ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЕВОГО РЕСУРСА В ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

© В. Х. Хадисов, А. З. Абуханов, М. Р. Хаджиев

ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

Данная работа посвящена решению актуальной проблемы утилизации техногенных сырьевых ресурсов в виде керамического кирпичного боя и производственного брака с получением вторичного мелкого и крупного заполнителя, для дальнейшего изготовления мелкоштучных изделий на основе керамобетона. Внедрение предлагаемой безотходной ресурсосберегающей технологии получения стеновых материалов позволит поддерживать экологическую безопасность окружающей среды. Отмечается специфика приготовления формовочных керамобетонных смесей, особенности формирования структуры исследуемых композиций. Приводятся рецептуры легких бетонов на основе керамического кирпичного заполнителя и результаты исследования свойств, необходимых для получения качественных и долговечных мелкоштучных материалов. Изучались такие свойства, как плотность, теплопроводность, морозостойкость и прочность на сжатие, так как именно к этим характеристикам предъявляются особые требования. Разработанные составы легких керамобетонов имели достаточно низкие показатели теплопроводности в пределах 0,49-0,98 Вт/(м·°C), марка керамобетона по морозостойкости находилась в пределах от F50 до F100, плотность изменялась от 1300-1700 кг/м³, значение предела прочности при сжатии достигало 41 МПа. Использование кирпичного боя в легких бетонах позволит снизить себестоимость продукции на 30-35%.

Ключевые слова: кирпичный бой, керамобетон, легкий бетон, плотность, теплопроводность, стеновой материал, суперпластификатор.

В последние годы особо остро ощущается экологическая напряженность в мировом пространстве, поэтому вопросы, связанные с рациональным использованием и эффективным сбережением природного сырья, являются весьма актуальными для обеспечения качественного уровня жизнедеятельности любого государства. Необходимо отметить, что ресурсосбережение природного потенциала подразумевает внедрение безотходных и малоотходных технологий, основанных на вторичном использовании сырьевого ресурса, что позволит поддерживать экологическую безопасность окружающей среды [1, 2, 5, 8].

Немаловажную роль в ресурсо- и энергосбережении играет строительная индустрия, так как известно, что именно в этой отрасли эффективно используется техногенное (вторичное) сырье, не требующее больших затрат на поиск месторождений и разработку карьера, переработку и транспортировку из других рай-

онов. К такому малозатратному техногенному сырью можно отнести отходы разборки зданий и сооружений и производственный брак в виде кирпичного боя, с целью получения вторичного заполнителя, как крупного, так и мелкого. Несомненно, возникает вопрос, каковы объемы этих отходов, так вот анализ статистических данных [3, 4, 6, 9, 10] показал, что ежегодно только в нашей стране скапливается более 22 млн. тонн техногенных строительных отходов, к тому же 60% из этого ресурса составляют керамический бой кирпича и бетона (рис. 1).

В данной работе приводятся результаты разработок по получению легких керамобетонов, с использованием вторичного заполнителя в виде кирпичного керамического боя (ККБ). Керамобетон используется в основном для изготовления стеновых материалов, поэтому он должен обладать невысокой плотностью и теплопроводностью, морозостойкостью и прочностью при сжатии до 30 МПа. В исследу-

Рис. 1. Разборка кирпичных зданий в результате аварийного сноса

емых композициях особое внимание уделяется пористому заполнителю, так как керамическая природа, гранулометрический состав и свойства влияют на показатели прочности цементного камня.

Проектирование состава легкого бетона производилось по специальной методике, так как керамический заполнитель характеризуется повышенной водопотребностью и оказывает своеобразное влияние на процессы формирования структуры и прочности керамобетона. В исследуемой композиции присутствуют

твердая, жидкая и газообразная фазы, а вода затворения перераспределяется между ними более специфично, в результате изменяются технологические и реологические характеристики формовочной бетонной смеси. В процессе приготовления формовочной смеси добавляемая для затворения вода начинает мгновенно впитываться керамическим кирпичным заполнителем, и мелким, и крупным, что в итоге способствует формированию первичного капиллярно-пористого структурного сростка. Но через определенное время поглощенная

Рис. 2. Соотношение между компонентами бетонной смеси (а) и зерновой состав мелкого заполнителя их кирпичного боя (б)

Таблица 1 – Рецептуры и свойства керамобетонов

№ состава	Расход материалов, кг на 1 м³						В/Ц	Плотность бетона, кг/м³	R ²⁸ _{сж} , МПа,	Теплопро- водность, Вт/(м·°C)	Мрз
	Ц	ККБ	П	В	С-3	ГП 9					
Обычный легкий керамобетон											
1	250	800	550	280	-	-	1,1	1675	11,5	0,49	50
2	340	740	525	295	-	-	0,93	1702	20,8	0,51	50
3	310	795	550	232	6,2	-	0,75	1734	24,8	0,53	50
4	310	795	540	238	-	4,7	0,78	1742	24,1	0,52	50
5	400	750	505	235	8,0	-	0,59	1758	35,8	0,53	75
6	400	750	115+ +400*	227	8,0	-	0,57	1834	41,0	0,98	100
Крупнопористый легкий керамобетон											
7	250	980	-	280	-	-	1,1	1310	7,2	0,35	25
8	400	915	-	283	-	-	0,80	1398	17,2	0,37	25
9	400	948	-	265	8,0	-	0,66	1413	18,8	0,37	35

Примечание: состав 6 – смесь двух видов песков (115 кг – песок из ККБ, а 400 кг – плотный кварцевый песок Червленского месторождения).

заполнителем влага, законсервированная в его порах и микродефектах, начинает постепенно отдавать воду в твердеющую, набирающую прочность цементную систему, в результате чего образуется довольно плотно-сложившаяся структура цементного камня [7, 11, 14, 16].

Приготовление формовочной бетонной смеси осуществлялось в соответствии со следующим соотношением между компонентами, приведенным на рисунке 2а, мелкий заполнитель из кирпичного керамического боя имел модуль крупности 2,5 и следующий фракционный состав, показанный на рисунке 2б, в некоторых составах также использовался природный кварцевый песок Червленского месторождения, который можно отнести к классу мелких с модулем крупности 1,8.

Для изучения влияния пластифицирующих добавок на технологические показатели керамобетонной смеси применялись суперпластификаторы ГП-9, с дозировкой 1,5% от массы вяжущего и С-3 в количестве 2% от массы вяжущего. Портландцемент без добавочный ЦЕМ I 42,5 Н от производителя ГУП «Чеченцемент» применялся в качестве основного вя-

жущего компонента, характеристики его соответствовали ГОСТ 31108-2003.

Рецептуры и свойства полученных образцов из легкого керамобетона приводятся в таблице 1 и на рисунке 3.

Анализируя полученные результаты исследований, можно отметить, что между плотностью легкого керамобетона и плотностью непосредственно цементного камня существует определенная зависимость, и необходимо учесть, что объем растворной части составляет всего 40-44% от объема всего композита [12, 13, 15]. Цементная составляющая преобладает в большом количестве в пространстве между порами, пустотами, полостями, размеры которых определяются долями миллиметров. Мы наблюдаем, что в составе 7 минимальный показатель по теплопроводности, да и присутствует экономия самого дорогого компонента – цемента, вес образцов также значительно снижается, таким образом, крупнопористый керамобетон можно использовать для изготовления неконструкционных стеновых изделий.

В крупнопористых бетонах ощущается дефицит вяжущей части, структура более пори-

Рис. 3. Кинетика набора прочности керамобетонных образцов

стая, цементный клей покрывает небольшим слоем поверхность заполнителя, а межзерновое пространство остается фактически незаполненным. В результате формируются условно-замкнутые пустоты и поры, способствующие снижению теплопроводности.

Исследование теплопроводности исследуемых легких бетонов с использованием керамического кирпичного заполнителя проводили на специально подготовленных образцах размером 250х250х30 мм с помощью прибора по определению теплопроводности ИТП-МГ4.

В рецептурах легких керамобетонов с использованием мелкого керамического искусственного песка можно отметить, что значения показателей теплопроводности изменяются в пределах 0,48-0,97 Вт/(м·°С), а если сравнивать полученный результат с традиционным тяжелым бетоном, теплопроводность которого 1,5-1,87 Вт/(м·°С), то можно подтвердить эффективность предлагаемых разработок. Испытание образцов на морозостойкость показало, что исследуемые составы характеризуются маркой по морозостойкости в пределах от F50 до F100.

Необходимо отметить, что самым высоким показателем по морозостойкости отличается состав 6 – марка F100, в данной рецептуре был использован природный кварцевый песок, вероятно, именно его присутствие и способствовало повышению морозостойкости. Но важно

заметить, что наличие плотного кварцевого песка (400 кг) отрицательно сказалось на теплопроводности и плотности данного состава.

Лучшие значения по теплопроводности наблюдаются у крупнопористых легких керамобетонов в пределах 0,35-0,38 Вт/(м·°С), плотность также снижается до 1310-1410 кг/м³, но наличие большого количества открытых пор и пустот негативно отразилось на прочности морозостойкости.

В предлагаемых составах легкого бетона основное внимание уделяется вторичному керамическому кирпичному заполнителю, поэтому необходимо заметить, что вопрос адгезии растворной части с пористым заполнителем является определяющим фактором. Особенно это важно, потому что, получая высокие значения прочностных характеристик в контактной зоне, будет наблюдаться более выгодное, разгруженное состояние матричной вяжущей системы, она будет работать как единое целое, повышая прочность композита. Получению показателей высокой адгезионной прочности способствуют использование в рецептурах бетонов крупных заполнителей из твердых и прочных горных пород. Совместная работа таких заполнителей с цементной матрицей будет взаимно компенсировать истощенные прочностные возможности каждой их фаз – растворной части или заполнителя, что обеспечит существенное упрочнение композита за счет

Рис. 4. Образец керамобетона после испытания на прочность при сжатии:

а) присутствие эффекта «обоймы»; б) контактная зона сцепления заполнителя и растворной части

разгрузки матричной системы и высоких характеристик заполнителя. При таком варианте проектирования бетона будет наблюдаться эффект «армирования» композита изнутри заполнителем.

Изучая механизм разрушения образцов проектируемого легкого бетона (рис. 4), можно заметить, что в результате испытания на сжатие разрушение кубика прошло по заполнителю, а не по зоне контакта цементного камня с керамическим заполнителем, это свидетельствует о том, что адгезионная прочность заполнителя с цементным камнем и растворная часть значительно выше, чем прочность самого заполнителя из кирпичного боя.

По результатам обобщения результатов экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

– исследованы свойства отходов разборки зданий и сооружений в виде ККБ;

– получены техногенные вторичные заполнители для проектирования составов легких и крупнопористых керамобетонов;

– разработаны рецептуры легких керамобетонов с использованием ККБ в качестве и мелкого, и крупного заполнителей;

– изучены процессы структурообразования, кинетика набора прочности и свойства легких керамобетонов.

Установлено, что использование вторичного техногенного сырья является актуальной задачей как для нашего региона, так и для всего мира, поскольку экологический вопрос и возможные пути ресурсо- и энергосбережения природного потенциала до сих пор остаются открытыми.

ЛИТЕРАТУРА

1. Self-consolidating concretes with materials of the Chechen Republic and neighboring regions / M. Salamanova, M. Khubaev, M. Saidumov, T. Murtazaeva // International journal of environmental & science education. 2017. Vol. 11. № 18. Pp. 12719-12724.
2. Муртазаев С.-А. Ю., Саламанова М. Ш. Высокопрочные бетоны с использованием фракционированных заполнителей из отходов переработки горных пород // Журнал «Устойчивое развитие горных территорий». 2015. № 1 (23). С. 23-28.
3. Удодов С. А., Черных В. Ф., Черный Д. В. Применение пористого заполнителя в отделочных составах для ячеистого бетона // Сухие строительные смеси. 2008. № 3. С. 70.
4. Nesvetaev G., Koryanova Y., Zhilnikova T. “On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete”. В сборнике: MATEC Web of Conferences 27. Сер. “27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018” 2018. С. 04018.

5. *Lesovik V.S., Alfimova N.I., Trunov P.V.* Reduction of energy consumption in manufacturing the fine ground cement // *Research Journal of Applied Sciences*, Volume 9. Issue 11. 2014. Pp. 745-748.
6. Designing of mortar compositions on the basis of dry mixes / *V.S. Lesovik, L.K. Zagorodnyuk, A.E. Mestnikov, A.I. Kudinova, D.A. Sumskoi* // *International Journal of Applied Engineering Research*, 2015. Volume 10, Issue 5, Pp. 12383-12390.
7. The Study of Shrinking Deformations of Repair Compositions on Barkhan Sands / *D. K-S. Bataev, A.A. Uzaeva, S.A. Uzaeva, M.A. Uzaev, T.A. Tuzurkaeva* // *International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018) Advances in Engineering Research*, volume 177, 2018. Pp. 254-257.
8. Recipe-technological aspects of improving the properties of non-autoclaved aerated concrete / *A. Shuisky, S. Stelmakh, E. Shcherban, E. Torlina* // *MATEC Web of Conferences Ser. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017"* 2017. С. 05011.
9. Строительные материалы на основе жидкого стекла. Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности / *А.А. Солдатов, И.В. Сариев, М.А. Жаров, М.А. Абдураимова* // *Материалы IV-й ежегодной научно-практической конференции Северо-Кавказского федерального университета*. Н.И. Стоянов (ответ. ред.). 2016. 398 с.
10. *Муртазаев С-А. Ю. Саламанова М. Ш.* Высокопрочные бетоны с использованием фракционированных заполнителей из отходов переработки горных пород // *Журнал «Устойчивое развитие горных территорий»*. 2015. № 1 (23). С. 23-28.
11. *Удодов С. А.* Повторное введение пластификатора как инструмент управления подвижностью бетонной смеси // *Научные труды Кубанского государственного технологического университета*. 2015. №9. С. 175-185.
12. *Стельмах С. А., Щербань Е. М., Сердюков К. В.* Влияние некоторых характеристик применяемого крупного заполнителя на свойства тяжелого бетона, предназначенного для изготовления центрифугированных изделий и конструкций // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. № 10. С. 15-20. 2017.
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., Галыч А. В., Сариев И. В.* Опыт использования силиката натрия в качестве вяжущего вещества в производстве строительных материалов // *Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности: IV-я ежегодная научно-практическая конференция Северо-Кавказского федерального университета*, 2016. 254 с.
15. К вопросу использования промышленных отходов в производстве вяжущих веществ / *М. С. Агеева, С. М. Шаповалов, А. Н. Боцман, А. В. Ищенко* // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2016. № 9. С. 58-62.
16. Recycled Technogenic Raw Materials as an Effective Filler for Modern Construction Composites / *S-A. U. Murtazayev, M. Sh. Mintsayev, A. Kh. Alaskhanov, M. S. Saidumov, M. Z. Duskayev* // *International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" (ISEES 2018). Advances in Engineering Research*. 22.12.2018. Vol. 177. P. 271-274. doi:10.2991/isees-18.2018.52.

USE OF SECONDARY RAW RESOURCE IN THE PRODUCTION OF WALL MATERIALS

© V. Kh. Khadisov, A. Z. Abukhanov, M. R. Khadzhiev

GSTOU named after acad. M. D. Millionshikov

This work is devoted to solving the problems associated with the use of man-made frequency resources in the form of ceramic bricks and manufacturing defects with the production of secondary small and large aggregates for the further manufacture of small piece products based on ceramic-concrete. The introduction of the proposed waste-free resource-saving technology for wall materials allows you to maintain the environmental safety of the environment. The specifics of the preparation of molding ceramic-concrete mixtures, the features of the formation of the structure of the studied compositions are noted. Formulations of lightweight concrete based on ceramic brick aggregate and the results of the study of the properties necessary for obtaining high-quality and durable small-piece materials are given. Properties such as density, thermal conductivity, frost resistance and compressive strength have been studied, since it is these characteristics that have special requirements. The developed lightweight porcelain compositions had relatively low thermal conductivity in the range of 0.49-0.98 W / (m ° C), the grade of frost resistance by frost resistance ranged from F50 to F100, the density changed from 1300-1700 kg / m³, the value Compressive strength reached 41 MPa. The use of brick battle in lightweight concretes will reduce the cost of production by 30-35%.

Keywords: brick battle, ceramabeton, lightweight concrete, analogue, thermal conductivity, wall material, superplasticizer

REFERENCES

1. Salamanova, Madina, Khubaev, Magomed, Saidumov, Magomed and Tamara Murtazayeva. (2017). "Self-Consolidating Concretes with Materials of the Chechen Republic and Neighboring Regions", *International journal of environmental & science education*. Vol. 11. №18. pp. 12719-12724.
2. Murtazaev, S-A. Yu. and Salamanova, M. Sh. (2015). 'Vysokoprochnye betony s ispol'zovaniem fraktsionirovannykh zapolnitelei iz otkhodov pererabotki gornykh porod' // Zhurnal «Ustoichivoe razvitie gornykh territorii». [High-strength concretes using fractionated aggregates from waste from rock processing // *Journal "Sustainable development of mountain territories"*]. №1 (23). Pp. 23-28.
3. Udodov, S. A., Chernykh, V. F. and Chernyi, D. V. (2008). 'Primenenie poristogo zapolnitelya v otdelochnykh sostavakh dlya yacheistogo betona'. Sukhie stroitel'nye smesi. [The use of porous aggregate in cellular concrete finishes. / *Dry mixes*]. №3. p. 70.
4. .Nesvetaev, G, Koryanova, Y. and Zhilnikova, T. (2018). 'On effect of superplasticizers and mineral additives on shrinkage of hardened cement paste and concrete'. Proceedings MATEC Web of Conferences 27. "27th R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP), TFoCE 2018". P. 04018.
5. Lesovik, V. S., Alfimova, N. I. and Trunov, P. V. (2014). 'Reduction of energy consumption in manufacturing the fine ground cement', *Research Journal of Applied Sciences*. Volume 9. Issue 11. Pp. 745-748.
6. Lesovik, V. S., Zagorodnyuk, L. K., Mestnikov, A. E., Kudinova, A. I. and Sumskoi, D. A. (2015). 'Designing of mortar compositions on the basis of dry mixes', *International Journal of Applied Engineering Research*. Volume 10. Issue 5. Pp. 12383-12390.
7. Bataev, D. K-S., Uzaeva, A. A., Uzaeva, S. A., Uzaev, M. A., Tuzurkaeva. T. A. (2018). 'The Study of Shrinking Deformations of Repair Compositions on Barkhan Sands', International Symposium on Engineering and Earth Sciences (ISEES 2018) *Advances in Engineering Research*, volume 177, pp. 254-257.

8. Shuisky, A., Stelmakh, S., Shcherban, E. and Torlina, E. (2017) 'Recipe-technological aspects of improving the properties of non-autoclaved aerated concrete'. MATEC Web of Conferences Cep. "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017". 05011p.
9. Soldatov, A.A. Sariev, I. V., Zharov, M. A. and Abduraimova, M. A. (2016) 'Stroitel'nye materialy na osnove zhidkogo stekla'. Aktual'nye problemy stroitel'stva, transporta, mashinostroeniya i tekhnosfernoi bezopasnosti. Materialy IV-i ezhegodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta. N.I. Stoyanov (otvetstvennyi redaktor). [Building materials based on liquid glass." Actual problems of construction, transport, engineering and technosphere safety] / *Materials of the IVth annual scientific and practical conference of the North Caucasus Federal University*. Stoyanov N.I. (responsible editor)]. 398 p.
10. Murtazaev S-A. Yu. and Salamanova M. Sh. (2015) 'Vysokoprochnye betony s ispol'zovaniem fraktsionirovannykh zapolnitelei iz otkhodov pererabotki gornykh porod' // Zhurnal «Ustoichivoe razvitiye gornykh territorii». [High-strength concretes using fractionated aggregates from waste from rock processing] // *Journal "Sustainable Development of Mountain Territories"*. №1 (23). pp. 23-28.11.
11. Udodov, S. A. (2015) 'Povtornoe vvedenie plastifikatora kak instrument upravleniya podvizhnost'yu betonnoi smesi', Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. [Re-introduction of plasticizer as a tool for controlling the mobility of concrete mix / Scientific works of the Kuban State Technological University]. №9. pp. 175-185.
12. Stel'makh, S. A., Shcherban, E. M. and Serdyukov, K. V. (2017) 'Vliyanie nekotorykh kharakteristik primenyaemogo krupnogo zapolnitelya na svoystva tyazhelogo betona, prednaznachennogo dlya izgotovleniya tsentrifugirovannykh izdelii i konstrukttsii', Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova. [The influence of some characteristics of the coarse aggregate used on the properties of heavy concrete intended for the manufacture of centrifuged products and structures / *Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov*]. №10, pp. 15-20.
13. Koryanova Yu.I., Rezzantsev, N. E. and Shumilova, A. S. (2018) 'Materialy i konstrukttsii, ispol'zuemye pri stroitel'stve vysotnykh zdaniy – ot traditsii k novshestvam', Alleya nauki. [Materials and structures used in the construction of high-rise buildings – from tradition to innovation, *Science Alley*]. V. 6. №4 (20), pp.95-99.
14. Soldatov, A. A., Galych, A. V., Sariev, I. V. (2016) 'Opyt ispol'zovanie silikata natriya v kachestve vyazhushchego veshchestva v proizvodstve stroitel'nykh materialov', Aktual'nye problemy stroitel'stva, transporta, mashinostroeniya i tekhnosfernoi bezopasnosti, S. 186-188, 2016 [IV-ya ezhegodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta, [Experience in the use of sodium silicate as a binder in the production of building materials, *Actual problems of construction, transport, mechanical engineering and technosphere safety*, pp. 186-188. IV-th annual scientific-practical conference of the North Caucasus Federal University]. 254. p.
15. Ageeva M. S., Shapovalov S. M., Botsman A. N. and Ishchenko A. V. (2016) K voprosu ispol'zovaniya promyshlennykh otkhodov v proizvodstve vyazhushchikh veshchestv // Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova. [On the use of industrial waste in the production of binders // *Bulletin of the Belgorod State Technological University. V. G. Shukhov*]. №9. Pp. 58-62.
16. Murtazaev S-A. U., Mintsaeu M. Sh., Alaskhanov A. Kh., Saidumov M. S. and Duskayev M. Z. (2018) Recycled Technogenic Raw Materials as an Effective Filler for Modern Construction Composites // *International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research"* (ISEES 2018) *Advances in Engineering Research*. Vol. 177. pp. 271-274. doi:10.2991/isees-18.2018.52.