш} \geq \arctg f_{ш}, \quad (2)$$

где  $f_{ш}$  – коэффициент трения материала о стальную поверхность.

Диаметры питающих валиков равны между собой. В устройстве предусмотрено регулирование расстояния между питающими валиками, что обеспечивает возможность дозирования подачи материала.

Производительность устройства можно определить по формуле

$$P = S_{щ} V_v \mu_p, \text{ кг/с}, \quad (3)$$

где  $S_{щ}$  – площадь щели между валиками,  $\text{м}^2$ ;  $V_v$  – скорость валиков,  $\text{м/с}$ ;  $\mu_p$  – плотность продукта, зажимаемого выпускными валиками,  $\text{кг/м}^3$ .

$$S_{щ} = a_{щ} b_{щ}, \text{ м}^2, \quad (4)$$

где  $a_{щ}$  – длина щели между валиками,  $\text{м}$ ;  $b_{щ}$  – ширина щели между валиками,  $\text{м}$ .

Для равномерной подачи, а соответственно и улучшения процесса смешивания необходимо, чтобы продукт поступал в смеситель равными порциями в

единицу времени, т.е. необходимо изменять скорость его подачи в зависимости от требуемого количества. В равные промежутки времени через питающие валики должно проходить одно и то же количество материала по объему [4].

В результате проведенных ранее экспериментальных исследований установлено, что лучшим составом смеси является состав с содержанием отходов 1 %, так как при увеличении процента добавляемых отходов образуется неоднородная масса [2].

Вследствие предложенных мероприятий процесс введения фибры и бетонной смеси в смеситель представлен на рисунке 8.

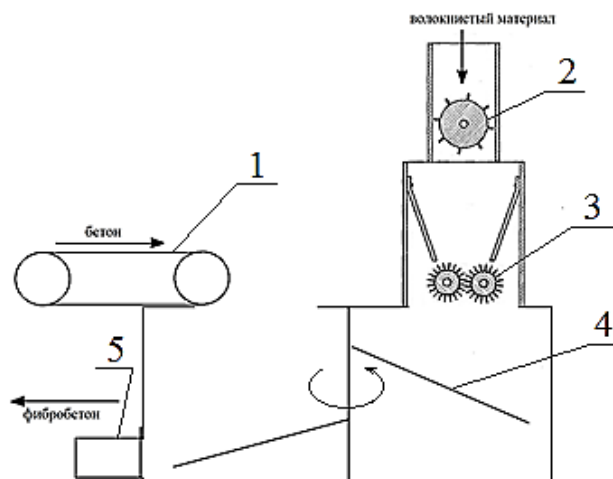


Рисунок 8 – Разработанный процесс введения фибры (волоконистого материала, в виде измельченных отходов) и бетонной смеси в смеситель: 1 – питатель-дозатор бетонной смеси; 2 – роторный объемный дозатор волокнистой массы; 3 – питающие валики; 4 – смесительная установка; 5 – выход готовой фибрированной смеси

Экономический эффект разработанной технологии подтверждается протоколами испытаний полученных образцов на заводе КПД Государственном предприя-

тии «Витебский ДСК» и заключается в увеличении прочности бетонных смесей. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний образцов

Нормируемые характеристики прочности и плотности бетона			Дата испытания контрольных образцов	Характеристика образца			Результаты испытания		
класс бетона по прочности	требуемая прочность при испытании кубов, МПа	отпускная прочность, МПа		масса, г	размеры, см	средняя плотность, $\text{кг/м}^3$	разрушающая нагрузка, кН	прочность образца, МПа	средняя прочность образцов, МПа
<b>Образцы с добавлением измельченных отходов кромки грунтовой ткани (1% отходов к массе смеси)</b>									
$C^8/10$	12,9	9,0		2294	10x10x10	2294	142	13,5	13,9
				2315	10x10x10	2315	150	14,3	
				2270	10x10x10	2270	165	15,7	16,0
				2240	10x10x10	2240	168	16,0	
				2155	10x10x10	2155	165	15,7	
				2170	10x10x10	2170	175	16,6	
<b>Образцы с добавлением увлажненных отходов кромки грунтовой ткани (1% отходов к массе смеси)</b>									
$C^8/10$	12,9	9,0		2380	10x10x10	2380	51	4,8	5,1
				2310	10x10x10	2310	48	4,6	
				2410	10x10x10	2410	59	5,6	
				2390	10x10x10	2390	56	5,3	
				2250	10x10x10	2250	62	5,9	6,2
				2230	10x10x10	2230	58	5,5	
				2280	10x10x10	2280	70	6,7	
				2260	10x10x10	2260	68	6,5	

Результаты испытаний показали, что образцы кубов с добавлением измельченных отходов грунтовой ткани соответствуют требованиям СТБ 1544-2005 [5] по прочности классу бетона  $C^8/10$ . Прочность образцов увеличилась на 24%. Образцы кубов с добавлением измельченных увлажненных отходов грунтовой ткани не соответствуют требованиям СТБ 1544-

2005 по прочности классу бетона  $C^8/10$ .

Таким образом, применение текстильных отходов в изделиях из бетона позволит повысить прочность бетона при сжатии на 24%, что даст возможность экономии цемента (при тех же прочностных показателях конструкции); увеличить срок безремонтного периода, снизить трещинообразование.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чукасова-Ильюшкина, Е. В. Экономическая и социальная перспективность технологии многослойных материалов / Е. В. Чукасова-Ильюшкина, Н. Н. Ясинская // Материалы докладов международной научно-практической конференции «Социально-экономическое развитие предприятий и регионов Беларуси: инновации, социальные ориентиры, глобализация»: в 2 ч. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2009. – Ч. 2. – С. 363–364.
2. Зими́на, Е. Л. Анализ возможности использования отходов легкой промышленности в производстве материалов строительного назначения / Е. Л. Зими́на // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2016. – Вып. 2 (31). – С. 39–46.
3. ВСН 56-97. Проектирование и основные положения технологий производства фибробетонных конструкций. – Введ. 1997-07-01. – Москва: Научно-техническое управление Департамента строительства, 1997. – 40 с.
4. Кулаженко, Е. Л. Технологический процесс непрерывного валкового нанесения штапелированных нитей на основу / Е. Л. Кулаженко, В. И. Ольшанский // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2008. – Вып. 14. – С. 11–14.
5. СТБ 1544-2005. Бетоны конструкционные тяжелые. Технические условия. – 2010-01-01. – Минск: Минстройархитектура, 2005. – 17 с.

#### REFERENCES

1. Cukasova-Ilushkina, E. Economic and social perspectives layered materials / E. Gukasova-Ilushkina, N. Yasin-skaya // Materials of reports international scientific and practical conference "Socio-economic development of enterprises and regions of Belarus: innovations, social guidance, globalization": 2 part / EI «VSTU». – Vitebsk, 2009. – Part. 2. – P. 363–364.
2. Zimina, E. Analysis of the possibility of using light industry waste in the production of building materials / E. Zimina // Vestnik of Vitebsk state technological University. – 2016. – Vol. 2 (31). – P. 39–46.
3. VSN 56-97. Design and production technology fiber-reinforced concrete structures. – Int. 1997-07-01. – Moscow: Scientific and technical management of construction Department, 1997. – 40 p.
4. Kulazhenko, E. Technological process of continuous roll application of staple yarns on the basis / E. Kulazhenko, V. Olshansky // Vestnik of Vitebsk state technological University. – 2008. – Vol. 14. – P. 11–14.
5. STB 1544-2005. Structural Concrete heavy. Technical conditions. – 2010-01-01. – Minsk: Ministry Of Construction And Architecture, 2005. – 17 p.

#### SPISOK LITERATURYI

1. Chukasova-Il'jushkina, E. V. `Ekonomicheskaja i sotsial'naja perspektivnost' tehnologij mnogoslajnyh materialov / E. V. Chukasova-Il'jushkina, N. N. Jasinskaja // Materialy dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferentsii «Sotsial'no-ekonomicheskoe razvitie predpriyatij i regionov Belarusi: innovatsii, sotsial'nye orientiry, globalizatsija»: v 2 ch. / UO «VGTU». – Vitebsk, 2009. – Ch. 2. – S. 363–364.
2. Zimina, E. L. Analiz vozmozhnosti ispol'zovanija othodov legkoj promyshlennosti v proizvodstve materialov stroitel'nogo naznachenija / E. L. Zimina // Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. – 2016. – Vyp. 2 (31). – S. 39–46.
3. VSN 56-97. Proektirovanie i osnovnye polozhenija tehnologij proizvodstva fibrobetonnyh konstruksij. – Vved. 1997-07-01. – Moskva: Nauchno-tehnicheskoe upravlenie Departamenta stroitel'stva, 1997. – 40 s.
4. Kulazhenko, E. L. Tehnologicheskij protsess nepreryvnogo valkovogo nanesenija shtapelirovannyh nitej na osnovu / E. L. Kulazhenko, V. I. Ol'shanskij // Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. – 2008. – Vyp. 14. – S. 11–14.
5. STB 1544-2005. Betony konstruksionnye tjazhelye. Tehnicheskie uslovija. – 2010-01-01. – Minsk: Minstroj arhitektura, 2005. – 17 s.

Статья поступила в редакцию 18.01.2017