

**Для цитирования:** Аласханов А.Х., Муртазаева Т.С.-А., Сайдумов М.С., Омаров А.О. Разработка составов наполненных вяжущих на основе вторичного сырья для монолитных высокопрочных бетонов. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2019;46 (3):129-138. DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-3-129-138

**For citation:** A.Kh. Alaskhanov, T.S.-A. Murtazaeva, M.S Saidumov, A.O. Omarov. Development of compositions of Filled Insulators based on secondary raw for Monolithic high-strength Concrete. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2019; 46(3):129-138. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2019-46-3-129-138

## СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 624.011.1

DOI: 10.21822/2073-6185-2019-46-3-129-138

### РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ НАПОЛНЕННЫХ ВЯЖУЩИХ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ МОНОЛИТНЫХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ

Аласханов А.Х.<sup>1</sup>, Муртазаева Т.С.-А.<sup>1</sup>, Сайдумов М.С.<sup>1</sup>, Омаров А.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Грозненский государственный нефтяной технический университет

имени академика М.Д. Миллионищикова,

364051, г. Грозный, пр.им. Х.А. Исаева, 100, Россия,

Дагестанский государственный технический университет

<sup>2</sup>367026, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70, Россия

**Резюме. Цель.** Разработка составов наполненных вяжущих на основе вторичного сырья для монолитных высокопрочных бетонов. **Метод.** Методы исследования, принятые в работе, основываются на теоретических принципах и закономерностях проектирования и оптимизации полидисперсных многокомпонентных систем, фазо- и структурообразовании клинкерных минералов, логике математических расчетов, технологических особенностях структурообразования композиционных масс, теоретических принципах управления реологическими процессами строительных смесей. Все экспериментальные данные, представленные в работе, получены согласно методикам действующих нормативных документов (ГОСТ, рекомендаций и др.). **Результат.** В работе приводится анализ опыта применения вторичного сырья в виде продуктов разборки зданий и сооружений, технологии получения на их основе вторичных сырьевых материалов для бетона. Разработаны и исследованы рецептуры наполненных вяжущих с активностью 60-71 МПа с тонкодисперсными минеральными наполнителями из бетонного лома и кирпичного боя с соотношением 70:30 % соответственно. **Вывод.** Запроектированы оптимальные рецептуры высокоподвижных бетонных смесей с использованием местного природного и техногенного сырья с маркой по осадке конуса П5 и сохраняемостью более 8 часов для получения высокопрочных классов по прочности на сжатие до В60-В80 с уникальными эксплуатационными свойствами.

Работа выполнена в рамках исследований по реализацию научного проекта № 18-48-200001 «Высококачественные бетоны с повышенными эксплуатационными свойствами на основе местного природного и техногенного сырья» получившего поддержку Российского фонда фундаментальных исследований» (РФФИ).

**Ключевые слова:** продукты разборки зданий и сооружений, бетонный лом, кирпичный бой, экология, утилизация, вторичный заполнитель, тонкомолотый наполнитель, наполненное вяжущее, бетоны, сохраняемость бетонных смесей, высокая прочность

## BUILDING AND ARCHITECTURE

### DEVELOPMENT OF COMPOSITIONS OF FILLED INSULATORS BASED ON SECONDARY RAW FOR MONOLITHIC HIGH-STRENGTH CONCRETE

A.Kh. Alaskhanov<sup>1</sup>, T.S.-A. Murtaeva<sup>1</sup>, M.S. Saidumov<sup>1</sup>, A.O. Omarov<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Academician M.D. Millionshchikov Grozny State Oil Technical University,

<sup>1</sup>100 Isaev Ave., Grozny 364051, Russia,

<sup>2</sup>Daghestan State Technical University,

<sup>2</sup>70 I. Shamil Ave., Makhachkala 367026, Russia

**Abstract Objectives** Development of compositions filled with binders based on recycled materials for monolithic high-strength concrete. **Method** The research methods adopted in the work are based on the theoretical principles and laws of designing and optimizing polydisperse multicomponent systems, the phase and structure formation of clinker minerals, the logic of mathematical calculations, the technological features of the structure formation of composite masses, the theoretical principles of controlling the rheological processes of mixes. All experimental data presented in the work were obtained according to the methods of current regulatory documents (GOST, recommendations, etc.). **Result** The paper provides an analysis of the experience of using recycled materials in the form of products of demolition of buildings and structures, the technology for producing secondary raw materials for concrete on their basis. Formulations filled with binders with an activity of 60-71 MPa with finely dispersed mineral fillers from concrete scrap and brick combat with a ratio of 70:30%, respectively, were developed and investigated. **Conclusion** The optimal formulations of highly mobile concrete mixtures were designed using local natural and technogenic raw materials with a grade of P5 cone sediment and persistence for more than 8 hours to obtain high-strength classes of compressive strength up to B60-B80 with unique operational properties.

**Acknowledgment** The work was performed as part of research on the implementation of the research project № 18-48-200001 "High-quality concretes with enhanced performance properties based on local natural and technogenic raw materials" received support from the Russian Foundation for Basic Research (RFBR).

**Keywords:** Building demolition products, concrete scrap, brick fights, ecology, recycling, secondary aggregate, fine ground aggregate filled with binder, concrete, concrete mixture persistence, high strength

**Введение.** Сырьевая база Чеченской Республики включает в себя самые разнообразные запасы природного и техногенного (вторичного) сырья, необходимые для обеспечения устойчивого функционирования и развития строительной индустрии в регионе. В горных районах залегают мергели, природный гипс и ряд других сырьевых материалов, пригодных для производства цемента, которые в настоящее время используются на действующем цементном заводе ГУП «Чеченцемент».

Значительные запасы мелких кварцевых песков с модулем крупности  $M_k = 0,7-1,3$  сосредоточены в Толстой-Юртовском, Веденском, Дачу-Барзоевском и Беноевском районах республики. Также в регионе накоплены большие объемы многотоннажных отходов техногенной деятельности – отходы разборки зданий и сооружений, образованные после военных событий в 90-е и в начале 2000-х гг., которые в основном представляют собой бетонный, железобетонный лом и кирпичный бой.

**Постановка задачи.** Возможность повторного применения в технологии строительного материаловедения продукта дробления бетонного лома и кирпичного боя вызывает большой интерес, в частности его использования в качестве тонкомолотого минерального компонента в смешанных или так называемых наполненных вяжущих, характеризующихся улучшенными технологическими и физико-механическими свойствами, на основе использования которых

можно получать высокопрочные бетоны, в том числе и для монолитного высотного строительства.

**Методы исследования.** В исследуемых составах бетонов в качестве мелкого заполнителя использовался природный песок Червленского месторождения Чеченской Республики со следующими характеристиками: модуль крупности  $M_k = 1,8-1,9$ ; пустотность – 40,8 %; содержание пылевидных и глинистых частиц – 1,7-1,9 %; плотность  $\rho_{ист.} = 2617 \text{ кг/м}^3$ ; плотность  $\rho_{нас.} = 1512 \text{ кг/м}^3$ .

Для обогащения местного песка в отдельных испытаниях применялся природный песок Алагирского месторождения из РСО-Алания со следующими характеристиками: модуль крупности  $M_k = 2,8-3,2$ ; пустотность – 44,9 %; содержание пылевидных и глинистых частиц – 0,85 %; плотность  $\rho_{ист.} = 2688 \text{ кг/м}^3$ ; плотность  $\rho_{нас.} = 1467 \text{ кг/м}^3$ .

В качестве крупного заполнителя использовался местный щебень из гравия фракций 5-20 мм с Аргунского и Серноводского месторождений Чеченской Республики и привозной щебень фракции 5-20 мм из гранитно-диабазовых пород Алагирского месторождения РСО-Алания. В качестве вяжущего в экспериментальных исследованиях использовался бездобавочный портландцемент марки ПЦ 500 Д0 производства ГУП «Чеченцемент» (Чеченская Республика, с. Чири-Юрт) с НГ = 25,5 %, удельной поверхностью  $3252 \text{ см}^2/\text{г}$ , водоотделением  $\leq 18 \%$  и сроками схватывания 2 час. 15 мин. (начало) и 3 час. 40 мин. (конец).

В сравнительных испытаниях применялся «Новоросцемент» марки ПЦ 500 Д0 производства ОАО «Верхнебаканский цементный завод» (г. Новороссийск, п. Верхнебаканский) с НГ = 26,2 %, удельной поверхностью  $3125 \text{ см}^2/\text{г}$ , водоотделением 15,6 % и сроками схватывания 2 час. 25 мин. (начало) и 3 час. 45 мин. (конец).

Минералогические составы указанных вяжущих следующий:

1. Чеченцемент:  $C_3S = 59 \%$ ;  $C_2S = 16 \%$ ;  $C_3A = 8 \%$ ;  $C_4AF = 13 \%$ ;
2. Новоросцемент:  $C_3S = 61 \%$ ;  $C_2S = 11 \%$ ;  $C_3A = 4 \%$ ;  $C_4AF = 13 \%$ .

В качестве пластифицирующих добавок в соответствии с ГОСТ 24211-2008 «Добавки для бетонов. Общие технические требования» использовались современные добавки следующих производителей строительной химии от:

1. Компании «ПОЛИПЛАСТ» – суперпластификатор (СП) «Динамикс ПК» и замедлитель твердения «Динамикс РС» на основе полиоксиэтиленовых производных полиметакриловой кислоты, жидкость;
2. Компании «МС-Vauchemie» – гиперпластификатор «МС-PowerFlow» на основе новейшей технологии эфиров поликарбоксилатов МС, жидкость;
3. Компании «Sika» – СП «SikaViscoCrete 5-600 SK» на основе поликарбоксилатных эфиров, удовлетворяющий требованиям ТУ № 2493-005-13613997-2008, жидкость;
4. Предприятию ООО «ТОКАР» (г. Владикавказ) – комплексная полифункциональная добавка «Д-5», удовлетворяющая требованиям ГОСТ 24211-2008, сухой порошок.

Сырьем для получения дисперсных минеральных наполнителей техногенной природы (МНТП) послужили доступные местные материалы, в основном, техногенной природы, а именно бетонный лом, керамический кирпичный бой (ККБ), золошлаковая смесь Грозненской ТЭЦ и в сравнительных испытаниях применялись очень мелкие некондиционные кварцевые пески.

Все МНТП измельчались в течение 5 минут в лабораторной вибрационной шаровой мельнице «МВ-20-ЭКС» с объемом загрузки 5-6 литров до получения удельной поверхности  $450-600 \text{ м}^2/\text{кг}$ .

Химический состав исходного сырья, а также макро- и микроструктура бетонных образцов исследовались с помощью дисперсионно-энергетического спектрометра (ДЭС) растрового электронного микроскопа Quanta 3D 200i с интегрированной системой микроанализа GenesisApex 2 EDS от EDAX.

**Обсуждение результатов.** С целью получения оптимальных рецептов высокопрочных бетонов с комплексным использованием местной сырьевой базы, в том числе и техногенной природы, были разработаны составы наполненных вяжущих (НВ) с тонкомолотым минераль-

ным наполнителем техногенной природы (МНТП), позволяющих получить высокопрочный цементный камень с заметно меньшими по размеру порами и меньшей усадкой (табл. 1 и 2).

**Таблица 1. Рецептúra наполненных вяжущих с тонкомолотым минеральным наполнителем техногенной природы**

**Table 1. Formulation of filled binders with a finely ground mineral filler of technogenic nature**

Вид вяжущего Type of binder	Состав НВ, % по массе Composition НВ,% by weight			
	ПЦ М500 Д0 «Чеченцемент»	МНТП		Добавка Additive Д-5
		из бетонного лома concrete scrap	из ККБ	
Наполненное вяжущее марки НВ-75:25 Filled binder grade НВ-75: 25	75	16	7	2
Наполненное вяжущее марки НВ-60:40 Filled binder grade НВ-60:40	60	27	11	2

**Таблица 2. Свойства наполненных вяжущих с тонкомолотым минеральным наполнителем техногенной природы**

**Table 2. Properties of filled binders with a finely ground mineral filler of technogenic nature**

Наименование вяжущего Type of binder	НВ, %	S <sub>уд</sub> вяжущего, М <sup>2</sup> /кг astringent	Истинная плот- ность, True density, kg / m <sup>3</sup> кг/м <sup>3</sup>	Водоотделение, Water separation, %	Сроки схватывания, час. - мин. Setting time hour. - min		Активн., МПа Активность, МПа
					начало start	конец end	
НВ-75:25	17	558	2986	15,5	3-40	5-30	71,3
НВ-60:40	19	577	2905	14,7	3-55	5-35	60,7
ПЦ М500 Д0 ГУП «Чеченцемент» (для сравнения)	26	325	3115	18,0	2-15	3-40	52,6

В связи с тем, что для проектирования подземной части МФК «Ахмат Тауэр» заложены бетоны разных классов по прочности (В40, В75-В80), в работе поставлена задача разработать линейку составов высококачественных бетонов (ВКБ), начиная от средних классов В40-В50 и заканчивая высокопрочными бетонами классов В80-В90, с комплексным использованием местного сырья, в том числе и техногенной природы.

Рецептуры ВКБ запроектированы марки по осадке конуса П5 (ОК = 22±2 см), как широко распространенной в современном высотном монолитном строительстве и не требующей интенсивного виброуплотнения, а в некоторых случаях, позволяющей бетонировать без дополнительного уплотнения. Составы и свойства высококачественных бетонных смесей повышенной сохраняемости и долговечности представлены в табл. 3. В качестве химических добавок использованы суперпластификатор «Линамикс ПК» и замедлитель твердения «Линамикс РС». Суперпластификатор «Линамикс ПК» дозировался в бетонных смесях на НВ в количестве от 0,3 до 0,4 % от массы цемента, т.е. в небольшом количестве, поскольку в составе НВ уже есть комплексная модифицирующая добавка Д-5, обладающая пластифицирующими свойствами. Добавка «Линамикс РС» дозировалась в количестве 0,7 % от массы цемента, и применялся в бетонных смесях повышенной сохраняемости (7-8 часов и более).

Таким образом, с использованием местного природного и техногенного сырья проектированы оптимальные рецептуры высокоэффективных бетонных смесей с маркой по осадке конуса П5 и сохраняемостью более 8 часов для получения ВКБ.

**Таблица 3. Составы и свойства бетонных смесей на основе местного природного и техногенного сырья**  
**Table 3. Compositions and properties of concrete mixtures based on local natural and technogenic raw materials**

№ состава	Проектный класс бетона Design class (brand) of concrete	Требуемая прочность, Strength required МПа	Расход компонентов бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>							Характеристики смеси				
			Щебень Crushed stone		Песок Sand	Вязущее Astringent		Вода Water	Добавка Additive		В/Ц	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	ОК, см	Сохраняемость, Persistence час
			Аргунский	Серноводский	Червленский	НВ-60:40	НВ-75:25		Ліnamix Ліnamix ПК (% от массы Ц)	Ліnamix Ліnamix РС (% от массы Ц)				
1.	B30 (M400)	39,3	1000	-	855	385	-	161	1,1 (0,3)	2,5 (0,7)	0,45	2398	23	7,0
2.	B40 (M500)	52,4	1000	-	795	435	-	158	1,3 (0,3)	3,0 (0,7)	0,36	2407	21	7,0
3.	B45 (M600)	58,9	1000	-	765	470	-	162	1,4 (0,3)	3,3 (0,7)	0,34	2427	23	8,0
4.	B55 (M700)	72,0	-	1000*	735	-	540	161	1,6 (0,3)	3,8 (0,7)	0,31	2451	23	8,5
5.	B60 (M800)	78,6	-	1000*	685	-	600	165	1,8 (0,3)	4,3 (0,7)	0,30	2462	21	9,0
6.	B80 (M1000)	104,7	-	1000*	620	-	700	170	2,1 (0,3)	4,9 (0,7)	0,32	2481	24	10,0

**Примечание:** \* – применялся обогащенный более прочный щебень фракции 5-20 мм с маркой по дробимости М1200;

**Note:** \* - Enriched more durable crushed stone of a fraction of 5-20 mm with a grade of M1200 crushability was used;

На исследуемых нами составах ВКБ определялась прочность  $R_{СЖ}^{1сут}$ ,  $R_{СЖ}^{3сут}$ ,  $R_{СЖ}^{7сут}$  и  $R_{СЖ}^{28сут}$  с использованием контрольных образцов-кубов с ребром 10 см. Образцы до момента испытания выдерживали, как правило, в нормально-влажностных условиях ( $\phi = 95 \pm 5$  %,  $t = 20 \pm 2$  °С). Призменная прочность на сжатие исследуемых нами составов ВКБ определялась в возрасте 28 суток на контрольных образцах-призмах размерами 100x100x400 мм. Результаты испытаний разработанных ВКБ на основе техногенного сырья представлены в табл. 4.

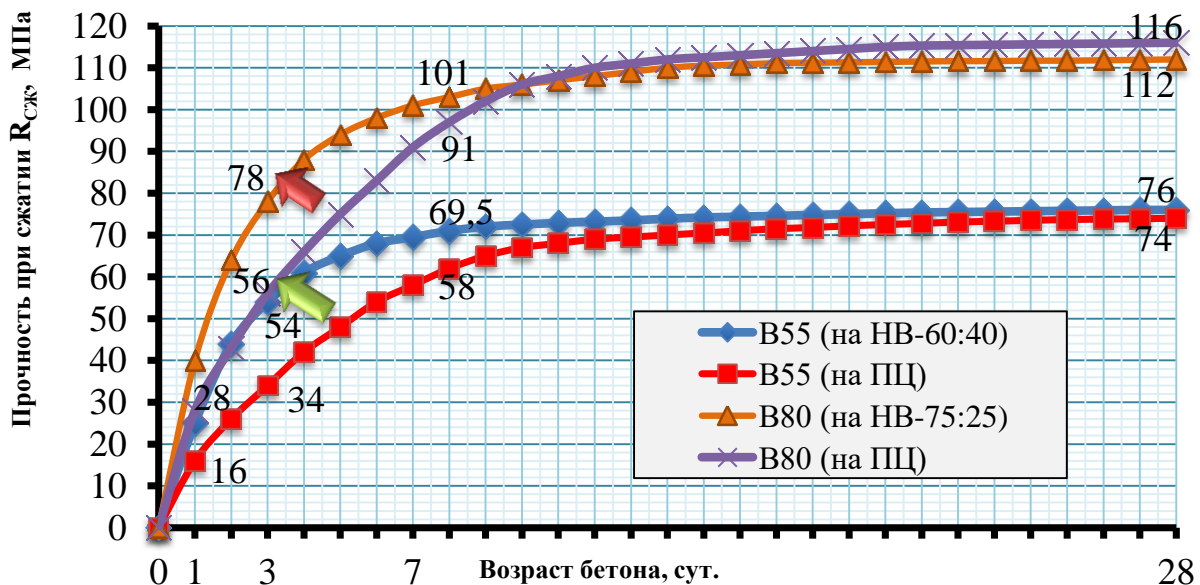
Из анализа показателей табл. 4 видно, что динамика набора прочности бетона на НВ заметно отличается от динамики роста прочности бетонов на ПЦ. Это хорошо видно на рис.1. Установлено, что процесс набора прочности бетонов на НВ в раннем возрасте (1-3 сут) ускоряется в 1,5-2 раза. Так, бетон на НВ в возрасте 1 сут имеет прочность около 33-36 % от проектного, а возрасте 3 сут – этот показатель достигает до 70 %. 7-ми суточная прочность бетона, полученного с использованием НВ, составляет около 85-90 % от проектного, что существенно выше показателей традиционных составов на обычном ПЦ. Эти показатели у бетонов на ПЦ в возрасте 1, 3 и 7 сут составляют около 24, 35 и 70 % от проектной прочности соответственно. Такое явление заметно быстрого роста прочности у бетонов на НВ объясняется особенностью добавки Д-5, входящей в состав наполненного вяжущего в количестве 2 % от его массы. Добавка Д-5, заметно увеличивающая подвижность бетонных смесей в первые часы ее приготовления (1-3 часа) благодаря своему пластифицирующему эффекту, уже в первые сутки в определенной степени переходит в роль «добавки-ускорителя». Такая особенность данной добавки делает ее полифункциональной (комплексной).

**Таблица 4. Свойства высококачественных бетонов на основе сырья различной природы**  
**Table 4. Properties of high-quality concrete based on raw materials of various nature**

№ состава из табл. 4	Проектный класс (марка) бетона	$\rho_b$ , кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие в возрасте ..., МПа Compression strength at the age of ..., MPa					$R_{пр} / R$	$R_{тб}$	$E_b \cdot 10^3$ , МПа	Деформация $\epsilon$ , мм/м Deformation		Коэф. Пуассона $\mu$	Усадка бетона, мм/м	$W_M$ , % по массе	W	F
			R				$R_{пр}$				longitudinal $\epsilon_1$	transverse $\epsilon_2$					
			1 сут day	3 сут day	7 сут day	28 сут day	28 сут day										
1.	B30 (M400)	2336	14,3	31,7	41,1	46,7	38,3	0,82	4,8	43,5	2,08	0,49	0,237	0,62	2,7	W14	F400
2.	B40 (M500)	2352	17,8	38,9	51,7	58,1	47,6	0,82	5,7	44,8	1,99	0,47	0,235	0,60	2,7	W14	F400
3.	B45 (M600)	2358	22,3	45,5	59,9	65,8	54,6	0,83	6,4	46,2	1,96	0,46	0,234	0,55	2,5	W16	F500
4.	B55 (M700)	2365	26,4	54,1	69,6	77,3	65,7	0,85	8,2	47,5	1,96	0,45	0,228	0,40	2,4	W18	F500
5.	B60 (M800)	2383	29,5	59,8	75,3	85,4	72,6	0,85	8,6	52,4	1,95	0,43	0,222	0,36	2,4	W20	F600
6.	B80 (M1000)	2408	40,9	81,8	106,1	115,3	99,2	0,86	9,7	54,5	1,90	0,40	0,210	0,31	2,2	W20	F600

**Примечание:** где  $\rho_b$  – плотность бетона, кг/м<sup>3</sup>; R – кубиковая прочность бетона при сжатии, МПа;  $R_{пр}$  – призматическая прочность бетона при сжатии, МПа;  $R_{пр} / R$  – отношение призматической прочности бетона к кубиковой, характеризующий его однородность;  $R_{тб}$  – прочность бетона на растяжение при изгибе, МПа;  $E_b \cdot 10^3$  – модуль упругости бетона, МПа;  $\epsilon$  – деформация бетона, мм/м;  $\epsilon_1$  – продольная деформация бетона, мм/м;  $\epsilon_2$  – поперечная деформация бетона, мм/м;  $\mu$  – коэффициент Пуассона (коэффициент поперечной деформации);  $W_M$  – водопоглощение бетона по массе, %; W – марка бетона по водонепроницаемости; F – марка бетона по морозостойкости.

**Note:** where  $\rho_b$  is the density of concrete, kg / m<sup>3</sup>; R is the cubic compressive strength of concrete, MPa;  $R_{пр}$  - prize-winning concrete compressive strength, MPa;  $R_{пр} / R$  - the ratio of the prismatic strength of concrete to cubic, characterizing its uniformity;  $R_{тб}$  – concrete tensile strength in bending, MPa;  $E_b \cdot 10^3$  - modulus of elasticity of concrete, MPa;  $\epsilon$  is the deformation of concrete, mm / m;  $\epsilon_1$  – longitudinal deformation of concrete, mm / m;  $\epsilon_2$  – transverse deformation of concrete, mm / m;  $\mu$  is the Poisson's ratio (transverse strain coefficient);  $W_M$  - concrete water absorption by weight, %; W - concrete grade for water resistance; F - concrete grade for frost resistance.



**Рис.1. Оценка роста во времени прочностных характеристик бетона в зависимости от вида вяжущего**

**Fig. 1. Estimation of the growth in time of the strength characteristics of concrete depending on the type of binder**

По результатам испытаний также установлено, что с переходом на НВ взамен традиционному ПЦ разница между кубиковой и призмической прочностью заметно сокращается, что свидетельствует о более высокой однородности бетона на НВ в сравнении с составами на традиционном ПЦ. Так, коэффициент призмической прочности (т.е. отношение  $R_{ПР} / R$ ) у бетонов на НВ находится в пределах 0,82-0,86, когда у бетонов на традиционно применяемом ПЦ этот показатель ниже 0,78. При этом коэффициент призмической прочности возрастает с увеличением активности наполненного вяжущего и снижением в нем доли МНТП (рис. 2).

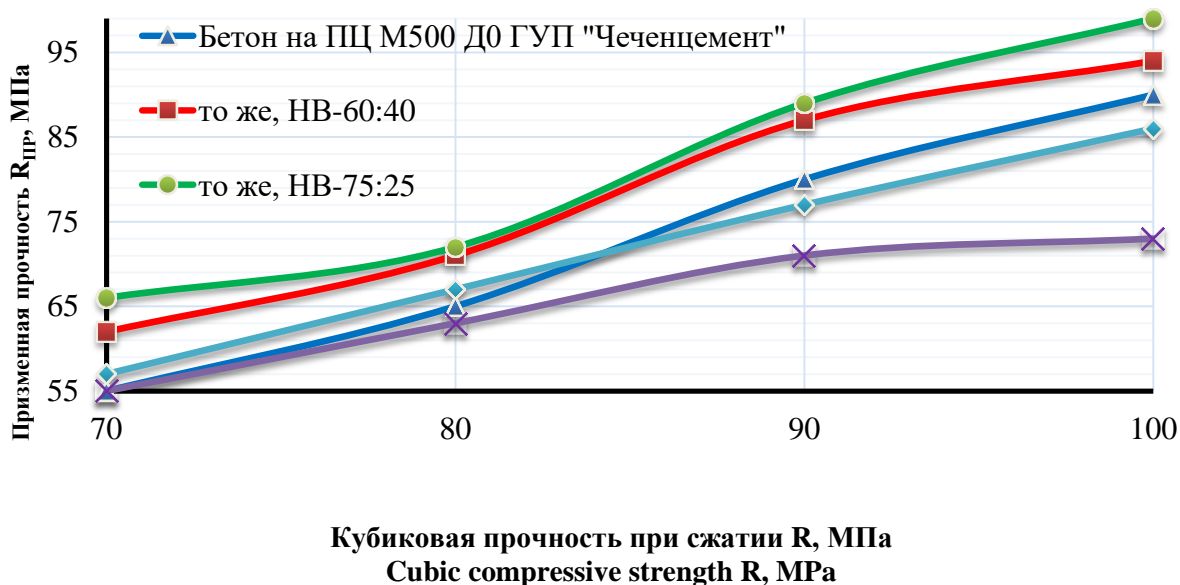


Рис.2. Зависимость призмической прочности  $R_{ПР}$  от кубиковой  $R$  при использовании вяжущих различной природы

Fig. 2. Dependence of prismatic strength  $R_{ПР}$  on cubic  $R$  when using binders of various nature

В отечественной литературе [1-5] коэффициент  $R_{ПР} / R$  для бетонов средних классов принято определять с использованием следующей зависимости:

$$R_{ПР} / R = (0,77 - 0,00125 R) \quad (1)$$

где  $R$  – кубиковая прочность, МПа;

$R_{ПР}$  – призмическая прочность, МПа;

Зависимость (1), достаточно хорошо исследованная и апробированная на бетонах средних классов (до В50), касательно высокопрочных бетонов практически не исследована, за исключением небольшой группы ученых, в числе которой Мкртчян А.М., Аксенов В.Н. и др. В Еврокодах для высокопрочных бетонов классов выше В60-В80 приведен постоянный коэффициент призмической прочности, равный 0,8. О.Я. Берг в своих научных трудах приводит эту зависимость как  $R_{ПР} = f(R)$ , и указывает, что она носит линейный характер. При этом, для тяжелых бетонов, включая высокопрочные, коэффициент призмической прочности рекомендуется принимать постоянным, равным 0,78. Как видно из сравнительного анализа и рис. 2, полученные нами зависимости  $R_{ПР}/R=f(R)$  непротиворечат известным литературным данным. При этом установлено, что коэффициент призмической прочности у бетонов на НВ значительно выше, чем у равнопрочных бетонов на ПЦ. Это свидетельствует о достаточно высокой степени однородности бетона на НВ.

**Вывод.** Разработаны и исследованы рецептуры наполненных вяжущих (НВ) с активностью 60-71 МПа с тонкодисперсными МНТП из бетонного лома и кирпичного боя с соотношением 70:30 % соответственно, при этом доля смеси наполнителя в НВ составило 25 и 40 % от массы вяжущего. Использование МНТП из бетонного лома обусловлено ее гидравлической активностью благодаря негидратировавшим зернам цемента в составе бетонного лома в количестве до 20-25 % от вяжущего, использованного при приготовлении утилизируемого бетона, которые, располагаясь между частицами НВ, заметно упрочняет цементный камень путем сни-

жения дифференциальной пустотности исходной водоцементной пасты в сторону более меньших по размеру пор и пустот, что обуславливает формирование цементной матрицы с меньшими размерами капиллярных пор.

Запроектированы оптимальные рецептуры высокоподвижных бетонных смесей с использованием местного природного и техногенного сырья с маркой по осадке конуса П5 и сохраняемостью более 8 часов для получения ВКБ классов по прочности на сжатие до В60-В80 с уникальными эксплуатационными свойствами. По результатам испытаний также установлено, что с переходом на НВ взамен традиционному ПЦ разница между кубиковой и призмной прочностью заметно сокращается, что свидетельствует о более высокой однородности бетона на НВ в сравнении с составами на традиционном ПЦ. Так, коэффициент призмной прочности (т.е. соотношение  $R_{ПР} / R$ ) у бетонов на НВ находится в пределах 0,82-0,86, когда у бетонов на традиционно применяемом ПЦ этот показатель ниже 0,78. При этом коэффициент призмной прочности возрастает с увеличением активности наполненного вяжущего и снижением в нем доли МНТП.

#### **Библиографический список:**

1. Баженов, Ю.М. Технология бетона, строительных изделий и конструкций [Текст] / Ю.М. Баженов, Л.А. Алимов, В.В. Воронин [и др.]. М.: Изд-во АСВ, 2008. 350 с.
2. Баженов, Ю.М. Мелкозернистые бетоны из вторичного сырья для ремонта и восстановления поврежденных зданий и сооружений [Текст]: научное издание / Ю.М. Баженов, Д.К.-С. Батаев, Х.Н. Мажиев [и др.]. – Грозный: ИП «Султанбегова Х.С.», 2011. 342 с.
3. Батаев, Д.К.-С.. Рецептуры высокопрочных бетонов на техногенном и природном сырье / Д.К.-С. Батаев, М.С. Сайдумов, Т.С.-А. Муртазаева [и др.] // Актуальные проблемы современной строительной науки и образования: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию строительного факультета ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова», 12-13 октября 2017 г. –Грозный: Бисултанова П.Ш., 2017. С.109-117.
4. Каприелов, С.С. Высокопрочный пневмобетон с добавкой микрокремнезема для защитных покрытий [Текст] / С.С. Каприелов, Н.Г. Булгакова // Бетон и железобетон. -1993. - №5. -С. 7-8.
5. Лесовик, В.С. Строительные композиты на основе отсеков дробления бетонного лома и горных пород [Текст]: научное издание / В.С. Лесовик, С.-А.Ю. Муртазаев, М.С. Сайдумов. –Грозный: МУП «Типография», 2012. – 192 с.
6. Афонина, М.И. Особенности строительства спортивных сооружений на территориях бывших промышленных зон [Текст] / М.И. Афонина, Е.В. Козырева // В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. 2017. С. 390-392.
7. Щербань, Е.М. Разработка состава пуццоланового цемента на вулканическом туфе [Текст] / Е.М. Щербань, С.А. Стельмах, А.К. Халюшев [и др.] // В сборнике: Строительство. Архитектура. Экономика. Материалы Международного форума "Победный май 1945 года": сборник статей. Министерство образования и науки Российской Федерации, Донской государственный технический университет, Профсоюз работников народного образования и науки Российской Федерации. 2018. С. 110-113.
8. Муртазаев, С.-А.Ю. Мелкозернистые бетоны на основе наполнителей из вторичного сырья [Текст]: научное издание / С.-А.Ю. Муртазаев, Д.К.-С. Батаев, З.Х. Исмаилова [и др.]. М.: «Комтехпринт», 2009. 142 с.
9. Лермит, Р. Проблемы технологии бетона [Текст] / Р. Лермит. –М.: Издательство ЛКИ, 2007. -296 с.
10. Баженов, Ю.М. Технология бетона [Текст]: учеб.пособие для технолог. специальностей строит. Вуз / Ю.М. Баженов. - 3-е изд. –М.: АСВ, 2011. -500 с.
11. Удодов, С.А. Повторное введение пластификатора как инструмент управления подвижностью бетонной смеси // Сборник научных трудов Кубанского государственного технологического университета. -2015. - №9. -С. 175-185.
12. Стельмах, С.А. Влияние некоторых характеристик применяемого крупного заполнителя на свойства тяжелого бетона, предназначенного для изготовления центрифугированных изделий и конструкций [Текст] / С.А. Стельмах, Е.М. Щербань, К.В. Сердюков [и др.] // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. -2017. -№ 10. -С. 15-20.
13. Корянова, Ю.И., Резанцев, Н.Е., Шумилова, А.С. Материалы и конструкции, используемые при строительстве высотных зданий - от традиций к новшествам // Аллея науки. 2018. Т.6. № 4 (20). С.95-99.
14. Солдатов, А.А. Опыт использование силиката натрия в качестве вяжущего вещества в производстве строительных материалов [Текст] / А.А. Солдатов, А.В. Галыч, И.В. Сариев [и др.] // В сборнике: Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности. Материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета. Н.И. Стоянов (ответственный редактор). 2016. С. 186-188.



15. Усов, Б.А. Физико-химические процессы строительного материаловедения в технологии бетона и железобетона [Текст]: учеб. пособие для студентов по специальности 270106 «Производство строительных материалов, изделий и конструкций» / Б.А. Усов. -М.: Издательство МГОУ, 2009. 326 с.
16. Salamanova, M.Sh. Clinker-free binders based on finely dispersed mineral components / Murtazaev S.A.Yu., Salamanova M.Sh. // В сборнике: Ibaasil conference proceedings. 2018. С. 707-714.
17. Self-Consolidating Concretes with Materials of the Chechen Republic and Neighboring Regions / Madina Salamanova, Magomed Khubaev, Magomed Saidumov, Tamara Murtazayeva // International Journal of environmental & science education. 2017. Vol.11. №18. pp.12719-12724.

#### References:

1. Bazhenov, YU.M. Tekhnologiya betona, stroitel'nykh izdeliy i konstruktsiy [Tekst] / YU.M. Bazhenov, L.A. Alimov, V.V. Voronin [i dr.]. -М.: Izd-vo ASV, 2008. - 350 s. [Bazhenov, Yu.M. Technology of concrete, building products and structures [Text] / Yu.M. Bazhenov, L.A. Alimov, V.V. Voronin [et al.]. -М.: DIA Publishing House, 2008, 350 p. (In Russ)]
2. Bazhenov, YU.M. Melkozernistyye betony iz vtorichnogo syr'ya dlya remonta i vosstanovleniya povrezhdennykh zdaniy i sooruzheniy [Tekst]: nauchnoye izdaniye / YU.M. Bazhenov, D.K.-S. Batayev, KH.N. Ma-zhiyev [i dr.]. -Grozny: IP «Sultanbegova KH.S.», 2011. p342 s. [Bazhenov, Yu.M. Fine-grained concrete from recycled materials for repair and restoration of damaged buildings and structures [Text]: scientific publication / Yu.M. Bazhenov, D.K.-S. Bataev, H.N. Mazhiev [et al.]. Grozny: IE "Sultanbegova Kh.S.", 2011. 342 p. (In Russ)]
3. Batayev, D.K.-S. Retseptury vysokoprochnykh betonov na tekhnogenom i prirodnom syr'ye / D.K.-S. Batayev, M.S. Saydumov, T.S.-A. Murtazayeva [i dr.] // Aktual'nyye problemy sovremennoy stroitel'noy nauki i obrazovaniya: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchenoy 60-letiyu stroitel'nogo fakul'teta FGBOU VO «GGNTU im. akad. M.D. Millionshchikova», 12-13 oktyabrya 2017 g. Grozny: Bisultanova P.SH., 2017. - S.109-117. [Bataev, D.K.-S. Formulations of high-strength concrete on technogenic and natural raw materials / D.K.-S. Bataev, M.S. Saydumov, T.S.-A. Murtazayeva [et al.] // Actual problems of modern building science and education: materials of the All-Russian scientific-practical conference dedicated to the 60th anniversary of the building faculty of FSBEI HE "GSTU named after Acad. M.D. Millionschikova", October 12-13, 2017. Grozny: P. Bisultanova, 2017. pp.109-117. (In Russ)]
4. Kapriylov, S.S. Vysokoprochnyy pnevmobeton s dobavkoy mikrokremnezema dlya zashchitnykh pokry-tiy [Tekst] / S.S. Kapriylov, N.G. Bulgakova // Beton i zhelezobeton. -1993. - №5. -S. 7-8. [Kapriylov, S.S. High-strength pneumatic concrete with the addition of silica fume for protective coatings [Text] / S.S. Kapriylov, N.G. Bulgakova // Concrete and reinforced concrete. 1993. No. 5. pp. 7-8. (In Russ)]
5. Lesovik, B.C. Stroitel'nyye kompozity na osnove otsefov drobleniya betonnoy loma i gornykh porod [Tekst]: nauchnoye izdaniye / B.C. Lesovik, S-A.YU. Murtazayev, M.S. Saydumov. -Grozny: MUP «Tipografiya», 2012. - 192 s. [Lesovik, B.C. Building composites based on screenings for crushing concrete scrap and rocks [Text]: scientific publication / B.C. Lesovik, St. A.Yu. Murtazaev, M.S. Saydumov. -Grozny: Municipal Unitary Enterprise "Printing House", 2012. 192 p. (In Russ)]
6. Afonina, M.I. Osobennosti stroitel'stva sportivnykh sooruzheniy na territoriyakh byvshikh pro-myshlennykh zon [Tekst] / M.I. Afonina, Ye.V. Kozyreva // V sbornike: Dni studencheskoy nauki. Sbor-nik dokladov nauchno-tekhnicheskoy konferentsii po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot studentov instituta stroitel'stva i arkhitektury. -2017. -S. 390-392. [Afonina, M.I. Features of the construction of sports facilities in the territories of former industrial zones [Text] / M.I. Afonina, E.V. Kozyreva // In the collection: Days of student science. Collection of reports of a scientific and technical conference based on the results of research work by students of the Institute of Construction and Architecture. 2017. pp. 390-392. (In Russ)]
7. Shcherban', Ye.M. Razrabotka sostava putstsolanovogo tsementa na vulkanicheskom tufe [Tekst] / Ye.M. Shcherban', S.A. Stel'makh, A.K. Khalyushev [i dr.] // V sbornike: Stroitel'stvo. Arkhitektura. Ekonomika. Materialy Mezhdunarodnogo foruma "Pobednyy may 1945 goda": sbornik statey. Ministerstvo obra-zovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii, Donskoy gosudarstvennyy tekhnicheskyy universitet, Prof-soyuz rabotnikov narodnogo obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii. -2018. -S. 110-113. [Shcherban, E.M. Development of the composition of pozzolanic cement on volcanic tuff [Text] / E.M. Shcherban, S.A. Stelmakh, A.K. Khalyushev [et al.] // In the collection: Construction. Architecture. Economy. Materials of the International Forum "Victory May 1945": a collection of articles. Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Don State Technical University, Trade Union of Workers in Public Education and Science of the Russian Federation. 2018. pp. 110-113. (In Russ)]
8. Murtazayev, S-A.YU. Melkozernistyye betony na osnove napolniteley iz vtorichnogo syr'ya [Tekst]: nauchnoye izdaniye / S-A.YU. Murtazayev, D.K.-S. Batayev, Z.KH. Ismailova [i dr.]. -М.: «Komtekhprint», 2009. -142 s. [Murtazaev, St. A.Yu. Fine-grained concrete based on fillers from recycled materials [Text]: scientific publication / S-A.YU. Murtazaev, D.K.-S. Bataev, Z.K. Ismailova [et al.]. -М.: Komtekhprint, 2009. 142 p. (In Russ)]
9. Lermi, R. Problemy tekhnologii betona [Tekst] / R. Lermi. -М.: Izdatel'stvo LKI, 2007. -296 s. [Lermi, R. Concrete technology problems [Text] / R. Lermi. -М.: Publishing House of LCI, 2007. 296 p. (In Russ)]
10. Bazhenov, YU.M. Tekhnologiya betona [Tekst]: ucheb.posobiye dlya tekhnolog. spetsial'nostey stroit. Vuzov / YU.M. Bazhenov. - 3-ye izd. -М.: ASV, 2011. -500 c. [Bazhenov, Yu.M. Concrete technology [Text]: textbook for technologist. specialties builds. Universities / Yu.M. Bazhenov. - 3rd ed. -М.: DIA, 2011. 500 p. (In Russ)]

11. Udodov, S.A. Povtornoye vvedeniye plastifikatora kak instrument upravleniya podvizhnost'yu be-tonnoy sme-si // Sbornik nauchnykh trudov Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universite-ta. -2015. -№9. -S. 175-185. [ Udodov, S.A. Re-introduction of a plasticizer as a tool for controlling the mobility of a concrete mixture // Collection of scientific papers of the Kuban State Technological University. 2015. No.9. pp. 175-185. (In Russ)]

12. Stel'makh, S.A. Vliyaniye nekotorykh kharakteristik primenyayemogo krupnogo zapolnitelya na svoystva tyazhelogo betona, prednaznachennogo dlya izgotovleniya tse-ntrifugirovannykh izdeliy i konstruk-tsiy [Tekst] / S.A. Stel'makh, Ye.M. Shcherban', K.V. Serdyukov [i dr.] // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. 2017. № 10. S. 15-20. [Stelmakh, S.A. The influence of some characteristics of the used large aggregate on the properties of heavy concrete intended for the manufacture of centrifuged products and structures [Text] / S.A. Stelmakh, E.M. Shcherban, K.V. Serdyukov [et al.] // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2017. No. 10. pp. 15-20. (In Russ)]

13. Koryanova, YU.I., Rezantsev, N.Ye., Shumilova, A.S. Materialy i konstruksii, ispol'zuyemye pri stroitel'stve vysotnykh zdaniy - ot traditsiy k novshestvam // Alleya nauki. 2018. -T.6. -№ 4 (20). -S.95-99. [Koryanova, Yu.I., Re-zantsev, N.E., Shumilova, A.S. Materials and structures used in the construction of high-rise buildings - from tradition to innovation // Alley of Science. 2018. Vol.6. No. 4 (20). pp. 95-99. (In Russ)]

14. Soldatov, A.A. Opyt ispol'zovaniye silikata natriya v kachestve vyazhushchego veshchestve v proizvod-stve stroitel'nykh materialov [Tekst] / A.A. Soldatov, A.V. Galych, I.V. Sariyev [i dr.] // V sbornike: Aktual'nyye problemy stroitel'stva, transporta, mashinostroyeniya i tekhnosfernoy bezopasnosti. Materialy IV-y yezhegodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta. N.I. Stoyanov (otvetstvennyy redaktor). -2016. -S. 186-188. [ Soldatov, A.A. The experience of using sodium silicate as a binder in the production of building materials [Text] / A.A. Soldatov A.V. Galych, I.V. Sariyev [et al.] // In the collection: Actual problems of construction, transport, engineering and technosphere safety. Materials of the IV-th annual scientific-practical conference of the North Caucasus Federal University. N.I. Stoyanov (executive editor). 2016. pp. 186-188. (In Russ)]

15 Usov, B.A. Fiziko-khimicheskiye protsessy stroitel'nogo materialovedeniya v tekhnologii betona i zhelezobetona [Tekst]: ucheb. posobiye dlya studentov po spetsial'nosti 270106 «Proizvodstvo stroi-tel'nykh materialov, izdeliy i konstruktsiy» / B.A. Usov. -M.: Izdatel'stvo MGOU, 2009. -326 s. [ Usov, B.A. Physico-chemical processes of building materials science in the technology of concrete and reinforced concrete [Text]: textbook. manual for students in specialty 270106 "Production of building materials, products and structures" / B.A. Mustache. -M. : Publishing house of the Moscow State Educational University, 2009. 326 p. (In Russ)]

16.Salamanova, M.Sh. Clinker-freebindersbasedonfinelydispersedmineralcomponents / MurtazaevS.A.Yu., SalamanovaM.Sh. // V sbornike: ibausilconferenceproceedings. 2018. S. 707-714. [Salamanova, M.Sh. Clinker-freebindersbasedonfinelydispersedmineralcomponents / MurtazaevS.A.Yu., SalamanovaM.Sh. // In the collection: ibausil-conferenceproceedings. 2018. pp. 707-714. (In Russ)]

17.Self-ConsolidatingConcreteswithMaterialsoftheChechenRepublicandNeighboringRegions / MadinaSalamanova, MagomedKhubaev, MagomedSaidumov, TamaraMurtazayeva // Internationaljournalofenvironmental & scienceeducation. 2017. Vol. 11. No.18. pp.12719-12724.

**Сведения об авторах:**

Аласханов Арби Хамидович, кандидат технических наук, доцент, кафедра технологии строительного производства; e-mail: [uspek@ro.ru](mailto:uspek@ro.ru)

Муртазаева Тамара Саид-Альвиевна, кандидат технических наук, кафедра технологии строительного производства, e-mail: [tomamurtazaeva@mail.ru](mailto:tomamurtazaeva@mail.ru)

Сайдумов Магомед Саламувич, кандидат технических наук, доцент, кафедра технологии строительного производства; e-mail: [saidumov\\_m@mail.ru](mailto:saidumov_m@mail.ru)

Омаров Ариф Омарович, кандидат экономических наук, доцент, кафедра строительных материалов и инженерных сетей; e-mail: [zagir9@mail.ru](mailto:zagir9@mail.ru)

**Information about the authors:**

Arbi Kh. Alaskhanov, Cand. Sci. (Technical). Assoc. Prof. Department of Construction Technology; e-mail: [uspek@ro.ru](mailto:uspek@ro.ru)

Tamara S. Murtazaeva, Doctor Sci. (Technical). Prof. Department of Construction Technology; e-mail: [tomamurtazaeva@mail.ru](mailto:tomamurtazaeva@mail.ru)

Magomed S. Saidumov, Cand. Sci. (Technical). Assoc. Prof. Department of Construction Technology; e-mail: [saidumov\\_m@mail.ru](mailto:saidumov_m@mail.ru)

Arif O.Omarov, Cand. Sci. (Economics). Assoc. Prof., Department of Building Materials and Engineering Networks; e-mail: [zagir9@mail.ru](mailto:zagir9@mail.ru)

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 29.06.2019.

Принята в печать 01.09.2019.

**Conflict of interest.**

The authors declare no conflict of interest.

Received 29.06.2019.

Accepted for publication 01.09.2019.