



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

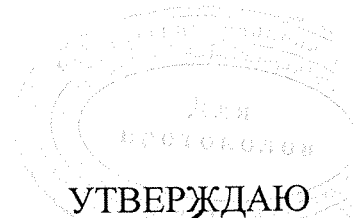
Белорусский национальный  
технический университет

Филиал БНТУ «Научно-исследовательская  
часть»



16.03.2017 № 141

220114, г. Минск,  
ул.Ф.Скорины, д.25 к.1  
тел. 369-84-18, 267-24-22



УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий НИИЛ БиСМ  
В.Д.Якимович  
" 16 " 03 2017 г.  
Техническое заключение на  
7-и страницах  
в 2-х экземплярах

## Техническое заключение

по результатам исследований влияния фибры металлической из стального листа выпускаемой по ТУ ВУ 1900545892.009-2013 (производства ООО «СЕТКА») на свойства сталефибробетона.

Наименование материала(изделия): Сталефибробетон  
Работа выполнена на основании: х/д № 307/17с  
Заявитель испытаний и адрес: ООО «ИЗОМАТ-СТРОЙ», юр. адрес. 220141, г. Минск, ул. Купревича, д. 1/4, комн.1  
Отбор образцов для испытаний провели: представители ООО «ИЗОМАТ-СТРОЙ»

Акт отбора образцов б/н от 01.12.2016 г.

**Целью настоящей работы** являлось оценка влияния применения фибры металлической из стального листа выпускаемой по ТУ ВУ 1900545892.009-2013 на свойства сталефибробетона и определение его основных физико-механических свойств.

Сталефибробетон рекомендуется для изготовления конструкций, в которых наиболее эффективно могут быть использованы следующие его технические преимущества по сравнению с традиционным железобетоном:

- повышенные трещиностойкость, ударная прочность, вязкость разрушения, износостойкость, морозостойкость, сопротивление кавитации;

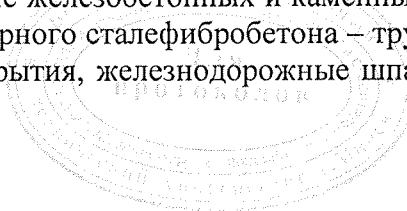
- пониженные усадка и ползучесть;

- возможность использования более эффективных конструктивных решений, чем при обычном армировании, например, тонкостенных конструкций, конструкций без стержневой или сетчатой распределительной и поперечной арматуры, тонкостенных конструкций со стержневой растянутой арматурой, не доводящейся до опоры и др.;

- снижение трудозатрат на арматурные работы, повышение степени механизации и автоматизации производства железобетонных конструкций, например, в сборных тонкостенных оболочках, складках, ребристых плитах покрытий и перекрытий, сборных колоннах, балках, монолитных днищах емкостных сооружений, дорожных и аэродромных покрытиях; монолитных и сборных полах промышленных и общественных зданий и др.;

- возможность применения новых, более производительных приемов формирования армированных конструкций, например, торкретирование, погип свежеотформованных листовых изделий, роликовое прессование и др.

Основные области применения сталефибробетона в монолитных конструкциях – полы промышленных зданий, монолитные обделки метро и тоннелей, взлетно-посадочные полосы аэродромов, стоянки автомобилей и автомобильные дороги, резервуары и бассейны, банковские и сейфовые хранилища, взрывозащитные фортификационные объекты и другие приложения; торкретсталефибробетона – ремонт и усиление железобетонных и каменных конструкций укрепление горных склонов и откосов и т.п.; сборного сталефибробетона – трубы, тубинги метро, элементы стеновых панелей и плит перекрытия, железнодорожные шпалы, дорожные плиты, малые архитектурные формы и др.



## 1. ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ

Таблица 1.1

Наименование испытательного оборудования, средств измерений	Учетный номер	Срок действия аттестата (свидетельства)	Номер аттестата (свидетельства)
1	2	3	4
Весы лаб. электронные EOD 110	1119121672	10.06.2017 г.	Св. БелГИМ № 4206-47
Психрометр аспирационный МВ-4М	14576	08.09.2017 г.	Св. БелГИМ № 8102-50
Весы лаб. электронные ВВ-30 RB	020603185	06.2017 г.	Клеймо БелГИМ
Виброплощадка СМЖ-539	3749	18.02.2018 г.	Атт. БелГИМ № 483-47-А/2016
Секундомер СОПрр	6754	25.05.2017 г.	Св. БелГИМ № 1726/4-43
Машина испытательная (пресс 300 т)	C079PN154	30.05.2019 г.	Св. БелГИМ № 3906-47
(изгиб 1,5-150 кН)			Св. БелГИМ № 3906-47
Формы кубов 2ФК-100	815,355,188 8, 551, 543, 529	19.02.2019 г.	Атт. БелГИМ № 1211-41, 1208-41, 1209-41, 1213-41, 1212-41, 1210-41
Формы призмы 100x100x400 ФП100	№50	19.02.2019 г.	Атт. БелГИМ № 1214-41
Пропарочная камера	-	-	Вспомогательное оборудование
Штангенциркуль ШЦ I-150	20111009223	02.02.2017 г.	Паспорт БелГИМ
Штангенциркуль ШЦ II	№ П593180	09.12.2017 г.	Св. о калибровке 5608-41
Линейка металлическая 0-500 мм	б/н	12.2017 г.	Клеймо БелГИМ
Сушильный шкаф SNOL 58/350	04051	18.02.2017 г.	Атт. БелГИМ № 481-47-А/2016
Прибор Ле-Шателье	б/н		Не поверяется

Сроки испытаний: январь – март 2017 г.

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СТАЛЬНОЙ ФИБРЫ

### 2.1. Определение плотности фибрового волокна

Плотность фибрового волокна определялась как отношение массы к объему случайной выборки стальных волокон из 30 штук (одна выборка была укрупнена до 90 штук). Масса выборки определялась взвешиванием на электронных весах. Объем выборки определялся при помощи колбы Ле Шателье, как разница между уровнем воды до погружения в нее фибры и после. Результаты исследований по определению плотности стальной фибры представлены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Результаты определения плотности волокон фибр.

Номер навески (кол.штук)	Масса навески, г	Объем навески, см <sup>3</sup>	Плотность, г/см <sup>3</sup>
Волнистого профиля			
I (30 шт)	5,3	0,7	7,571
II(30 шт)	5,8	0,8	7,250
III(30 шт)	5,3	0,8	6,625
IV(30 шт)	5,4	0,9	6,000
V (90 шт)	16,0	2,2	7,273
Анкерная			
I (30 шт)	8,4	1,1	7,636
II(30 шт)	8,6	1,1	7,818
III(30 шт)	8,5	1,1	7,728
IV(30 шт)	9,0	1,2	7,500
V (90 шт)	26,2	3,4	7,705

## 2.2. Определение химической стойкости стальной фибры к концентрированным растворам щелочи и химических добавок для бетона (типовых представителей)

Навеска фибры погружалась в объем раствора с определенным рН:

1. рН≈4 – «FREMGIPEPERS-SB METRO» жидкая добавка, пластификатор и ускоритель твердения бетонов, ЗАО «ФРЭЙМ» – 50 г.
2. рН≈6,5 – «Стахемент 2000 М Ж30» гиперпластификатор I-й группы для бетонов и растворов СООО «Стахема-М» – 50 г.
3. рН≈12 – гидроксид кальция (36%-й), приготовленный из оксида кальция (40 г) и воды (70 г) – 110 г.

Навески фибры помещались в вышеуказанные растворы и выдерживались в течение недели. При этом отслеживали возможное проявление процесса газообразования. После чего волокна фибры извлекали из растворов и промывали проточной водой. Перед взвешиванием волокна фибры вытирали сухой тканью. Результаты исследований химической стойкости стальной фибры к вышеуказанным растворам представлены в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Определение химической стойкости стальной фибры к концентрированным растворам щелочи и химических добавок для бетона

№	Тип фибры		FREMGIPEPERS-SB METRO		Стахемент 2000 М Ж30		Оксид кальция			
			рН≈4		рН≈6,5		рН≈12			
			Масса, г							
			до	после	до	после	до	после		
1	Волнистая	1 (30 шт)	5,4	5,5*	5,9	5,9	6,7	6,7		
		2	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0		
2	Анкерная		10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0		

\*- после выдержки в течение указанного времени волокна фибры незначительно поменяли цвет (потускнел)

В процессе исследования, во всех средах не наблюдалось выделения пузырьков газа, и масса навесок фибры осталась без изменения, следовательно, можно сделать вывод, что исследуемая стальная фибра является химически стойкой к данным концентрированным растворам щелочи и химических добавок для бетона.

## 3. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ БЕТОНА

В исследованиях использовали материалы для бетона со следующими характеристиками.

В качестве вяжущего использовали портландцемент марки ПЦ 500-Д0 РУПП «Кричевцементношифер» по ГОСТ 10178-85 и ГОСТ 30515-97 с характеристиками, приведенными в таблице 3.1.

В качестве мелкого заполнителя использовали природный песок крапужинского месторождений по ГОСТ 8736-93, характеристики которого приведены в таблице 3.2.

Значения удельного водопоглощения песка  $V_{ад}$  и его удельной поверхности  $S_n$  (таблица 2.2.) получены расчетом по методике проф. И.Н. Ахвердова. В качестве крупного заполнителя использовали щебень гранитный (марка по дробимости "1400") микашевичского месторождения по ГОСТ 8267-93 обычного дробления с характеристиками, приведенными в таблице 3.3

Таблица 3.1 - Характеристики цемента

Прочность в возрасте 28 сут, МПа:		Коэффициент нормальной гус- тоты, $K_{не}$	Плотность $\rho_{ц}$ , кг/м <sup>3</sup>	Удельная поверх- ность $S_n$ , см <sup>2</sup> /г (м <sup>2</sup> /г)
на растяжение при изгибе	на сжатие			
6,4	43,6	0,26	3080	2980 (0,298)

Таблица 3.2 - Характеристики песка

Месторождение	Дополнительная обработка	Средняя плотность кг/м <sup>3</sup>		Плотность зерен, $\rho^3_{п}$ , кг/м <sup>3</sup>	Зерновой состав (частные остатки, %) на ситах:						Модуль крупности, $M_k$ доли ед.	Удельное водопоглощение поверхности, $V_{ад}$ , л/т	Удельная поверхность, $S_{п}$ , м <sup>2</sup> /т	Пустотность в виброуплотненном состоянии $\Pi^B_{п}$ , %
		в рыхлонасыпном состоянии $\rho^0_{п}$	в виброуплотненном $\rho^B_{п}$		< 0,16	0,16	0,315	0,63	1,25	2,5				
Крапужино	нет	1560	1770	2650	3,0	23,0	35,5	24,6	10,9	3,0	2,2	30,0	7820	33,3

Таблица 3.3 - Характеристики щебня

Форма зерен	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>			Зерновой состав (частные остатки на ситах с круглыми отверстиями, мм) в %			Пустотность в виброуплотненном состоянии $\Pi^B_{п}$ , доли ед.
	в рыхлонасыпном состоянии $\rho^0_{п}$	в виброуплотненном $\rho^B_{п}$	плотность зерен, $\rho^3_{п}$	< 5	5-10	>10	
обычная	1280	1470	2700	5	89	6	0,456

\*щебень обычный – гранитный фр. 5...10мм, содержащий до 26% лещадных зерен;

Для затворения бетона использовали воду водопроводную, удовлетворяющую требованиям СТБ 1114-98 [97].

#### 4. СОСТАВЫ БЕТОНА.

Во всех случаях подвижность бетонной смеси соответствовала марке П5. Расходы материалов для приготовления бетона приведены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – расходы материалов для приготовления сталефибробетона

Наименование состава	Расход составляющих, кг на 1м <sup>3</sup> бетонной смеси					
	цемент	песок	щебень	вода	Добавка	фибра металлическая из стального листа ТУ ВУ 1900545892.009-2013
№ 1.1	250	820	1180	140	2,5	0
№1.2	250	820	1180	140	2,5	20
№1.3	350	760	1140	175	3,5	40
№1.4	350	760	1140	175	3,5	60
№2.1	350	760	1140	175	3,5	0
№2.2	350	760	1140	175	3,5	20
№2.3	350	760	1140	175	3,5	40
№1.4	350	760	1140	175	3,5	60

## 5. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛЕФИБРОБЕТОНА.

### 5.1. Пористость бетона.

Методика исследований. Исследование изменения пористости бетона в зависимости от количества введенной стальной фибры осуществляли с использованием основных положений ГОСТ 12730.4.-78. Результаты приведены на рисунке 5.1

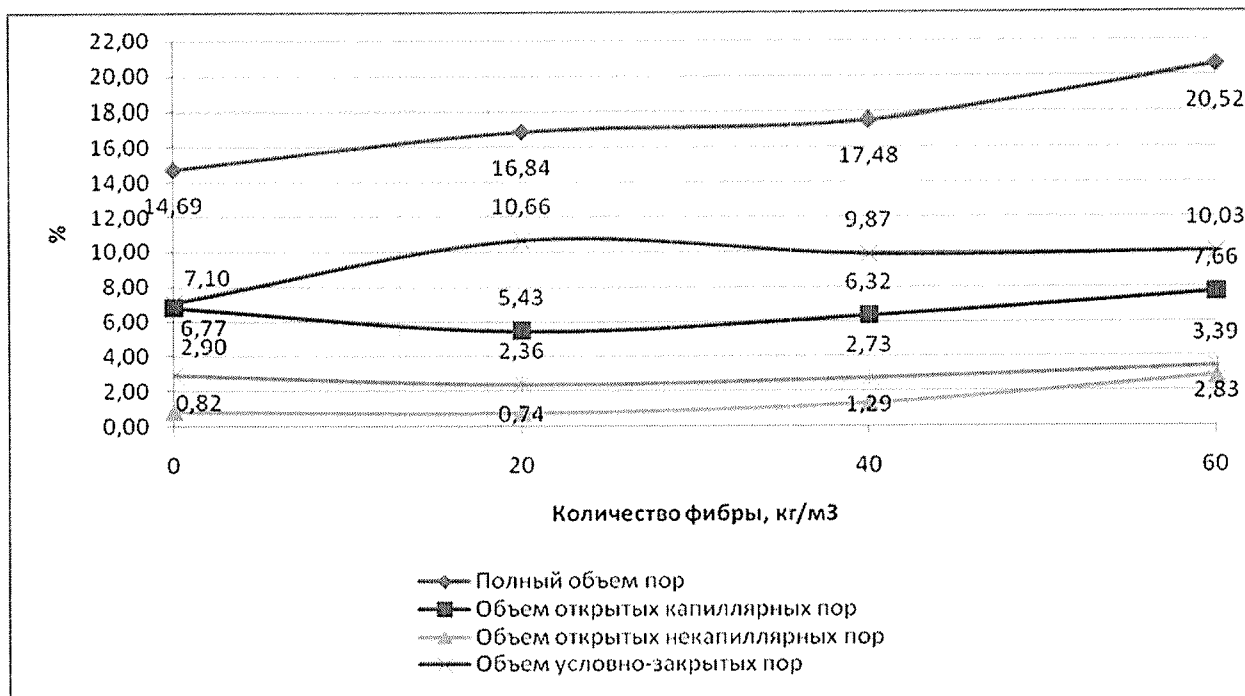


Рисунок 5.1 – характер пор и общая пористость бетона в зависимости от количества введенной фибры.

### 5.2. Водопоглощение бетона.

Методика исследований. Исследование изменения водопоглощения бетона в зависимости от количества введенной стальной фибры осуществляли с использованием основных положений ГОСТ 12730.3.-78. Результаты приведены в таблице 5.2

Таблица 5.2 – влияние количества введенной стальной фибры на водопоглощение бетона

Расход фибры, кг/ м <sup>3</sup> бетона	0	20	40	60
Водопоглощение бетона по массе, %	2,90	2,36	2,73	3,39

Анализ результатов рисунка 5.1 и таблицы 5.2 показывает, что увеличение количества введенной фибры (до 40кг) незначительно влияет на изменение пористости и водопоглощения бетона. При максимальном расходе фибры (60 кг фибры на 1 м<sup>3</sup> бетона), общая пористость и водопоглощение бетона по массе резко возрастают, но даже при таком расходе фибры, водопоглощение бетона не превышает его нормативного значения (для тяжелого бетона с крупным заполнителем  $W_m \leq 5\%$ ). Следовательно, при проектировании состава сталефибробетона необходимо руководствоваться оптимальным значением расхода фибры.

### 5.3 Прочность бетона на растяжение при изгибе.

Методика исследований. Исследование изменения прочности бетона на растяжение при изгибе в зависимости от количества введенной стальной фибры осуществляли с использованием основных положений ГОСТ 10180-2012. Результаты приведены в таблице 5.3

Таблица 5.3 – прочность бетона на растяжение при изгибе

Состав бетона		Среднее значение прочности на сжатие, МПа (класс бетона на растяжение при изгибе)	Относительная прочность, %
состав	1.1 (без фибры)	1,88 (B <sub>tb</sub> 1.2)	100,0
	1.2 (20 кг. фибры)	2,14 (B <sub>tb</sub> 1,6)	113,8
	1.3 (40 кг. фибры)	2,60 (B <sub>tb</sub> 2.0)	138,3
	1.4 (60 кг. фибры)	3,12 (B <sub>tb</sub> 2.4)	166,0
	2.1 (без фибры)	3,18 (B <sub>tb</sub> 2.8)	100,0
	2.2 (20 кг. фибры)	3,38 (B <sub>tb</sub> 2.8)	106,3
	2.3 (40 кг. фибры)	3,42 (B <sub>tb</sub> 2.8)	107,5
	2.4 (60 кг. фибры)	3,57 (B <sub>tb</sub> 2.8)	112,3

Анализ результатов таблицы 5.3 показывает, что введение фибры способствует увеличению прочности бетона на растяжение при изгибе. Наиболее интенсивный прирост прочности по сравнению с контрольными (без фибры), имеют образцы состава 1.2 -1.4 (с класса по прочности на растяжение при изгибе B<sub>tb</sub> 1.2 до B<sub>tb</sub> 2.4). Оптимальный расход фибры следует назначать, с учетом тех факторов, что его увеличение свыше 40 кг., приводит к резкому повышению пористости и водопоглощения бетона, и незначительному приросту прочности.

Руководитель договора:

А.И. Бондарович

Испытания провел:

А.И. Бондарович  
Г.С. Чикулаев

Техническое заключение составил:

А.И. Бондарович

*Техническое заключение воспроизводится только в полном объеме и с письменного разрешения  
НИИЛ БиСМ БНТУ.*