



ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАТИВНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ И ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д. Ш. Кадырова ¹, А. Б. Сайдуллаев ²

Ташкентский архитектурно-строительный институт,

13, ул. Алишера Навои, Ташкент, Узбекистан, 420085.

E-mail: ¹ akmal92.05@gmail.com, ² taqilmiy@gmail.com

Получена 30 апреля 2021; принята 14 мая 2021.

Аннотация. В данной статье исследована проблема применения барханных песков и отходов производства нерудной промышленности для производства бетонных и железобетонных изделий. Применение барханных песков как мелкого заполнителя наиболее целесообразно вместе с укрупняющей добавкой, в качестве которой рекомендуются отходы промышленности нерудных материалов, в частности порфиритовой породы. Освещены предложения исследователей по применению мелких песков в бетоне и методы подбора состава бетона. Указана доля месторождений в Центральной Азии, содержащих мелкозернистый и барханный песок. Определена проблемность использования строительного песка для применения в строительной индустрии. Изучены прочность, показатели деформативности, морозостойкость, коррозионная стойкость бетонов на основе комплексного использования барханного песка, отсевов дробления и щебня порфирита. Приведены основы выбора барханные пески и отсевы дробления порфирита, расположенных на территории Республики Каракалпакстан в целях исследования.

Ключевые слова: порфириты, барханные пески, укрупнитель, модуль крупности, гранулометрия.

МІЦНІСНІ І ДЕФОРМАТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНІВ НА ОСНОВІ МІСЦЕВОЇ СИРОВИНИ І ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ

Д. Ш. Кадирова ¹, А. Б. Сайдуллаєв ²

Ташкентський архітектурно-будівельний інститут,

13, вул. Алішера Навої, Ташкент, Узбекистан, 420085,

E-mail: ¹ akmal92.05@gmail.com, ² taqilmiy@gmail.com

Отримана 30 квітня 2021; прийнята 14 травня 2021.

Анотація. У даній статті досліджено проблему застосування барханих пісків і відходів виробництва нерудної промисловості для виробництва бетонних і залізобетонних виробів. Застосування барханих пісків як дрібного заповнювача найдоцільніше разом з укрупнювальною добавкою, в якості якої рекомендуються відходи промисловості нерудних матеріалів, зокрема порфіритової породи. Освітлено пропозиції дослідників щодо застосування дрібних пісків в бетоні і методи підбору складу бетону. Вказана частка родовищ в Центральній Азії, що містять дрібнозернистий і барханный пісок. Визначено проблемність використання будівельного піску для застосування в будівельній індустрії. Вивчено міцність, показники деформативності, морозостійкості, корозійної стійкості бетонів на основі комплексного використання барханного піску, відсіву дроблення і щебеню порфіриту. Наведені основи вибору барханного піску і відсіву дроблення порфіриту, розташованих на території Республіки Каракалпакстан в цілях дослідження.

Ключові слова: порфірити, барханні піски, укрупнювач, модуль крупності, гранулометрія.

STRENGTH AND DEFORMATIVE PROPERTIES OF CONCRETES BASED ON LOCAL RAW MATERIALS AND INDUSTRIAL WASTE

Dilorom Kadyrova ¹, Abdulaziz Saydullayev ²

*Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering,
13, Alisher Navoi Str., Tashkent, Uzbekistan, 420085.*

E-mail: ¹ akmal92.05@gmail.com, ² taqilmiy@gmail.com

Received 30 April 2021; accepted 14 May 2021.

Abstract. This article examines the problem of using dune sands and waste in the production of nonmetallic industry for the production of concrete and reinforced concrete products. The use of sand dunes as a fine aggregate is most appropriate together with an enlarging additive, as which waste from the industry of non-metallic materials, in particular porphyritic rock, is recommended. The proposals of researchers on the use of fine sands in concrete and methods for selecting the composition of concrete are discussed. The share of deposits in Central Asia containing fine-grained and dune sand is indicated. The problematic nature of the use of building sand for use in the construction industry has been determined. The strength, deformability indicators, frost resistance, corrosion resistance of concrete based on the integrated use of sand dunes, crushing screenings and porphyry crushed stone were studied. The basics of the selection of sand dunes and porphyrite crushing screenings located on the territory of the Republic of Karakalpakstan for research purposes are given.

Keywords: porphyrites, dune sands, enlarger, size modulus, granulometry.

Оценка перспективных месторождений песков показала, что на долю мелких и очень мелких приходится более 55 % объема разведанных запасов. К наиболее существенным отличительным признакам таких мелких песков относятся: большое содержание фракций менее 0,315 мм и повышенная межзерновая пустотность, высокая удельная поверхность, достигающая в отдельных случаях 600 см²/г. Применение подобных песков для приготовления бетона влечет значительный перерасход цемента, отсутствие песков, удовлетворяющих ГОСТ 8735 [1], и большая потребность в них послужила основанием для изыскания новых эффективных методов использования мелких и очень мелких песков в качестве заполнителей для бетона.

Начиная с середины 50-х годов XX века барханные пески изучаются как сырье для производства бетона. Многочисленные исследования показали низкую долговечность бетонов на мелких песках, а также высокий расход цемента в них. Получить бетоны с использованием таких песков и изделий на их основе, удовлетворяющие современным требованиям без специальных

технологических приемов, невозможно. Поэтому рекомендовано для уменьшения перерасхода цемента следующие мероприятия:

- добавление до 50 % крупного естественного песка или гранитных высеков;
- использование цемента повышенной тонкости помола;
- применение поверхностно-активных веществ и подбор состава бетона с учетом повышенной удобоукладываемости бетонной смеси на мелких песках;
- уменьшение доли песка в смеси заполнителей за счет лучшего зернового состава крупного заполнителя.

Практическая удобоукладываемость бетонов на мелком песке не может быть точно оценена осадкой стандартного конуса, наоборот, в качестве общего принципа выдвигалось положение о необходимости производить оценку удобоукладываемости при обязательном применении тех же условий механического уплотнения, которые характерны для уплотнения при фактической укладке раствора или бетона. В соответствии с этим при подборе состава бетона должны быть в

той или иной мере отражены особенности будущего уплотнителя бетона; для вибрируемого бетона более правильно исходить из необходимости заполнения песком пустот в крупном заполнителе, подвергнутом виброуплотнению.

Учет этих положений приводит к тому, что относительное содержание мелких песков должно быть меньше крупного. Эти три принципа были подвергнуты экспериментальной проверке в работе А. В. Невского. В результате установлено, что применение мелких песков не всегда связано с перерасходом цемента, если при подборе исходить из следующих принципов:

- подбор состава бетона должен производиться по показателю жесткости бетонной смеси;
- относительное количество песка в смеси заполнителей должно быть существенно уменьшено и тем больше, чем песок мельче и чем сильнее механическое уплотнение бетона;
- при использовании мелких песков необходимо вводить поверхностно-активные вещества, в особенности гидрофобизирующие.

Исследователями по применению мелких песков в бетоне и методам подбора состава бетона были выдвинуты ряд предложений:

- применять тонкомолотые цементы и пески, продолжать развивать научно-обоснованную физико-химическую теорию бетона, рассматривающую со структурообразованием цементного теста и вопросы взаимодействия его с заполнителем (Е. Е. Калмыкова) [3];
- смешивать мелкие пески с более крупными, например, с искусственным (дробленым) песком, или обогащение мелкого песка высевами от дробления щебня (А. Е. Шейкин) [4];
- вводить поверхностно-активные и пластифицирующие добавки, которые улучшают удобоукладываемость, снижают расслаиваемость и водоотделение бетонной смеси и повысят долговечность (Г. И. Ступаков) [2];
- качество песка необходимо оценивать по показателю водопотребности, которая позволит уточнить зависимость подвижности бетонной смеси от расхода воды (Ю. М. Баженов) [5];
- наилучшие результаты достигаются при совместном использовании нескольких методов. При этом удается обеспечить заданную консистенцию бетонной смеси и прочность бетона на мелких песках при минимальном перерасходе цемента (В. Г. Скрамтаев) [6].

Последующими исследованиями также установлено, что при изготовлении мелкозернистого бетона на мелком песке расход цемента увеличивается на 20...40 % по сравнению с расходом на крупном песке. Это не только снижает экономию, достигаемую за счет исключения щебня, но и является причиной повышения усадки, ползучести бетона, что в ряде конструкций недопустимо.

В Средней Азии около 80 % месторождений содержат мелкозернистые, в том числе и барханные пески. Изготовление и укладка бетона на таких песках технологическими приемами, как для бетонов на стандартном мелком заполнителе, вызывает перерасход цемента в отдельных случаях до 40–60 %.

Проблема применения мелкозернистых песков в бетоне весьма актуальна для строительной индустрии Узбекистана, так как в республике не все районы обеспечены стандартным мелким заполнителем, а на значительной территории месторождение крупных песков вообще отсутствует. В связи с этим пески нормальной крупности приходится завозить из других, зачастую отдаленных шести районов, что удорожает стоимость бетона.

С увеличением роста и освоением крупных массивов орошения перед научно-исследовательскими учреждениями республики были поставлены задачи по созданию новых строительных материалов, в том числе бетонов (легких и тяжелых) с использованием местных сырьевых ресурсов, в частности барханных песков [7, 8].

Песок, полученный при дроблении пород, имел высокий модуль крупности и по гранулометрическому составу укладывался в стандартную область кривых рассеивания, приближаясь к максимальному пределу. Песок, полученный из различных пород, неодинаково влияет на подвижность бетонов. Щебень из такой породы, как сиенит, пегматит, и особенно гранодиорит снижают подвижность бетонной смеси [9, 10, 11, 12, 13, 14].

В связи с этим объектами для исследований были выбраны барханные пески и отсеvy дробления порфирита, расположенных на территории Республики Каракалпакстан.

В таблицах 1, 2, 3 приведены характеристики свойств изучаемых порфиров и барханных песков.

Таблица 1. Характеристика свойств щебня из порфиров изучаемых месторождений

Месторождение	Фракция щебня, I/мм	Марка по дробимости	Истираемость в полочном барабане	Содержание пластинчатых (лещадных) и игловатых зерен, % по массе	Содержание в породе слабых зерен, % по массе	Содержание глины в комках, % по массе	Содержание сернистых и сернокислых соединений в пересчете на, % по массе	Содержание пылевидных и глинистых частиц, % по массе
Каратау	5–10	1 200	И-I					
	10–20	1 200	И-I	35	4,5	0,3	0,02	0,9
Джимуртау	5–10	1 000	И-II					0,8
	10–20	1 000	И-II	34	5	0,25	0,05	
Шайхджайли	5–10	1 000	И-I					2,5
	10–20	1 000	И-I	55	5,5	0,35	0,035	

I/ Фракции 5–10 мм содержатся в количестве 25...30 %

Фракции 10–20 мм – 70...75% по массе.

Таблица 2. Характеристика свойств отсевов дробления порфиров и барханного песка

Материалы	Насыпная плотность, кг/м ³	Плотность кг/м ³	Пустотность %	Водопоглощение % по массе	Содержание пылевидных и глинистых в частицы, % по массе	Содержание глины в комках, % по массе	Содержание глинистых частиц (метод набухания), % по массе	Содержание зерен размером свыше 5 мм, по массе	Содержание зерен размером свыше 10 мм, % по массе	Марка породы по прочности	Содержание посторонних и органических примесей I/
Отсевы дробления порфиров месторождений											
Каратау	1 490–1 536	2,80	44,3	0,5	8,78	нет	0,45	6,2	3,7	1 000	нет
Джимуртау	1 500–1 630	2,85	425,8	1,05	9,0	нет	0,92	16,5	3,5	1 000	нет
Шейхджейли	1 490–1 505	2,64	45,0	1,13	14,5	нет	0,94	–	–	–	–
Барханный песок	1465	2,5	42,3	1,4	1,0	нет	0,94	–	–	–	–

I/ Отсевы и песок отвечают требованиям ГОСТ 10268-80 по содержанию сернокислых и сернистых соединений в пересчете на SO₃ – 0,82...0,87 %.

Для изучения показателей назначения тяжелых бетонов и внедрение их в производство сборных железобетонных изделий и конструкций за

основу были взяты рационально подобранные составы бетонов ЦБЩ – цемент–барханный песок–щебень, ЦБОЩ – цемент–барханный–песок

Таблица 3. Характеристика зернового состава отсевов дробления порфиринов и барханного песка

Материалы	Размер отверстий контрольных сит, мм						Проходит через сито 0,14 мм	Сумма	Модуль крупности, Мк
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14			
	Полные остатки на контрольных ситах, % по массе								
Отсевы дробления порфиритов место- рождений:									
Шейхджейли	8,5	30,2	41,741	61,28	77,68	84,7	14,5	99,2	3,0
Каратау	5,4	25,5	34,0	74,5	82,0	87,2	12,0	99,2	3,04
Джимуртау	6,7	20,2	37,9	60,9	77,19	89,6	10,0	99,6	2,86
Барханный песок	0	0	0	5,3	12,1	65,9	16,5	99,8	0,83

отсев дробления – щебень порфирита, которые приведены в таблице 4. Все составы подобраны для бетонов со средней прочностью 19,6 и 32,7 МПа, в которых в качестве вяжущего был использован портландцемент М-400 Ахангаранского цементного комбината.

Испытания свойств бетонов проводились на образцах кубов 10×10×10 см 28 суточного нормального твердения. Качество уплотненной бетонной смеси оценивали по показателю коэффициента уплотнения, который находится в пределах допустимого для всех составов (табл. 4).

В бетоне на барханном песке и порфировом щебне низкая водонепроницаемость объясняется прерывистым гранулометрическим составом заполнителей. Размер зерен щебня находится в пределах от 5 до 10 мм, в барханного песка – до 0,14 мм, т. е. нет промежуточного размера зерен заполнителей. Прослойка цементного камня между зернами заполнителя невелика, продукты гидратации цемента сами проницаемы для жидкостей и содержат микропоры.

Введение отсева в соотношении 50:50 дробления улучшило гранулометрический состав барханного песка, снизило в/ц и тем самым способствовало повышению водонепроницаемости: для бетона со средней прочностью 22,5 МПа соответствует W6, 32,5 МПа – W8.

Морозостойкость бетонных образцов различного состава испытывали на кубках 100×100×100 мм согласно ГОСТ 10060-76.

Анализ испытаний образцов на морозостойкость показывает, что характер порового про-

странства бетонов на барханном песке обеспечивает морозостойкость свыше 200 циклов. Улучшение гранулометрического состава заполнителя, цемента способствовало уменьшению капиллярной пористости, причем отношение пор составило от 0,18–0,30, создало однородный бетон, повысило марку морозостойкости 300 циклов, при этом потеря в массе составило не более 5 %, прочности до 15 %.

Коррозийностойкость бетонов была испытана в воде исследуемого района, питьевой воде и 5 % раствор Na₂SO₄ и 1% MgSO₄. Согласно данным испытаний (табл. 6) по характеру изменения прочности образцов хранившихся в питьевой и Турткульской воде, их можно отнести к коррозии I-вида.

Прочность составов на барханном песке и щебне (ЦБЩ) снижается по мере длительности их хранения, а в составах с улучшенным зерновым составом (ЦБОЩ) – интенсивность снижения прочности несколько замедлена, коэффициент стойкости составляет K_с = 1,15 в питьевой и Турткульской воде

Деформативные характеристики при сжатии и начальный модуль упругости определяли согласно методике НИИЖБ на призмах размером 100×100×400 мм. Нагрузку на призму увеличивали ступенями: выдержка нагрузки на каждой ступени не более 5 мин. Общая продолжительность испытания 50 мин. Данные о призмной прочности, модуле упругости и коэффициенте Пуассона бетонов различных составов приведены в таблице 7.

Таблица 4. Рациональные составы бетонов

Вид бетона	Состав бетона, кг/м ³					Жесткость	В/Ц	Прочность через 28 сут., МПа	Коэффициент уплотнения $K_{упл}$
	Цемент	Щебень	Барханный песок	Вода	Отсев дробления				
ЦБЩ	370	1 260	539	240	-	20	0,65	22,5	0,94
	490	1 230	410	270	-	20	0,55	31,0	0,96
ЦБОЩ	276	1 320	315	1 625	315	20	0,6	23,5	0,96
	370	1 285	280	185	280	20	0,5	33,5	0,96

Таблица 5. Рациональные составы бетонов

Вид бетона	Пористость, %					Проницаемость, миллидарси	Марка по водонепроницаемости, W	Прочность, МПа
	Структурная	Капиллярная	Контракционная	Гелевая	Экспериментальная, %			
ЦБШ	1,40	2,60	0,50	1,10	5,40	0,74	2	21,5
	1,90	2,50	0,60	1,40	6,10	0,80	4	31,0
ЦБОЩ	0,80	1,50	0,35	0,71	3,20	0,23	6	22,5
	0,10	1,54	0,50	0,90	3,80	0,28	8	32,5

Таблица 6. Коррозионностойкость образцов в различных средах

Составы бетонов	Прочность, МПа				
	После 14-суточного хранения в воде	Через 70 сут. хранения в растворах			
		5% Na ₂ SO ₄	1% MgSO ₄	Питьевая вода	Турткульская вода
ЦБЩ	14,25	19,5	21,5	18,5	18,0
ЦБОЩ	16,5	18,85	19,0	19,0	19,8

Таблица 7. Модуль упругости и коэффициент Пуассона бетонов

Состав бетона	Прочность, МПа	Призменная прочность, R_b , МПа	Коэффициент Пуассона, μ	Модуль упругости, E_b , МПа
На барханном песке и щебне	31,0	18,0	0,23	$25 \cdot 10^3$
На щебне и смеси отсево дробления барханного песка	33,5	27,0	0,18	$28 \cdot 10^3$

Как видно из таблицы 7 и рисунка, в призмах из составов бетонов прочностью 33,5 МПа с улучшенной гранулометрией величины модуля упругости, коэффициентов поперечной деформации мало отличаются между собой и в среднем равны значениям, принятым для обычных тяже-

лых бетонов, а для бетонов прочностью 31,0 МПа эти показатели несколько ниже. Особое значение приобретает граничная область микроразрушений бетона при оценке его долговечности. Напряженное состояние бетона, выходящее за пределы указанной области, при воздействии

многократного попеременного замораживания и оттаивания или агрессивной внешней среды существенно ускоряет процесс разрушения бетона и снижает его долговечность. Для определения нижней $R_{сч,0}$ и верхней $R_{сч,1}$ R границ микро-трещинообразования для каждой призмы были построены зависимости коэффициента деформаций $\mu = \epsilon_2 / \epsilon$ и его приращений $\Delta\mu / \Delta R_2 = \Delta\epsilon / \Delta\epsilon$, а также условного объема $\theta = \epsilon_1 - 2\epsilon_2$ и его приращений $\Delta\theta = \Delta\epsilon_1 - 2\Delta\epsilon_2$ от уровня нагружения: δ / R_v для центрально сжатых призм (коэффициент поперечных деформаций) при δ / R_v кривая на рисунке составлена из данных испытаний бетона с $R_{сж} = 196 \text{ кгс/см}^2$ состава ЦОБЩ, и как видно, граничная область микротрещинообразования соответствует $R_{сч,0} = 0,4$ и $R_{сч,R} = 0,7$. На данном уровне напряжений $-0,4$ начинается процесс микроразрушений, который сопровождался разуплотнением и разрыхлением материала, а до уровня $-0,7$ процесс монотонно развивается.

Показатели границ микротрещинообразования в остальных составах находятся в этих же пределах граничной области микротрещинообразования, что характерно для тяжелых бетонов (табл. 8).

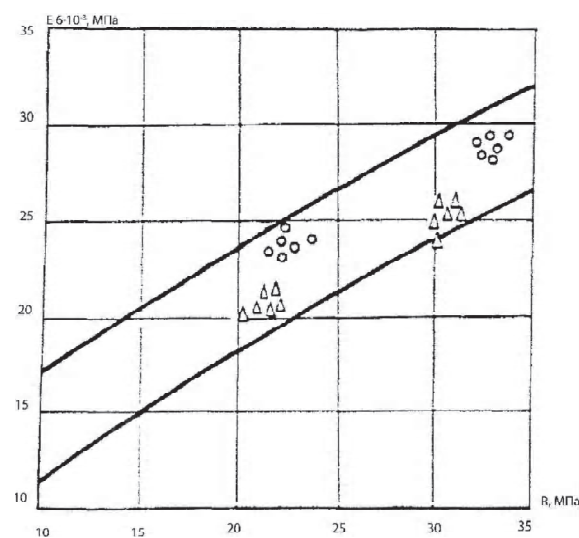


Рисунок. Зависимость модуля упругости бетона от прочности для составов (Δ — ЦБЩ, \circ — ЦБОЩ).

Сопоставление физико-технических свойств исследуемых составов позволило изготовить и рекомендовать опытную партию фундаментальных блоков марки В15, лотков марки В20 для оросительных каналов.

Таблица 8. Границы микротрещинообразования бетонов различного состава

Вид бетона	Прочность, МПа	$R_{сч, 0}$	$R_{сч, R}$
ЦБОШ	22,5	0,45	0,8
ЦБОШ	23,5	0,4	0,7

Литература

- ГОСТ 8735-88. Песок для строительных работ. Методы испытаний = Sand for construction work. Testing methods : Межгосударственный стандарт : издание официальное : утверждён и введен в действие Постановлением Государственного строительного комитета СССР от 05.10.88 № 203 : взамен ГОСТ 8735-75 и ГОСТ 25589-83 : дата введения 1989-07-01 / разработан и внесен Министерством промышленности строительных материалов СССР. - Москва : Стандартиформ, 2018. - 26 с. - Текст : непосредственный.
- Ступаков, Г. И. Технология бетона для гражданского и промышленного строительства в условиях сухого жаркого климата : учебное пособие для

Reference

- GOST 8735-88. Sand for construction work. Testing methods. - Moscow : Standardinform, 2018. - 26 p. - Text : direct. (in Russian)
- Stupakov, G. I. Concrete technology for civil and industrial construction in a dry hot climate : a textbook for construction specialties of universities. - Tashkent : Ukituvchi, 1983. - 158 p. - Text : direct. (in Russian)
- Minas, A. I.; Konstantinov, V.; Edited by Ph. D. (Eng.) P. N. Babin. The use of fine-grained sand for the preparation of concrete. - Almaty : Kazgosizdat, 1956. - 92 p. - Text : direct. (in Russian)
- Sheykin, A. Ye. About the use of fine sands in concrete. - Text : direct. - In: *The use of fine sands in*

- строительных специальностей вузов / Г. И. Ступаков. – Ташкент : Укитувчи, 1983. – 158 с. – Текст : непосредственный.
3. Минас, А. И. Применение мелкозернистого песка для приготовления бетона / А. И. Минас, В. Константинов ; под редакцией кандидата технических наук П. Н. Бабина. – Алма-Ата : Казгосиздат, 1956. – 92 с. – Текст : непосредственный.
 4. Шейкин, А. Е. О применении в бетоне мелких песков / А. Е. Шейкин. – Текст : непосредственный // Применение мелких песков в бетоне и методы подбора состава бетона. – Москва : Госстройиздат, 1961. – 712 с.
 5. Баженов, Ю. М. Высокопрочный мелкозернистый бетон для армоцементных конструкций / Ю. М. Баженов. – Москва : Госстройиздат, 1963. – 128 с. – Текст : непосредственный.
 6. Скрамтаев, В. Г. О применении мелкозернистых и барханных песков в бетоне при возведении сооружений великих строек / В. Г. Скрамтаев. – Текст : непосредственный // Журнал Гидротехническое строительство. – 1953. – № 2. – С. 45.
 7. Газиев, У. А. Отходы промышленности в производстве строительных материалов и изделий / У. А. Газиев. – Ташкент : BrokKlassservis, 2015. – 308 с. – Текст : непосредственный.
 8. Газиев, У. А. Использование отходов медеплавильного и мраморного производств в качестве микронаполнителя в вяжущее. – Текст : непосредственный / У. А. Газиев, Д. Ш. Кадырова, Ш. Т. Рахимов // Инновационные технологии в строительстве : материалы межвузовской научно-практической конференции студентов бакалавриата и магистратуры, старших научных сотрудников-искателей, Ташкент, 30–31 мая 2013 г. – Ташкент : Ташкентский институт инженеров железно-дорожного транспорта. – Выпуск 8. – С. 51–53.
 9. Hebel, E. Dirk. Building from waste : recovered materials in architecture and construction / Dirk E. Hebel, Marta H. Wisniewska, Felix Heisel. – Basel : BirkhäuserVerlag, 2014. – 200 p. – Текст : непосредственный.
 10. Беленкс, Р. Технология цемента и бетона. Т. 1. Материалы для бетона / Р. Беленкс, Г. Кеннеди. – Москва : Наука, 1986. – 154 с. – Текст : непосредственный.
 11. Попов, Л. Н. Строительные материалы из минеральных отходов промышленности / Л. Н. Попов. – Москва : Стройиздат, 1986. – 240 с. – Текст : непосредственный.
 12. Рыбьев, В. А. Строительное материаловедение : учебное пособие / В. А. Рыбьев. – Москва : Высшая школа, 2003. – 174 с. – Текст : непосредственный.
 13. Meddah, M. S. Effect of Content and Particle Size Distribution of Coarse Aggregate on the Compressive Strength of Concrete / M. S. Meddah, S. Zitouni, S. Belâabes. – Текст : непосредственный // Construction and Building Materials. – 2010. – Volume 24, Issue 4. – P. 505–512.
 14. Bazhenov, Yu. M. High-strength fine-grained concrete for reinforced-cement structures. – Moscow : Gosstroizdat, 1963. – 128 p. – Text: direct. (in Russian)
 15. Skramtaye, V. G. On the use of fine-grained and dune sands in concrete in the construction of structures for great construction projects. – Text : direct. – In: *Journal of Hydraulic Engineering*. – 1953. – № 2. – P. 45. (in Russian)
 16. Gaziye, U. A. Industrial waste in the production of building materials and products. – Tashkent : BrokKlassservis, 2015. – 308 p. – Text : direct. (in Russian)
 17. Gaziye, U. A.; Kadyrova, D. Sh.; Rakhimov, Sh. T. The use of waste from copper smelting and marble production as a micro-filler in a binder. – Text : direct. – In: *Innovative technologies in construction : materials of the interuniversity scientific-practical conference of undergraduate and graduate students, senior research fellows-applicants*. – Tashkent : Tashkent Institute of Railway Engineers. – Issue 8. – P. 51–53. (in Russian)
 18. Hebel, E. Dirk; Wisniewska, Marta H.; Heisel, Felix. Building from waste: recovered materials in architecture and construction. – Basel : Birkhäuser-Verlag, 2014. – 200 p. – Text : direct. (in English)
 19. Belenks, R.; Kennedy, G. Cement and concrete technology. Volume 1. Materials for concrete. – Moscow : Science, 1986. 154 p. – Text : direct. (in Russian)
 20. Popov, L. N. Building materials from mineral industrial waste. – Moscow : Gosstroizdat, 1986. – 240 p. – Text : direct. (in Russian)
 21. Rybyev, V. A. Construction materials : training manual. – Moscow : High School, 2003. – 174 p. – Text : direct. (in Russian)
 22. Meddah, M. S.; Zitouni, S.; Belâabes, S. Effect of Content and Particle Size Distribution of Coarse Aggregate on the Compressive Strength of Concrete. – Text : direct. – In: *Construction and Building Materials*. – 2010. – Volume 24, Issue 4. – P. 505–512. (in English)
 23. ASTM C 1018. Standard Test Method for Flexural Toughness and First Crack Strength of Fiber Reinforced Concrete. – Philadelphia : American Society of Testing and Materials, 1998. – 7 p. – Text : direct. (in English)

14. ASTM C 1018. Standard Test Method for Flexural Toughness and First Crack Strength of Fiber Reinforced Concrete : introduction date 10 December 1997. – Philadelphia : American Society of Testing and Materials, 1998. – 7 p. – Текст : непосредственный.

Кадырова Дилором Шариповна – доцент кафедры технологии строительных материалов изделий и конструкций Ташкентского архитектурно-строительного института. Научные интересы: использование отходов в качестве укрупнителя заполнителей в бетоне и микрозаполнителя в цементе.

Сайдуллаев Абдулазиз Бахадирович – ассистент кафедры строительных материалов и химии Ташкентского архитектурно-строительного института. Научные интересы: охрана окружающей среды, безобжиговые щелочные вяжущие, бетоны специального назначения.

Кадырова Дилором Шаріповна – доцент кафедри технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій Ташкентського архітектурно-будівельного інституту. Наукові інтереси: використання відходів як укрупнювача наповнювачів в бетоні і мікронаповнювача в цементі.

Сайдуллаєв Абдулазіз Бахадірович – асистент кафедри будівельних матеріалів і хімії Ташкентського архітектурно-будівельного інституту. Наукові інтереси: охорона навколишнього середовища, безобпалювальні лужні в'язучі, бетони спеціального призначення.

Kadyrova Dilorom – Associate Professor, Technology of Building Materials, Products and Structures Department, Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineerin. Scientific interests: use of waste as an aggregator of aggregates in concrete and microfiller in cement.

Saydullayev Abdulaziz – Assistant, Building Materials and Chemistry Department, Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineerin. Scientific interests: environmental protection, unburning alkaline binders, special-purpose concrete.