

Анализ использования отходов промышленности в производстве строительных материалов

З.Р.Тускаева, О.А. Дзуцев

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ)»

Аннотация: Из отраслей, потребляющих отходы промышленной деятельности, промышленность строительных материалов, пожалуй, самая крупная. В ходе исследований было определено, что использование промышленных отходов позволяет покрыть до 40% потребности строительства в сырьевых ресурсах. Применение отходов промышленности обеспечивает снижение затрат на изготовление строительных материалов по сравнению с производством из их природного сырья до 30%. Достижимая экономия капитальных вложений составляет приблизительно 35-50%.

Ключевые слова: отходы промышленности, эффективные добавки, снижение затрат, улучшение характеристик, решение экологической проблемы.

Значительная материалоемкость строительного производства диктует специфику требований к источникам сырья с точки зрения их количества и пригодности для использования в производстве строительных материалов, включая приготовление бетонных смесей [1,2].

Одним из способов удовлетворения потребностей и требований строительной отрасли в отношении разнообразия и качества заполнителей для бетонной смеси является переработка и использование в качестве заполнителя отходов металлургической, энергетической и химической промышленности, побочных продуктов добычи и переработки полезных ископаемых, отходов переработки природных ресурсов [3,4].

Минеральные добавки (МД) становятся необходимым компонентом в составе бетонных смесей. Они, как показала практика, улучшают её основные характеристики. Вводятся в больших количествах в бетонную смесь (50-150 кг/м³ и более). В сравнении с другими типами активных добавок оказывают ощутимое влияние на структуру и свойства бетона [5,6].

При проведении исследований порядок проектирования состава бетона

осуществлялся согласно ГОСТ 27006-86. При выборе проектного класса бетона было принято решение изготовить лабораторные образцы с проектным классом В25 М350 со средней проектной прочностью 327 кгс/см².

Нами были произведены опытные замесы бетонной смеси контрольных образцов: базовые (без добавок), с добавками SikaPlast, ЦМИД-4, с добавлением микрокремнезёма, а также шлаком.

Для проведения лабораторных исследований в качестве основных составляющих бетона использовались:

– портландцемент М500 (Волгоградская область АО «Серебряковцемент»);

– в роли крупного заполнителя был принят гранитный щебень фракций 5-20 мм (ООО «Неруд-автоэкспресс»);

– в роли мелкого заполнителя был принят песок с модулем крупности $M_k=2,3$ (ООО «Неруд-автоэкспресс»).

Для выявления эффективности добавок (ЦМИД-4, SikaPlast, микрокремнезем, шлак) для основных физико-механических характеристик бетонной смеси и тяжелых бетонов были приняты составы бетонов.

Подбор предварительного состава бетона класса В25 (М 350) приведен в таблице 1.

Состав бетонных смесей на 1 м³:

Таблица 1

Подбор состава бетона

Вид бетона	Цемент (кг)	Щебень (кг)	Песок (кг)	Вода (л)	Добавка (кг)
1	2	3	4	5	6
Без добавок	380	1100	780	210	-
С добавкой ЦМИД-4	300 (уменьшение на 20%)	1100	780	153	11,4 (3% от массы цемента б.д.)
Добавка SikaPlast	380	1100	780	194	4,56

1	2	3	4	5	6
С микрокремнеземом	380	1100	780	194	76 (20% от массы цемента)
С микрокремнеземом	300 (убавление на 20%)	1100	780	194	76 (20% от массы цемента б.д.)
Со шлаком	380	1100	780	194	57 (15% от массы цемента б.д.)

Для оценки влияния добавок на подвижность бетонной смеси были определены осадки конусов.

Результаты определения подвижности приведены в таблице 2.

Подвижность всех бетонных смесей была определена с помощью осадки конуса. В конус высотой 300мм, нижним диаметром 200 и верхним - 100 мм была уложена бетонная смесь тремя слоями с последующим штыкованием каждого слоя штыковкой диаметром 16 мм. После выравнивания верха бетона конус был снят и была определена осадка осевшего бетона [7,8].

Таблица 2

Подвижность бетонной смеси

Состав бетонной смеси	Осадка конуса, (см)	Водоцементное отношение (В/Ц)
1	2	3
Без добавок	13	0,55
С добавкой ЦМИД-4 (-цемент 20%)	15	0,42
С добавкой SikaPlast	16	0,42
С микрокремнеземом	11,5	0,51

1	2	3
С микрокремнеземом (-цемент 20%)	14,2	0,51
Со шлаком	12,3	0,51

После определения подвижности были изготовлены образцы кубы, размерами 100×100×100 мм для определения прочности.

Лабораторное испытание было проведено по правилам ГОСТ 10180-2012 «Методы определения прочности по контрольным образцам». Прочностные характеристики опытных образцов были определена на 7 и 28 сутки твердения бетона в нормальных условиях [9-11].

Результаты испытаний на сжатие образцов кубов (100 ×100×100 мм) контрольного бетона базового и с добавками на 7 сутки приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты прочности образцов на 7 сутки

Вид бетона	Разрушающая нагрузка, тс	Прочность, кгс/см ²	Средняя прочность, кгс/см ²	Класс бетона на сжатие Марка
1	2	3	4	5
Базовые	15,25	144,79	141,70	B10
	14,58	138,604		M150
С добавкой ЦМИД-4 (-цемент 20%)	17,417	165,47	168,42	B12,5
	18,05	171,39		M150
С добавкой SikaPlast	15,2	144,4	154,95	B12,5
	17,42	165,49		M150
С микрокремнеземом	23,36	221,92	225,53	B15
	24,12	229,14		M200

1	2	3	4	5
С микрокремнеземом (-цемент)	20,42	193,99	198,41	В15 М200
	21,35	202,825		
Со шлаком	19,45	184,775	187,625	В15 М200
	20,05	190,475		

Результаты испытаний прочности бетонных образцов на сжатие на 28 суток приведены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты прочности образцов на 28 суток

Вид бетона	Разрушающая нагрузка, тс	Прочность, кгс/см ²	Средняя прочность, кгс/см ²	Класс бетона на сжатие Марка
1	2	3	4	5
Базовые	31,13	295,735	280,725	В22,5 М300
	28,69	272,555		
	28,83	273,885		
С добавкой ЦМИД-4 (-цемент 20%)	31,03	294,785	307,66	В22,5 М300
	33,74	320,53		
С добавкой SikaPlast	34,2	324,9	322,5	В25 М350
	32,46	308,37		
	35,18	334,21		
С микрокремнеземом	34,85	331,075	333,93	В25 М350
	35,45	336,775		

1	2	3	4	5
С микрокремнезем ом (-цемент)	31,46	298,87	301,58	В22,5 М300
	32,03	304,285		
Со шлаком	32,56	309,32	313,22	В25 М350

Влияние добавок на прочность и скорость твердения бетона показано на рисунке 1.

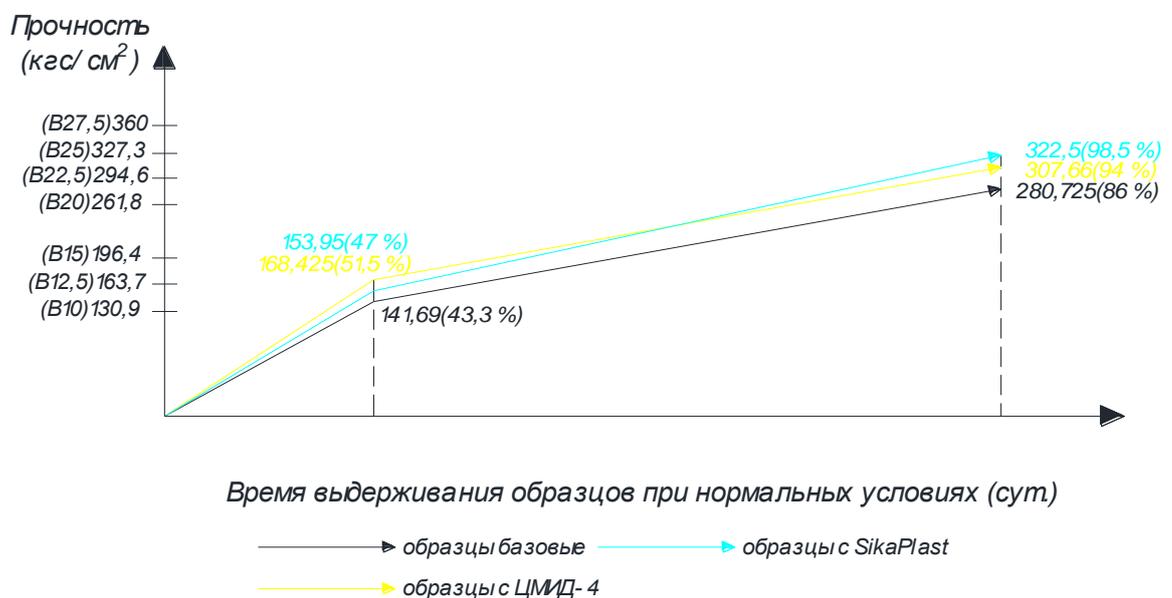


Рис. 1. – График влияния добавок на прочность бетона

Влияние отходов промышленности на прочность бетона показано на рисунке 2. На основе анализа научных работ было определено, что минеральные добавки так же эффективны, как и химические.

ЦМИД-4 следует применять в бетонах с высокими требованиями к основным характеристикам, она повышает прочность, значительно увеличивает водонепроницаемость и морозостойкость, целесообразно использовать ЦМИД-4 в гидротехнических сооружениях и конструкциях, на которые оказывает воздействие вода.

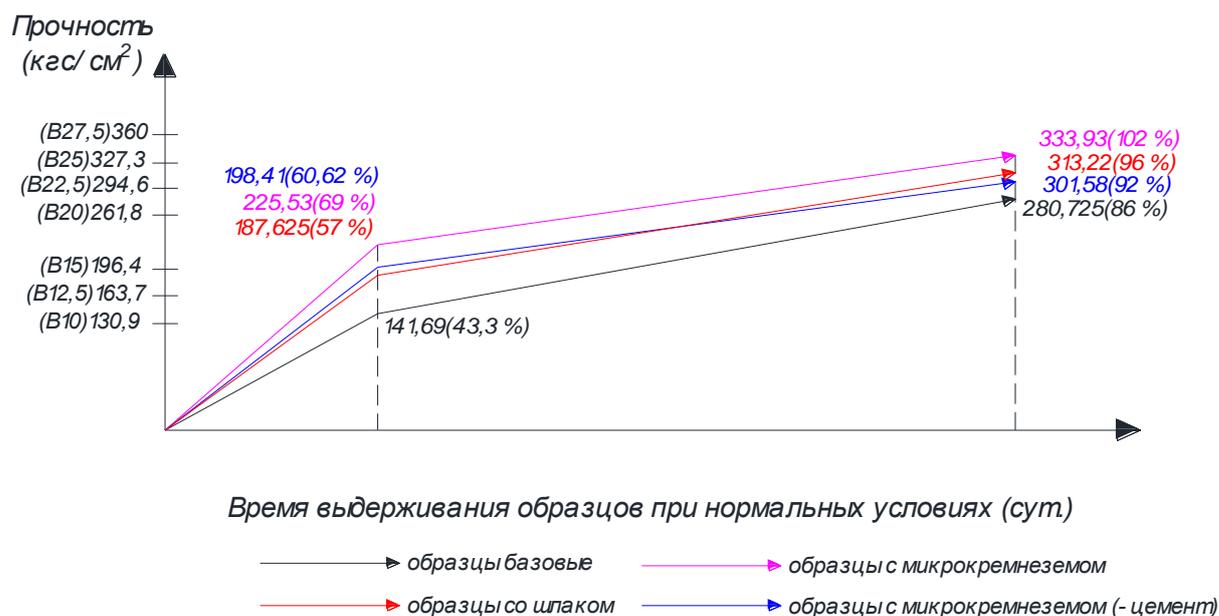


Рис. 2. – График влияния отходов промышленности на прочность бетона

Добавку SikaPlast используют в небольшом количестве, несмотря на активное воздействие на прочность и удобоукладываемость бетонной смеси, она значительно увеличивает стоимость бетона, что не совсем целесообразно. Использование же металлургических отходов в качестве добавок, позволяет не только улучшить свойства бетона и уменьшить его стоимость, но и сэкономить природный материал, а также решить актуальную экологическую проблему.

Литература

1. Боженков П.И. Комплексное использование минерального сырья для производства строительных материалов. – Л.-М.: Стройиздат, 1963. 368 с.
2. Баженов Ю.М., Шубенкин П.Ф., Дворкин Л.И. Применение промышленных отходов в производстве строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1986. 255 с.
3. Гладких К.В. Шлаки – не отходы, а ценное сырье. – М.: Стройиздат, 1966. 125 с.

4. Дворкин Л.И., Пашков О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности. – К.: «Феникс», 2007. 368 с.
5. Дворкин Л.И., Пашков И.А. Строительные материалы из отходов промышленности. – К.: Выща школа, 1989. 111 с.
6. Попов Л.Н. Строительные материалы из отходов промышленности. – М.: Знание, 1978. 56 с.
7. Tuskaeva Zalina, Soslan Karyayev. Influence of various additives on properties of concrete. W3S Web of Confereces/Voe/1640931(220).
8. Богдасаров А.С., Нестеренко А.И. Использование отходов промышленности для производства шлако-известково-гипсового вяжущего // Инженерный вестник Дона, 2020, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2020/6374.
9. Грушко И.С., Яценко Е.А. Разработка технологии стеклокристаллических материалов на основе шлака Несветай ГРЭС // Инженерный вестник Дона, 2009, №3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2009/150/.
10. Quoc Huy Vu, Pham Gabrie, Chonier A, Brouard E, Rathnarajan S and others. Construction and Building Materials, 2019. URL: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.263
11. Dzigita Nagrockienė, Giedrius Girskas, Gintautas Skripkiunas Construction and Building Materials, 2017. URL: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.215

References

1. Bozhenov P.I. Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo sy'r'ya dlya proizvodstva stroitel'ny`x materialov. [Complex use of mineral raw materials for the production of building materials]. L.-M.: Strojizdat, 1963. 368 p.

2. Bazhenov Yu.M., Shubenkin P.F., Dvorkin L.I. Primenenie promy`shlenny`x otkodov v proizvodstve stroitel`ny`x materialov. [The use of industrial waste in the production of building materials]. M.: Strojizdat, 1986. 255 p.
3. Gladkix K.V. Shlaki – ne otkody`, a cennoe sy`r`e. [Slags are not waste, but valuable raw materials]. M.: Strojizdat, 1966. 125 p.
4. Dvorkin L.I., Pashkov O.L. Stroitel`ny`e materialy` iz otkodov promy`shlennosti. [Construction materials from industrial waste]. K.: «Feniks», 2007. 368 p.
5. Dvorkin L.I., Pashkov I.A. Stroitel`ny`e materialy` iz otkodov promy`shlennosti. [Construction materials from industrial waste]. K.: Vy`shha shkola, 1989. 111 p.
6. Popov L.N. Stroitel`ny`e materialy` iz otkodov promy`shlennosti. [Construction materials from industrial waste]. M.: Znanie, 1978. 56 p.
7. Tuskaeva Zalina, Soslan Karyayev. W3S Web of Confereces Voe 1640931(220).
8. Bogdasarov A.S., Nesterenko A.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2020/6374.
9. Grushko I.S., Yacenko E.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2009, №3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2009/150/.
10. Quoc Huy Vu, Pham Gabrie, Chonier A, Brouard E, Rathnarajan S and others. Construction and Building Materials, 2019. URL: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.04.263
11. Dzigita Nagrockienė, Giedrius Girskas, Gintautas Skripkiunas Construction and Building Materials, 2017. URL: doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.215