

УДК 691

## КЕРАМИЧЕСКИЙ КИРПИЧ КОМПРЕССИОННОГО ФОРМОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ПРОДУКТОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ

Х.С. Явруян, Е.С. Гайшун, А.В. Котляр, Т.А. Власова

## CERAMIC BRICK COMPRESSIVE FORMING ON THE BASIS OF FINE COAL PRODUCTS

H.S. Yavruyan, S.E. Gaishun, A.V. Kotlyar, T.A. Vlasova

**Аннотация.** В работе показана актуальность использования техногенного сырья в технологии производства керамических стеновых материалов. Представлены результаты проведенных лабораторных исследований, а также особенности прессования тонкодисперсных продуктов углеобогащения. Рассмотрены их зависимости плотности, коэффициента сжатия от давления прессования и формовочной влажности. Отмечена хорошая прессуемость тонкодисперсных продуктов углеобогащения. Установлены интервалы оптимального давления прессования и формовочной влажности. Обоснована высокая эффективность их применения в производстве керамических изделий.

**Ключевые слова:** *керамический кирпич; тонкодисперсные продукты углеобогащения; компрессионное формование; плотность.*

**Abstract.** The paper shows the relevance of the use of technogenic raw materials in the technology of production of ceramic wall materials. Presents the results of the laboratory tests, as well as especially pressing fine coal products. Considered according to their density, the compression ratio from the pressure of pressing and the molding moisture. The good compressibility of fine coal products. Set intervals of the optimal compacting pressure and the molding moisture. Based on high efficiency of their application in the production of ceramic products.

**Key words:** *ceramic brick; fine productswaste coal; compression molding; dense.*

Добыча и переработка природного минерального сырья связана с образованием больших количеств различных промышленных техногенных продуктов, накопление которых приводит к ухудшению экологической обстановки в регионах. Одним из аспектов решения этой актуальной проблемы является применение техногенного сырья в керамических материалах.

Как и ранее, угольная отрасль является одной из базовых отраслей промышленности России. Значительный рост объемов обогащения угля сопровождается образованием большого количества попутных продуктов – около 10 млн. т в год. Попутные продукты углеобогащения и угледобычи – это шахтные породы, «хвосты» обогатительных фабрик. Они, как правило, включают в себя угольную составляющую и глинистый компонент [1].

К 2030 году, в соответствии с энергетической программой развития страны, ожидается увеличение объемов добычи угля более 400 млн. т в год. Доля углей, подлежащих обогащению должна возрасти до 40 % от общего объема добываемых углей. В результате работы углеобогачительных предприятий прогнозируется около 240 млн. т отходов обогащения. За длительный период работы углеобогачительные комбинаты уже накопили более 20 млрд. т отходов обогащения угля [2-6]. При этом большая часть твердых отходов углеобогащения размещается в отвалах. Указанные техногенные продукты оказывают масштабное и длительное негативное воздействие на окружающую природную среду.

Об использовании отходов угольной промышленности в производстве керамических изделий известно уже давно [6-8]. В настоящее время, с точки зрения экономической

целесообразности, наиболее приемлемым представляется вторичное извлечение угля из существующих отвалов.

Не менее важным является вопрос классификации побочных продуктов, образующихся после обогащения угля и вывозимых в отвалы. Они могут классифицироваться по различным признакам: по химическому и минералогическому составу, форме и размерам слагающих компонентов, содержанию угольной составляющей, физико-механическим свойствам, способу получения, технологическим особенностям и т.д. При этом каждая отрасль промышленности, из которых стройиндустрия является основной и самой объёмной, предъявляет свои требования. При переработке терриконов в процессе извлечения угля образуются несколько видов материалов: крупнофракционные материалы с размером зёрен от 2 до 150 мм; мелкофракционные материалы с размером зёрен меньше 1-2 мм; тонкодисперсные материалы, с размером фракций 0-0,5 мм и среднелдисперсные с размером фракций 0,5-2,0 мм. Практически на каждом предприятии этим материалам даются разные названия. Обычно фракцию 0-0,5 мм часто угольным шламом, отходами углеобогащения, побочными продуктами углеобогащения. Фракцию 0,5-2,0 мм называют кек, шиша, штыб и т.д. Эти названия никак не отражают каким по сути является материал.

Для строительной керамики наибольший интерес в представляет фракция 0-0,5 мм. Ее можно рассматривать в качестве основного сырья для производства стеновой керамики, которая является уже готовой шихтой. Фракция 0,5-2,0 мм может использоваться как компонент шихты выполняющий роль отощителя. Для исключения недопонимания фракции 0-0,5 мм мы предложили название – Тонкодисперсные продукты углеобогащения (ТПУ).

Ранее проведённые исследования, а также результаты, полученные нами, позволяют говорить, что при использовании ТПУ в качестве основного сырья, более предпочтительным является способ компрессионного формования изделий [5-12].

Пресспорошки на основе ТПУ прессуются в достаточно узком интервале влажности. Плотность прессовок в сравнении с плотностью пресс-порошка увеличивается более чем в 2 раза. Результаты экспериментов представлены на рисунках 1-3.

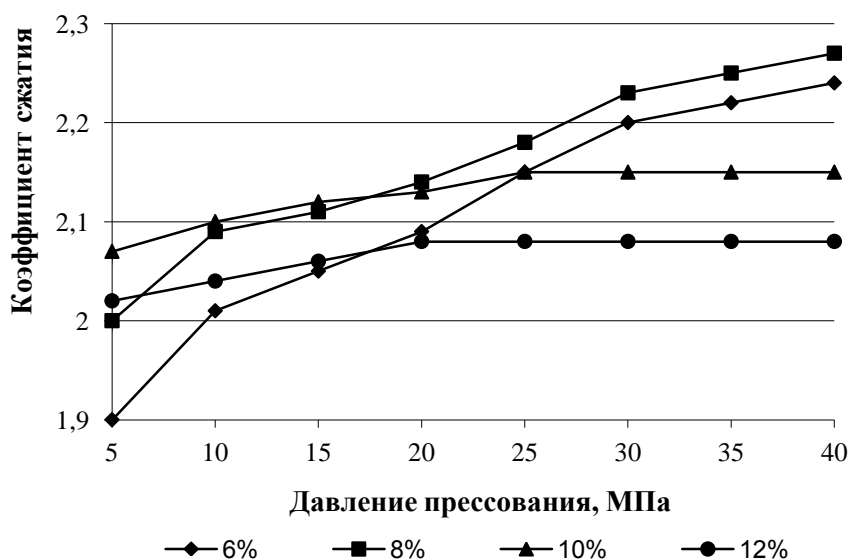


Рисунок 1 – Влияние влажности и давления прессования на коэффициент сжатия пресс-порошка на основе ТПУ (влажн. абсол.)

Максимальная плотность влажных сырцовых образцов, в пересчёте на твёрдую фазу, а также высушенных образцов достигается при определённой влажности – в интервале 8-10 %. При давлении прессования 30 МПа плотность сухих образцов с влажностью 8 и 10 % становится почти одинаковой. Повышенная влажность снижает нагрузки на пресс,

существенно снижается разнородность изделий, однако требуется их подсушка перед обжигом.

При производстве керамических стеновых изделий на основе ТПУ способом компрессионного формования, оптимальными параметрами следует считать влажность пресспорошка 8-10 % и давление прессования 15-20 МПа. При этом, при максимальной плотности необожжённых изделий выгорание угольной составляющей при обжиге замедляется.

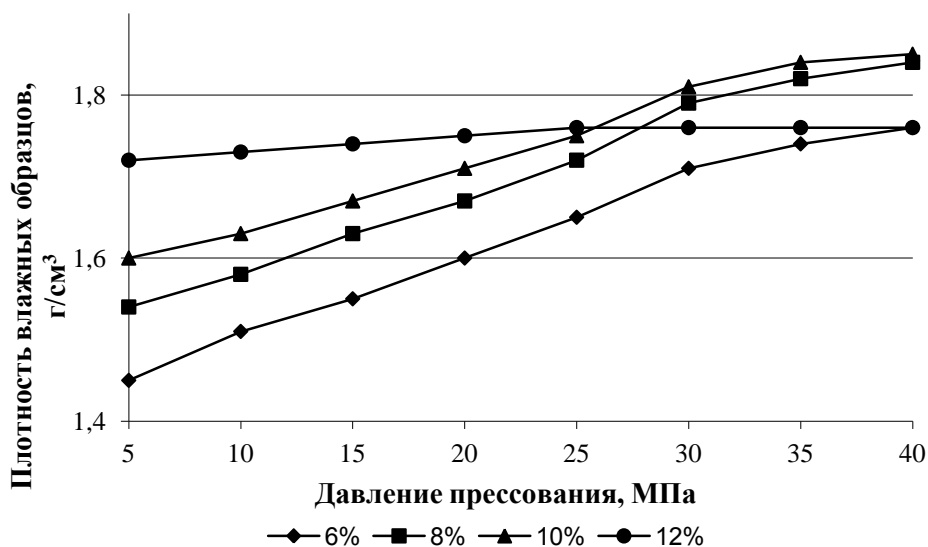


Рисунок 2 – Влияние влажности и давления прессования на плотность отпрессованных влажных образцов на основе ТПУ

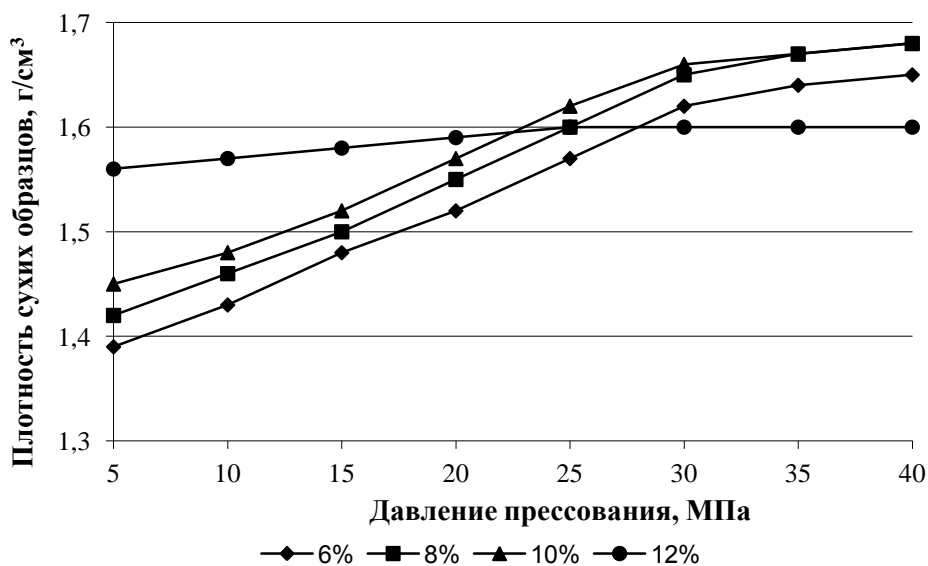


Рисунок 3 – Влияние влажности и давления прессования на плотность отпрессованных сухих образцов на основе ТПУ

Следует отметить, хорошую прессуемость ТПУ. Угольная составляющая, за счёт низкой твёрдости, служит своего рода смазкой. Изделия обладают ровной гладкой поверхностью (рис. 4).



Рисунок 4 – Отпрессованные образцы на основе ТПУ

Пресспорошки на основе ТПУ обладают высоким, в сравнении с традиционным глинистым сырьём, коэффициентом сжатия. В интервалах удельных давлений прессования от 10 до 40 МПа коэффициент сжатия составляет от 2,0 до 2,25 единиц. Это объясняется тонкозернистым составом ТПУ. С увеличением давления прессования, коэффициент сжатия возрастает, что закономерно. При малой влажности пресспорошка (6 %) этот процесс идёт пропорционально, не достигая максимальных значений. При более высокой влажности пресспорошка (10-12 %) уже при давлении 15-25 МПа не наблюдается увеличения коэффициента сжатия. Это говорит о том, что система переходит из трёхфазного состояния в двухфазное – жидкая и твёрдая фазы. Вода – несжимаемое вещество и процесс уплотнения прекращается. При влажности около 8 % коэффициент сжатия достигает своих максимальных значений после давления 20 МПа и не наблюдается его стабилизации.

Важной характеристикой необожжённых изделий является их плотность. По плотности прессовок можно судить о процессе прессования и прогнозировать свойства обожжённых изделий – водопоглощение, прочность, огневую усадку, пористость и т.д. Именно от плотности и связанной с ней пористостью во многом будет зависеть скорость и полнота выгорания угольной составляющей при обжиге.

Обожжённые изделия на основе ТПУ обладают низкой плотностью. В зависимости от температуры обжига и параметров прессования она составляет 1200-1400 кг/м<sup>3</sup>. Предел прочности при сжатии в зависимости от вышеуказанных параметров изменяется от 6 до 17 МПа, что позволяет производить пустотелые изделия. Цвет изделий светло-красно-коричневый при 900 °С обжига и насыщенный красный при 1000 °С (рис. 5).



Рисунок 5 – Обожжённые образцы на основе ТПУ

Проведенные лабораторно-технологические исследования позволили выявить особенности прессования тонкодисперсных продуктов углеобогащения при производстве



высокоэффективных стеновых керамических изделий с пониженной себестоимостью способом компрессионного формования изделий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Панова В.Ф., Панов С.А. Отходы углеобогащения как сырье для получения строительных материалов // Вестник СибГИУ, 2015. №2 (12), С.71-75.[Электронный ресурс]. URL: <http://library.sibsiu.ru/wp-content/uploads/2015/02/2015-№2-Panova.pdf>.
2. Котляр В.Д., Козлов А.В., Котляр А.В., Терёхина Ю.В. Особенности камневидных глинистых пород Восточного Донбасса как сырья для производства стеновой керамики // Вестник МГСУ, 2014, № 10. С. 95-105.
3. Столбоушкин А.Ю. Стеновые керамические материалы матричной структуры на основе обогащения отходов углистых аргиллитов // Известия вузов. Строительство, 2013, № 2-3. С. 28-36.
4. Ефимов В.И., Никулин И.Б., Рыбак В.Л. Использование отходов углеобогащения и оптимизация ресурсов по экологическому фактору // Известия ТулГУ. Науки о Земле, 2014. № 1. С. 85-95.
5. Котляр В.Д., Явруян Х.С. Стеновые керамические изделия на основе тонкодисперсных продуктов переработки терриконигов // Строительные материалы, 2017, № 4. С. 38-41.
6. Явруян Х.С., Гайшун Е.С. Анализ состояния отходов угледобывающей промышленности и использования их в производстве керамических изделий // Научное обозрение, 2016. №24. С. 40-46.
7. Бурмистров В.Н., Варшавская Д.А., Новинская В.Т. и др. Использование отходов угольной промышленности в качестве сырья для производства керамических стеновых изделий. М.: ВНИИЭСМ. 1976. 44 с.
8. Золотарский А.З., Шейман Е.Ш. Производство керамического кирпича. М.: ВШ, 1989. 264 с.
9. Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. Отходы углеобогащения как сырьевая и энергетическая база заводов керамических стеновых материалов // Строительные материалы, 2011. № 4. С. 43-46.
10. Серегин А.И. Переработка угольных шламов в товарные продукты нетрадиционным физико-химическим воздействием. Диссертация. Москва, 2009. 183 с.
11. Котляр В.Д., Устинов А.В., Терёхина Ю.В., Котляр А.В. Особенности процесса обжига угольных шламов при производстве стеновой керамики // Техника и технология силикатов, 2014. № 4. С. 8-15.
12. Котляр В.Д., Явруян Х.С. Тонкодисперсные продукты переработки терриконигов как сырье для керамических стеновых изделий// «MATEC WebofConferences» (ISSN: 2261-236X, Франция) 2017, №129, 05013.

## REFERENCES

1. Panova V.F., Panov S.A. *Othody ugleobogashhenija kak syr'e dlja poluchenija stroitel'nyh materialov* [Waste of coal enrichment as raw material for the production of building



materials]. *Vestnik SibGIU* 2015, №2 (12), p.71-75. Available at: <http://library.sibsiu.ru/uploads/2015/02/2015-№2-Panova.pdf>.

2. Kotljar V.D., Kozlov A.V., Kotljar A.V., Terjohina Ju.V. *Osobennosti kamnevidnyh glinistyh porod Vostochnogo Donbassa kak syr'ja dlja proizvodstva stenovoj keramiki* [Features of the stone-like clay rocks of the Eastern Donbass as raw material for the production of wall ceramics] *Vestnik MGSU*, 2014, No 10, pp. 95-105.

3. Stolboushkin A.Ju. *Stenovye keramicheskie materialy matrichnoj struktury na osnove obogashhenija othodov uglistyh argillitov* [Wall ceramic materials of matrix structure on the basis of enrichment of waste carbonaceous argillites]. *Izvestija vuzov. Stroitel'stvo*, 2013, No 2-3, pp. 28-36.

4. Efimov V.I., Nikulin I.B., Rybak V.L. *Ispol'zovanie othodov ugleobogashhenija i optimizacija resursov po jekologicheskomu faktoru* [Use of waste coal and optimization of resources by environmental factor]. *Izvestija TulGU. Nauki o Zemle*, 2014. No 1, pp. 85-95.

5. Kotljar V.D., Javrujan H.S. *Stenovye keramicheskie izdelija na osnove tonkodispersnyh produktov pererabotki terrikonikov* [Wall ceramic products on the basis of finely divided products of waste material processing]. *Stroitel'nye materialy*. 2017, No 4, pp. 38-41.

6. Javrujan H.S., Gajshun E.S. *Analiz sostojanija othodov ugledobyvajushhej promyshlennosti i ispol'zovanija ih v proizvodstve keramicheskikh izdelij* [Analysis of the state of waste in the coal industry and their use in the production of ceramic products]. *Nauchnoe obozrenie*. 2016. No 24, pp. 40-46.

7. Burmistrov V.N., Varshavskaja D.A., Novinskaja V.T. i dr. *Ispol'zovanie othodov ugol'noj promyshlennosti v kachestve syr'ja dlja proizvodstva keramicheskikh stenovykh izdelij* [The use of coal industry waste as raw material for the production of ceramic wall products] Moscow: VNIIJeSM, 1976, 44 p.

8. Zolotarskij A.Z., Shejman E.Sh. *Proizvodstvo keramicheskogo kirpicha* [Production of ceramic bricks] Moscow: VSh. 1989. 264 p.

9. Stolboushkin A.Ju., Storozhenko G.I. *Othody ugleobogashhenija kak syr'evaja i jenergeticheskaja baza zavodov keramicheskikh stenovykh materialov* [Waste of coal enrichment as a raw material and energy base of ceramic wall materials plants] *Stroitel'nye materialy*, 2011. No 4, pp. 43-46.

10. Seregin A.I. *Pererabotka ugol'nyh shlamov v tovarnye produkty netradicionnym fiziko-himicheskim vozdeystviem* [Processing of coal slurries into commodity products by unconventional physical and chemical effects] *Dissertacija*. Moscow, 2009. 183 p.

11. Kotljar V.D., Ustinov A.V., Terjohina Ju.V., Kotljar A.V. *Osobennosti processa obzhiga ugol'nyh shlamov pri proizvodstve stenovoj keramiki* [Features of roasting of coal slurries in the production of wall ceramics] *Tehnika it ehnologija silikatov*, 2014. No 4. pp. 8-15.

12. Kotljar V.D., Javrujan H.S. *Tonkodispersnye produkty pererabotki terrikonikov kak syr'e dlja keramicheskikh stenovykh izdelij* [Fine-dispersed products of processing waste heaps as a raw material for ceramic wall products] «MATEC Web of Conferences» (ISSN: 2261-236X, Francija) 2017, No 129, 05013.



## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Явруян Хунгианос Степанович*

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики»,

E-mail: [khungianos@mail.ru](mailto:khungianos@mail.ru).

*Yavruyan Khungianos Stepanovich*

Don state technical University, Rostov-on-don, Russia, candidate of technical Sciences, associate Professor of Department of «Technology of binders, concretes and construction ceramics»,

E-mail: [khungianos@mail.ru](mailto:khungianos@mail.ru).

*Гайшун Евгений Сергеевич*

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия, аспирант, кафедры «Технологии вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики»,

E-mail: [SUBARU156@yandex.ru](mailto:SUBARU156@yandex.ru)

*Gaishun, Eugene Sergeevich*

Don state technical University, Rostov-on-don, Russia, postgraduate student, Department of «Technology of binders, concretes and building ceramics»,

E-mail: [SUBARU156@yandex.ru](mailto:SUBARU156@yandex.ru)

*Котляр Антон Владимирович*

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия, инженер кафедры «Строительных материалов»,

E-mail: [toss871@yandex.ru](mailto:toss871@yandex.ru)

*Kotlyar Anton Vladimirovich*

Don state technical University, Rostov-on-don, Russia, engineer of the Department of «Building materials»,

E-mail: [toss871@yandex.ru](mailto:toss871@yandex.ru)

*Власова Татьяна Алексеевна*

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия, студент кафедры «Технологии вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики»,

E-mail: [tanni\\_13.01@list.ru](mailto:tanni_13.01@list.ru)

*Vlasova Tatiana Alekseevna*

Don state technical University, Rostov-on-don, Russia, student of Department of «Technology of binders, concretes and construction ceramics»,

E-mail: [tanni\\_13.01@list.ru](mailto:tanni_13.01@list.ru)

Корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи:  
344022, Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162, АСА ДГТУ, каб. 8317 или (1125). Явруян  
Х.С.

8(938)150-28-77