

## **КОРПОРАЦИЯ "УКРСТРОЙ"**

Государственный научно-исследовательский и проектный  
институт промышленного строительства

### **ДОНЕЦКИЙ ПРОМСТРОЙНИИПРОЕКТ**

Лицензия головного лицензионного центра Украины АА № 243069 от 11.01.2002 г.

Лицензия областного лицензионного центра ДН 02633 от 09.04.1999 г.

Права обследования и паспортизации определены совместным приказом  
Госстроя и Госнадзорхрантруда Украины №32/288 от 27.11.1997 г.

#### **УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель директора  
Донецкого ПромстройНИИпроекта  
по научной работе,  
д-р техн. наук, профессор

\_\_\_\_\_ А.А. Петраков

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2004 г.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

**о результатах сравнительных испытаний образцов тяжелого  
бетона и фибробетона, где в качестве фибры использованы  
волокна армирующие полипропиленовые  
производства ООО "ДИИФ"**

**Договор:** № 7/225-04 от 06. 10. 2004 г.

**Заказчик:** Предприятие Материально-Технического  
Снабжения «СПЕЦНАБ»

Заведующий научно-исследовательским  
отделом № 7,  
канд. техн. наук.

В.В. Попов

Ведущий научный сотрудник,  
канд. техн. наук.

В.Г. Брагинский

Ведущий научный сотрудник,  
канд. техн. наук.

С.В. Попов

г. Донецк - 2004 г.

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Заведующий отделом НИО-7,  
канд. техн. наук  
руководитель работ

Попов В.В., канд. техн. наук  
(общее руководство, обсуждение ре-  
зультатов, участие в составлении вы-  
водов и рекомендаций)

Ведущий научный сотрудник  
НИО-7  
канд. техн. наук

Брагинский В.Г., канд. техн. наук  
(обсуждение результатов, участие в  
составлении выводов и рекомендаций,  
участие в испытаниях)

Ведущий научный сотрудник  
НИО-7  
канд. техн. наук

Попов С.В., канд. техн. наук (обсуж-  
дение результатов, участие в состав-  
лении выводов и рекомендаций, участие  
в испытаниях)

В соответствии с заказом **Предприятия Материально Технического Снабжения "СПЕЦСНАБ"** (договор № 7/225-04 от 06. 10. 2004 г.) Донецкий ПромстройНИИпроект выполнил работу по сравнительному испытанию образцов тяжелого бетона класса В15 и образцов фибробетона класса В15, в котором в качестве фибры использовались **волокна армирующие полипропиленовые (ВАП) производства ООО "ДиИФ" (ТУ У 32781078.002-2004 г. Днепропетровск, Украина)**.

Для изучения свойств фибробетона приготавливались бетонные смеси с фиброй и без неё. Компонентами смеси являлись цемент марки 400 производства ОАО Краматорского цементно-шиферного комбината "ПУШКА" (ПЦІІ/Б-Ш400), щебень гранитный фр. 5-20 мм Каранского карьера, песок кварцевый Краснолиманского месторождения и волокна армирующие полипропиленовые (ВАП) длиной 12 мм. производства ООО "ДиИФ" (ТУ У 32781078.002-2004 г. Днепропетровск, Украина).

Расход компонентов в кг на 1 м <sup>3</sup> фибробетона составлял:	
Портландцемент ПЦ400	348
Песок краснолиманский	635
Щебень Каранского карьера	1291
Вода	174
Волокна армирующие полипропиленовые	0,92

Такой же расход компонентов, но без фибры имел контрольный состав тяжелого бетона бетона.

Из приготовленных бетонных смесей изготавливались стандартные образцы (класс бетона В15) для изучения следующих показателей, характеризующих основные эксплуатационные свойства бетонов: прочности на сжатие, прочности на растяжение при изгибе, истираемости, призмочной прочности, начального модуля упругости, водопоглощения и морозостойкости.

Все образцы подвергались пропариванию в лабораторной пропарочной камере по режиму 4+4+8+3 при температуре изотермического прогрева 85<sup>0</sup>С.

Прочность бетонных образцов на сжатие определялась на образцах размером 10x10x10 см по ГОСТ 10180-90 "Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам". Испытания проводились на прессе П-125 (заводской номер 5576, свидетельство о поверке №14 от 26.01.2004 г.). Для приведения прочности бетона в образцах размером 10x10x10 см к прочности бетона в образцах базового размера применялся коэффициент 0,95.

Результаты испытаний контрольных образцов бетона на прочность при сжатии приведена в таблице 1.

Таблица 1

Вид бетона	№№ п/п	Размеры образцов, см	Масса образцов, г	Плотность, кг/м <sup>3</sup>		Разрушающая нагрузка, Н	Предел прочности при сжатии, МПа	
				Отдельных образцов	средняя		Отдельных образцов	средняя
Фибробетон	1	10,0x10,0x10,0	2370	2370		187500	17,81	
	2	10,0x10,05x10,0	2380	2368	2363	193750	18,31	17,5
	3	10,0x10,0x10,0	2350	2350		173750	16,50	
Бетон без фибры	1	10,0x10,0x10,05	2390	2378		137500	13,06	
	2	10,0x10,0x10,0	2380	2380	2381	152500	14,49	14,1
	3	10,0x10,0x10,1	2410	2386		155000	14,73	

**Из результатов сравнительных испытаний прочности бетонов, представленных в таблице 1, следует, что введение в**

**состав бетона волокон армирующих полипропиленовых увеличило его прочность на 24,1%.**

Прочность бетона на растяжение при изгибе определялась на образцах – призмах квадратного сечения размером 10x10x40 см забетонированных в горизонтальном положении по ГОСТ 10180-90. Испытание проводили на испытательной машине Р-10 (заводской номер №2297, свидетельство о поверке №11 от 26.01.2004 г.) двумя сосредоточенными силами, расположенными в третях пролета. Для приведения прочности бетона в образцах-призмах размером 10x10x40 см к прочности бетона в образцах базового размера применялся коэффициент 0,92.

Результаты испытания образцов на растяжение при изгибе приведены в таблице 2.

Таблица 2

Вид бетона	№ п/п	Ширина образцов а, см	Высота образцов в, см	Расстояние между опорами L, см	Разрушающая нагрузка F, кгс	Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	
						отдельных образцов	средняя
Фибробетон	1	10	10	30	916	25,3 (253)	25,3 (253)
	2				884	24,4 (244)	
	3				952	26,3 (263)	
Бетон без фибры	1	10	10	30	752	21,4 (214)	19,7 (197)
	2				700	19,9 (199)	
	3				644	17,8 (178)	

Из результатов сравнительных испытаний образцов бетонов на растяжение при изгибе, представленных в таблице 2, следует, что введение в состав бетона полипропиленовых армирующих волокон увеличило прочность на растяжение при изгибе на 28,4%.

Истираемость бетона определялась на образцах-кубах 7,0x7,0x7,0 см по ГОСТ 13087-81 "Бетоны. Методы определения истираемости". Испытания проводились на круге истирания ЛКИ-3. Испытанию на истираемость подвергали нижние грани образцов. Перед испытанием образцы взвешивали и измеряли площадь истираемых граней. После проведения 4-х циклов испытаний для каждого образца (общий цикл истирания 600 м) образцы вынимали из гнезд крепления, обтирали сухой тканью и взвешивали. Истираемость бетона определялась по потере массы испытанных образцов:

$$G = (M_1 - M_2) / F, \quad (1)$$

где:  $M_1$  - масса образца до испытания, г;

$M_2$  - масса образца после 4 циклов испытания, г;

$F$  - площадь истираемой грани, см<sup>2</sup>

Результаты испытания образцов на истираемость приведены в таблице 3.

Таблица 3

Вид бетона	№ п/п	Масса образцов до испытания, г $M_1$	Масса образцов после испытания, г $M_2$	Площадь истираемой грани, см <sup>2</sup> $F$	Истираемость бетона, г/см <sup>2</sup> , G	
					отдельных образцов	среднее
1	2	3	4	5	6	7
Фибробетон	1	868	825	51,84	0,83	0,85
	2	883	842	51,84	0,79	
	3	870	824	51,12	0,90	
	4	870	825	51,12	0,88	

1	2	3	4	5	6	7
Бетон без фибры	1	868	798	51,84	1,35	1,42
	2	878	800	51,84	1,50	
	3	889	815	51,84	1,43	
	4	872	802	51,12	1,39	

**Из результатов сравнительных испытаний на истираемость, представленных в таблице 3, следует, что введение в состав бетона волокон армирующих полипропиленовых снижает показатели истираемости на 40,2%.**

Призменная прочность и модуль упругости бетона определялись на образцах-призмах размером 10x10x40 см, забетонированных в вертикальном положении по ГОСТ 22452-80 "Бетоны. Методы определения призменной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона".

Продольные деформации бетона измерялись индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм, установленными по четырем граням образцов. Для крепления индикаторов использовались стальные рамки, закрепляемые на бетонном образце с помощью упорных винтов.

База для измерения деформаций принималась равной 200 мм.

Нагрузку на призму прикладывали ступенями по 0,1 от разрушающей нагрузки. Начальное усилие обжатия составляло 2% от ожидаемой разрушающей нагрузки.

Деформации измеряли в момент приложения нагрузки и после выдержки в течение 5 минут.

При достижении нагрузки 0,7-0,8 от разрушающей индикаторы снимали во избежание их поломки.

Призменную прочность  $R_{пр}$  вычисляли для каждого образца по формуле:

$$R_{пр} = P_{разр} / F, \quad (2)$$

где

$P_{разр}$  – разрушающая нагрузка, измеряемая по шкале сило-измерителя прессы, Н;

$F$  – площадь поперечного сечения, см<sup>2</sup>.

Приведенная призмная прочность вычислялась путем умножения полученных значений призмной прочности на коэффициент 0,95.

Начальный модуль упругости бетона при напряжении  $G=0,3 \cdot R_{пр}$  определялся по формуле:

$$E = G_{л} / e_{у} \quad (3)$$

где

$G_{л}$  – приращение напряжения от условного нуля до уровня внешней нагрузки, равной 30% от разрушающей;

$e_{у}$  – приращение упруго-мгновенных относительных продольных деформаций при напряжении  $G=0,3 \cdot R_{пр}$ .

результаты определения призмной прочности и начального модуля упругости бетона приведены в таблице 4.

**Из таблицы 4 следует, что призмная прочность для фибробетона выше, чем для обычного тяжелого бетона на 20%.**

Таблица 4

Вид бетона	№№ п/п	Разрушающая нагрузка, Н	Площадь поперечного сечения образцов, см <sup>2</sup>	Приведенная призмная прочность, МПа		Отношение призмной прочности к кубиковой	Среднее из 4-х показаний индикаторов при G=0,3•Rпр, мм	Приращение упруго-мгновенных относительных продольных деформаций при нагружении G=0,3•Rпр E <sub>y</sub> •10 <sup>-5</sup>	Напряжение при G=0,3•Rпр, МПа	Начальный модуль упругости, Е•10 <sup>-3</sup>	
				отдельных образцов	среднее					отдельных образцов	среднее
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Фибробетон	1	120000	100	11,4	12,0	0,68	0,0450	22,50	36,00	16,0	17,0
	2	116250		11,0			0,0375	18,75	34,87	18,6	
	3	142500		13,5			0,0525	26,20	42,75	16,3	
Бетон без фибры	1	108750	100	10,3	10,1	0,72	0,0338	16,9	32,62	19,3	19,9
	2	103750		9,9			0,0328	16,4	31,12	18,9	
	3	106250		10,1			0,0298	14,9	31,88	21,4	

Водопоглощение бетона определялось на образцах размером 10x10x10 см по ГОСТ 12730.3-78 "Бетоны. Метод определения водопоглощения".

Испытание образцов проводили в состоянии естественной влажности.

Водопоглощение определяли по формуле:

$$W = (M_1 - M_2) / M_1 \quad (4)$$

где

$M_1$  - масса образцов в естественном состоянии, г;

$M_2$  - масса образцов в насыщенном водой состоянии, г.

результаты испытания образцов бетонов на водопоглощение приведены в таблице 5.

Таблица 5

Вид бетона	№№ п/п	Масса образцов в состоянии естественной влажности, г	Масса образцов в водонасыщенном состоянии, г	Водопоглощение, % по массе	
				отдельных образцов	среднее
Фибробетон	1	2385	2445	2,52	2,38
	2	2395	2450	2,30	
	3	2360	2415	2,33	
Бетон без фибры	1	2395	2460	2,71	2,73
	2	2365	2435	2,96	
	3	2370	2430	2,53	

**Из результатов сравнительных испытаний, представленных в таблице 5, следует, что показатели водопоглощения фибро-**

**бетона и бетона без фибры отличаются незначительно и практически равны.**

Морозостойкость фибробетона и обычного тяжелого бетона определялась вторым ускоренным методом по ДСТУ Б В.2.7-49-96, который предусматривает испытание образцов в растворе хлористого натрия при температуре замораживания  $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Один цикл испытания включал замораживание в течение 2,5 часов и оттаивание в течение 1,5 часов.

Результаты испытания образцов бетонов на морозостойкость приведены в таблице 6.

Из таблицы 6 следует, что после 8 циклов попеременного замораживания и оттаивания потеря прочности в фибробетоне составила 4,40%, а в обычном бетоне 4,68%, т. е. практически **по показателям морозостойкости образцы фибробетона и бетона без фибры равноценны и относятся к марке по морозостойкости F 50.**

Таблица 6

Вид бетона	Количество циклов замораживания и оттаивания	Контрольные образцы				Основные образцы				Потеря прочности, % по массе
		Размеры образцов, см	Разрушающая нагрузка, Н	Предел прочности при сжатии, МПа		Размеры образцов, см	Разрушающая нагрузка, Н	Предел прочности при сжатии, МПа		
				Отдельных образцов	средний			отдельных образцов	средний	
Фибробетон	∞	10x10x10,1	187500	17,81	17,85	10x10x10,1	180000	17,10	17,06	4,40
		9,95x10,1x10	175000	16,54		10x9,95x10,1	176250	16,83		
		9,95x10x10	193750	18,50		10x10,1x10,1	187500	17,64		
		10x9,95x10	196250	18,74		10x10,1x10	168750	15,87		
		10x10x10,1	185000	17,58		10,1x10x10	177500	16,70		
		10x10x10,1	188750	17,93		10x10,1x10	193750	18,22		
Бетон без фибры	∞	10x10x10	150000	14,254	14,3	10x10,1x10	143250	13,87	13,63	4,68
		10x10x10,1	158750	15,08		10x10x10	150000	14,25		
		10x10x10	146250	13,89		10,1x10x10,1	140000	13,17		
		10x10,1x10,1	153750	14,46		10,1x10x10,1	145000	13,64		
		10,1x10x10	145000	13,64		10x10x10	137500	13,06		
		10x10x10,1	152500	14,49		10x10,1x10,1	146250	13,76		

**ВЫВОДЫ:** В результате сравнительных испытаний по определению качественных показателей бетона (класс В15) с добавкой волокна армирующего полипропиленового (ВАП) производства ООО "ДиИФ" (ТУ У 32781078.002-2004 г.Днепропетровск, Украина) и обычного тяжелого бетона установлено следующее.

1. Введение в состав бетона волокна армирующего полипропиленового увеличило его прочность на сжатие на 24,1%.
2. Введение в состав бетона волокна армирующего полипропиленового увеличило показатели прочности бетона на растяжение при изгибе на 28,4%.
3. Показатели истираемости фибробетона в сравнении с аналогичными показателями для обычного тяжелого бетона ниже на 40,2%.
4. Начальный модуль упругости фибробетона на 14,6% ниже, чем в обычном бетоне.
5. Показатели призмной прочности у фибробетона выше, чем у обычного тяжелого бетона на 20%.
6. Показатели водопоглощения и морозостойкости фибробетона и обычного тяжелого бетона имеют практически равные значения.

На основании проведенных сравнительных исследований качественных показателей бетона с добавкой волокна армирующего полипропиленового (ВАП) производства ООО "ДиИФ" (ТУ У 32781078.002-2004 г.Днепропетровск, Украина) и обычного тяжелого бетона можно рекомендовать бетоны с использованием армирующих полипропиленовых волокон для широкого круга применения в гражданском и промышленном строительстве.

**ПРОТОКОЛ**

заседания технического совета НИО-7 института  
ДОНЕЦКИЙ ПРОМСТРОЙНИИПРОЕКТ

г. Донецк

14.10.2004 г.

В соответствии с распоряжением зам. директора по научной работе д. т. н. А.А. Петракова, для контроля качества выпускаемой научно-технической продукции, в составе отдела №7 создан технический совет в составе:

Председатель: Богданов А.А. – зав. лабораторией  
Секретарь: Попов С.В. – вед. научный сотрудник, к.т.н.  
Члены совета: Попов В.В. – зав. отделом НИО-7, к.т.н.  
Карпенко И.С. – вед. научный сотрудник, к.т.н.  
Брагинский В.Г. – вед. научный сотрудник, к.т.н.

Сообщение Брагинского В.Г. о результатах сравнительных испытаний образцов тяжелого бетона и фибробетона, где в качестве фибры использованы волокна армирующего полипропиленовые производства ООО "ДИИФ" (договор № 7/225-04 от 06. 10. 2004 г.).

Решение: Рекомендовать к утверждению «Заключение о результатах сравнительных испытаний образцов тяжелого бетона и фибробетона, где в качестве фибры использованы волокна армирующего полипропиленового производства ООО "ДИИФ"».

Председатель:

Богданов А.А.

Секретарь:

Попов С.В.