

DOI:10.34031/2071-7318-2019-4-11-17-24

¹Ву Ким Зиен, ¹Танг Ван Лам, ^{1,*}Баженова С.И., ²Нгуен Зуен Фонг¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26²Ханойский горно-геологический университет
Дык Тхань Уорд, Северо-Ты Лиём района, Ханой, Вьетнам.

*E-mail: sofia.bazhenova@gmail.com

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОМЕННЫХ ШЛАКОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕТОНОВ И РАСТВОРОВ ВО ВЬЕТНАМЕ

Аннотация. Доменные шлаки – отходы металлургической промышленности, которые при определенной подготовке можно использовать в технологии производства строительных растворов и бетонов. Целесообразное использование доменного шлака, как компонента для новых строительных материалов позволит улучшить экологическую обстановку и увеличит экономическую эффективность их производства.

Была рассмотрена технология переработки доменного шлака завода «Хоа Фат» (Вьетнам) и «Тхаи Нгуен» (Вьетнам) в тонкомолотую активную минеральную добавку. В результате проведенных исследований были получены химико-минералогический состав шлаков, рассмотрены и определены их физико-механические характеристики: удельная поверхность, плотность, водопотребность и другие.

Рассмотрена возможность применения данных гранулированных доменных шлаков в качестве активной минеральной добавки для замещения части вяжущего, для этого рассчитан индекс активности шлака согласно нормативным документам Вьетнама и России. Выявлены зависимости влияния прочности цементно-песчаного раствора на комплексном вяжущем от его плотности, (где Вяжущее вещество = Портландцемент + Гранулированный доменный шлак). Построена диаграмма сравнения Индекса активности IR (%) гранулированного доменного шлака по прочности на сжатия.

В работе использован Вьетнамский стандарт TCVN 11586:2016 для анализа возможности использования доменного шлака (Вьетнам) в технологии бетона и раствора в строительстве.

Ключевые слова: Гранулированный доменный шлак, цемент, отходы промышленности, комплексное вяжущее, активная минеральная добавка, индекс активности шлака.

Введение. Промышленные отходы, в том числе топливные, являются очень серьезной причиной возникновения проблем экологического характера, вызывающих загрязнение почвы, воды и воздуха во всех провинциях Вьетнама [1]. При этом, уровень повторного использования техногенных отходов весьма ограничен и составляет всего 2...5 % от общего количества вырабатываемых промышленных отходов [2, 3]. Согласно [4], на вторичном сырье при соблюдении определенных условий можно получить бетоны с высокими эксплуатационными характеристиками.

В технологии современных бетонов Вьетнама многие отходы промышленности (золы, шлаки и т.д.) используются как добавки в бетонные смеси для уменьшения расхода вяжущего и решения экологических проблем [2].

Во Вьетнаме по данным [5] каждый год, производство шлака от металлургической промышленности составляет 45÷55 миллионов тонн в год. Доменный шлак (ДШ) после определенной переработки используют для изготовления черепицы, кирпича, в качестве наполнителя для бетонной смеси, и как активную минеральную добавку, в том числе и для вяжущих – цементов.

Каждый год, мировое производство цемента около 3 млрд. т/год [6], в то время, как во Вьетнаме эта цифра составляет 99 млн. т/год [7]. Изготовление цемента – процесс не только дорогостоящий, но и энергоемкий, что влечет к климатическим изменениям на территории Вьетнама – способствует возникновению парникового эффекта. При соблюдении всех нормативных требований к вяжущему веществу в технологии производства бетона часть цемента можно заменить подходящим по составу специально переработанным шлаком. Та как рассматриваемые нами шлаки по своему химико-минералогическому составу (соотношением SiO_2 , Al_2O_3 и CaO) имеют реакционную способность, то замена ими части клинкера, позволит снизить стоимость вяжущего, уменьшить потребление электроэнергии и выделяемого тепла при производстве композиционного вяжущего вещества.

По данным исследования [8, 9] использование промышленных отходов в производстве бетонов может решить следующие актуальные вопросы:

1. Уменьшить стоимость готовой строительной продукции из вторичного сырья на композиционном вяжущем.

2. Расширить материально-сырьевую базу для производства строительных материалов.
3. Уменьшить потребность в первичных сырьевых ресурсах.
4. Снизить капитальные затраты на организацию хранения отходов.
5. Создать высокотехнологичные производства и обеспечить местное население новыми рабочими местами.
6. Утилизировать существующие свалки промышленных отходов.
7. Улучшить экологическую обстановку в промышленных зонах, где складировались отходы.
8. Улучшить условия жизни населения и животных.

На данный момент во Вьетнаме доменные шлаки применяют как добавку для бетонов и строительных растворов, однако исследований по доменным шлакам «Хоа Фат» и «Тхай Нгуен» немного [1, 10].

По данным исследования [11] доменным шлаком можно заменить 5...30 % от части цемента. В данной работе авторами предложено возможность использования доменных шлаков в качестве активной минеральной добавки в количестве 10... 30 % от массы портландцемент.

Материалы:

– портландцемент (Ц) ЦЕМ I 42,5 Н производства завода «Там Диеп» (Вьетнам), истинной плотностью 3,14 г/см³, химико-минералогический состав приведен в табл. 1, соответствовал требованиям ГОСТ 30515-2013 и TCVN 2682:2009;

– кварцевый песок (П) реки Ло (Вьетнам) с модулем крупности $M_k = 3,0$ истинной плотностью 2,66 г/см³ и средней насыпной плотностью (в уплотненном состоянии) 1650 кг/м³. Песок I класса в соответствии с ГОСТ 8736-2014 и TCVN 7570:2006;

– Гранулированный доменный шлак (ГДШ) «Хоа Фат» и ГДШ «Тхай Нгуен» представлены в табл. 2 и 3, соответствуют требованиям ГОСТ 3476-74;

– вода (В) затворения соответствующая требованиям ГОСТ 23732-2011 и TCVN 4506:2012.

Методология. Возможность использования шлака оценивалась по требованиям стандарта TCVN 11586:2016 «Доменный шлак мелкий для бетона и раствора»;

– индекс активности шлака в растворных смесях определяли в соответствии с требованиями стандарта TCVN 11586:2016;

– прочность бетонов на сжатие определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-2012 и TCVN 10303:2014;

– определение влажности доменного шлака проводили по ГОСТ 13586.5-2015 и TCVN 7572-7:2006;

Основная часть. Исследовались свойства доменного шлака (ДШ) полученного при выплавке чугуна, так как в исходной железной руде содержатся глинистые примеси, а в коксе – зола. В рамках проведенного исследования, для удаления примесей из исходного сырья, в доменную шихту вводили флюсы - карбонаты кальция и магния.

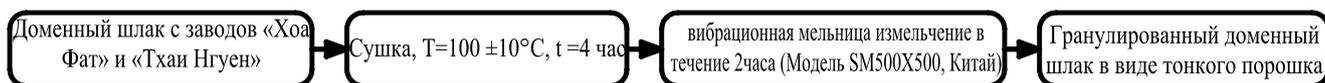


Рис. 1. Технологическая схема получения ГДШ

Использованный в работе ДШ был получен с завода, технологическая схема производства приведена на рис. 1. ДШ сушился в лабораторной печи при $T = 100 \pm 10$ °C в течение 4 ч., после в вибрационной мельнице (Модель SM500x500, Китай) в течение 2 ч. материал мололи для получения гранулированного доменного шлака (ГДШ) в виде тонкого порошка (рис. 1 и табл. 2).

Химическо-минералогический состав и физико-механические характеристики портландцемента и полученного ГДШ приведены в табл. 1 и 2.

Согласно TCVN 11586:2016 «Требования технические гранулированного доменного шлаков для бетона и раствора», приведены в табл. 3.

Таблица 1

Химический состав портландцемента «Там Диеп» и ГДШ «Хоа Фат» и «Тхай Нгуен»

Вид материала	Средний химический состав, % масс.											
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	Cl ⁻	S ²⁻	п.п.п.*
Портландцемент «Там Диеп»	19,5	58,73	4,76	5,27	2,34	3,62	0,51	1,53	–	–	–	3,74
ГДШ «Хоа Фат»	36,12	37,65	12,74	2,36	8,769	0,26	0,92	0,16	0,3	0,001	0,72	–
ГДШ «Тхай Нгуен»	31,54	44,95	10,95	0,72	8,819	0,14	0,67	0,28	0,32	0,001	0,62	0,99

Таблица 2

Физические характеристики портландцемента «Там Диеп» и ГДШ «Хоа Фат» и «Тхай Нгуен»

Свойства	Единицы измерения	Портландцемент «Там Диеп»	ГДШ «Хоа Фат»	ГДШ «Тхай Нгуен»
Истинная плотность	г/см ³	3,15	2,558	2,297
Удельная поверхность	см ² /г	3660	5710	4565
Влажность	%	0	0,001	0,001

Таблица 3

Технические требования ГДШ для бетонов и растворов по TCVN 11586:2016 и по ТУ 0799-001-99126491-2013

п/п	Свойства	Единица	По ТУ 0799-001-99126491-2013	По TCVN 11586:2016			
				C60	C75	C95	C105
1	Истинная плотность (не более)	г/см ³	–	2,8			
2	Удельная поверхность (не менее)	см ² /г	4500	2750	3500	5000	7000
3	Индекса активности прочности (не менее) в возрастах: + 7 суток. + 28 суток. + 91 суток.	%	–	–	55	75	95
			–	60	75	95	105
			–	80	95	–	–
4	Влажность (не более)	%	0,3	1,0			
5	Содержание MgO (не более)	%	15	10			
6	Содержание SO ₃ (не более)	%	–	4,0			
7	Содержание Cl ⁻ (не более)	%	–	0,02			
8	Потери при прокаливании (не более)	%	0,95–1,10	3,0			

Примечание: C60, C75, C95, C105 - индекса активности шлака (I_R, %) в возрасте 28 суток.

Из приведённых в табл. 1–3 экспериментальных результатов следует, что по химическому составу и физико-механическим свойствам ГДШ «Хоа Фат» и ГДШ «Тхай Нгуен» удовлетворяют требованиям стандарта TCVN 11586:2016 и ТУ 0799-001-99126491-2013.

Индекс активности гранулированного доменного шлака (I_R, %) представляет собой отношение прочности на сжатие образца из цементно-песчаного раствора, где часть вяжущего, цемента, заменена ГДШ (R₂), к прочности на сжатие контрольного, без добавочного цементно-песчаного раствора (R₁). Индекс активности доменного шлака рассчитывали по формуле (1), приведённой в стандарте TCVN 11586:2016.

$$I_R = \frac{R_2}{R_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где I_R – индекс активности доменного шлака, %; R₁ – прочность на сжатие контрольных образцов

выполненных на бесдобавочном цементно-песчаном составе в возрасте 28 суток, МПа; R₂ – прочность на сжатие образцов из цементно-песчаных растворов, где часть вяжущего заменена на ГДШ, в возрасте 28 суток, МПа.

Экспериментальные образцы изготавливали на цементно-шлаково-песчаных растворах при соотношениях Вяж : П = 1:3 (где Вяж – вяжущее вещество, Вяж = Ц + ГДШ (процентное соотношение цемента к доменному шлаку в вяжущем приведены в таб. 4). Контрольный состав – цементно-песчаный раствор, без каких-либо добавок и примесей. В соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 30744-2001 и TCVN 2682:2009 и исследований [1, 9, 11] принимали ГДШ/Ц = 1/10 ÷ 3/10. На каждом составе формовали по 3 балочки 40×40×160 мм, которые после твердения в нормальных условиях, испытывали на прочность на сжатие (рис. 2 и 3).

Результаты проведенных прочностных испытаний сведены в табл. 5, где отражено как количество

вводимых доменных шлаков влияет на прочность двух типов, плотность смеси и индекс активности полученного состава бетона.

Полученные результаты испытаний использовали для расчёта индексов активности I_R , % (табл. 5 и рис. 4 и 5).



Рис. 2. Определение прочности образцов на сжатие



Рис. 3. Экспериментальные образцы из цементно-шлаково-песчаных растворов

Таблица 4

Рецептура

Состав	ГДШ/Ц	Расход сырьевых компонентов для 1 м ³ бетона, кг/м ³				
		Ц	П	ГДШ«Хоа Фат»	ГДШ«Тхай Нгуен»	В
№-1	0 (Контрольный)	514	1541	0	0	257
№-2	1/10	465	1533	–	46	256
№-3	2/10	424	1526	–	85	254
№-4	3/10	390	1520	–	117	253
№-5	1/10	466	1536	47	–	256
№-6	2/10	426	1532	85	–	255
№-7	3/10	392	1528	118	–	255

Таблица 5

Прочность на сжатие, прочность на растяжение при изгибе и индекс активности ГДШ «Хоа Фат» и «Тхай Нгуен» в возрасте 28 суток

Состав	ГДШ/Ц	Прочность на растяжение при изгибе, МПа		Прочность на сжатие, МПа		Индекс активности по прочности на сжатие, %		Плотность, кг/м ³	
		Хоа Фат	Тхай Нгуен	Хоа Фат	Тхай Нгуен	Хоа Фат	Тхай Нгуен	Хоа Фат	Тхай Нгуен
№-1	0 (Контрольный)	8,2		42,61		100		2202	
№-2	1/10	7,63	–	40,69	–	95,49	–	2193	–
№-3	2/10	7,46	–	39,19	–	91,97	–	2184	–
№-4	3/10	6,72	–	35,71	–	83,8	–	2175	–
№-5	1/10	–	7,21	–	37,46	–	87,92	–	2188
№-6	2/10	–	6,85	–	35,59	–	83,53	–	2174
№-7	3/10	–	6,34	–	32,94	–	77,31	–	2161

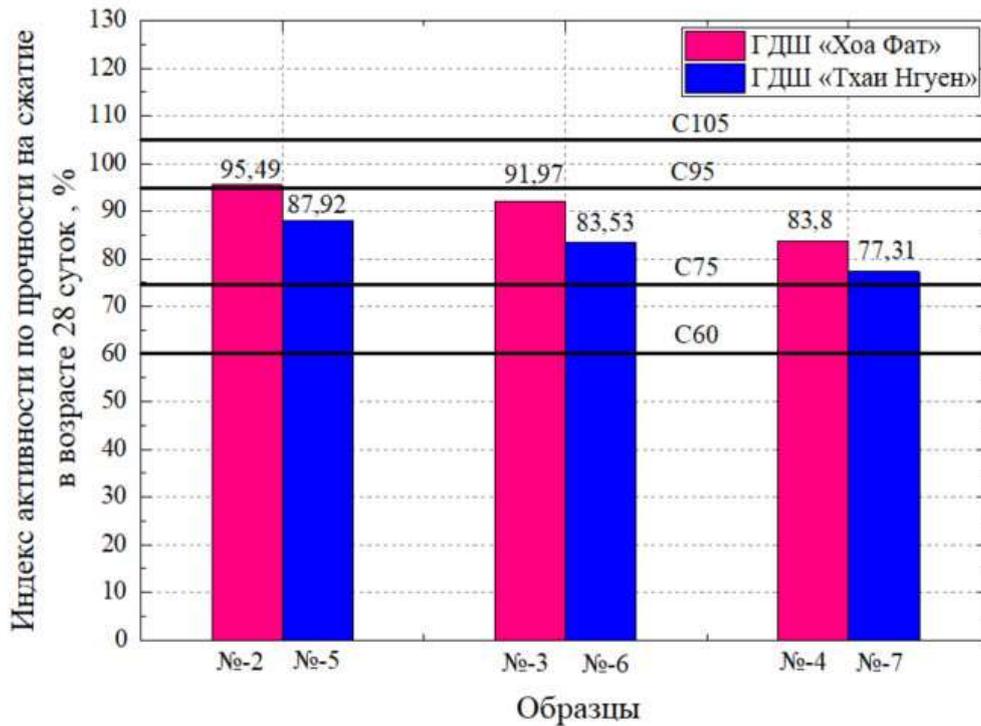
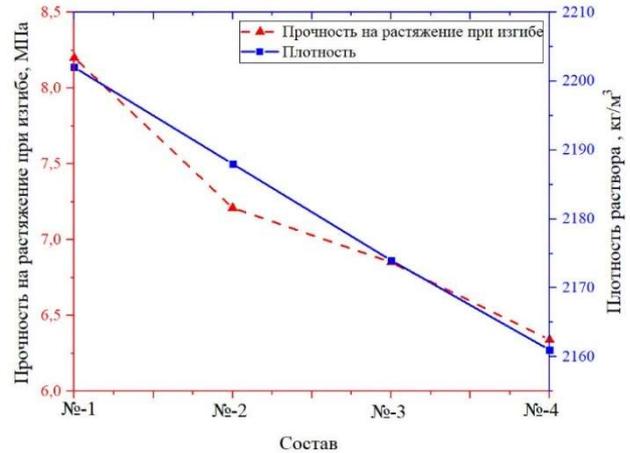
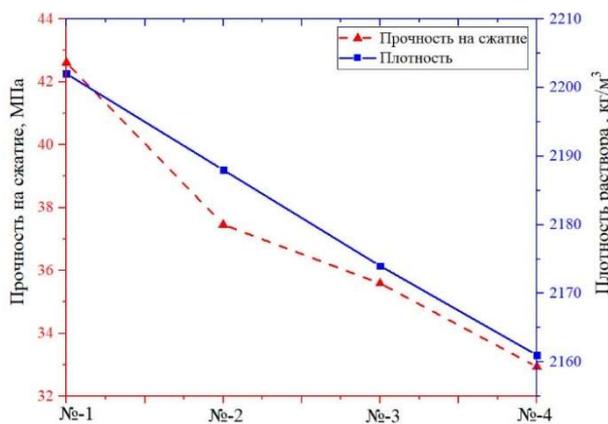
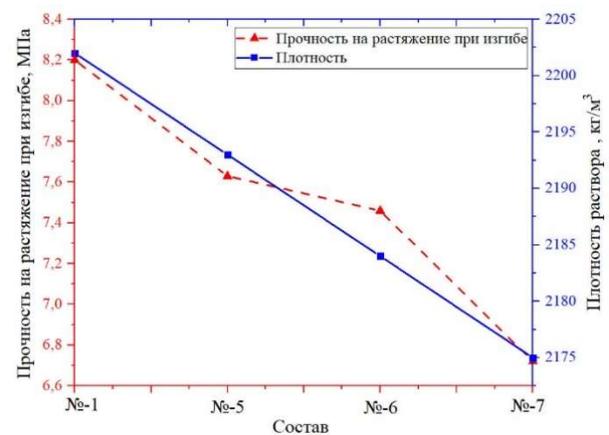
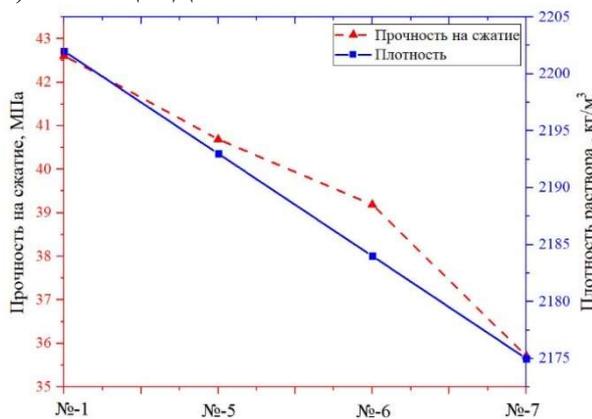


Рис. 4. Диаграмма сравнения Индекс активности ГДШ по прочности на сжатие



а) Вяж = Ц+ГДШ «Хоа Фат»



б) Вяж = Ц+ГДШ «Тхай Нгуен»

Рис. 5. Зависимость прочности цементно-песчаного раствора на комплексном вяжущем от плотности

Из рис. 4 и 5 видно, что:

1. При замене части цемента 1/10 ГДШ «Хоа Фат» можно получить вяжущее с I_R соответствующем С60, С75, С95, а на ГДШ «Тхай Нгуен» - С60, С75.

2. Если соотношение ГДШ увеличить 2/10 ÷ 3/10 Вяж, можно получить ГДШ = 2/10 и 3/10 I_R соответствующем С60, С75 на шлаке обоих образцов.

3. Индекс активности по прочности на сжатие ГДШ «Хоа Фат» всегда выше ГДШ «Тхай Нгуен». Это можно объяснить тем, что в ГДШ «Хоа Фат» содержится больше аморфного кремнезёма, 36,12 %, который способен связать свободный гидроксид кальция (СН) в меньше растворимые низкоосновные гидросиликаты кальция (СШ). Данный процесс повышает водонепроницающую способность бетонной смеси и ведет к уплотнению структуры тела бетона, что, в свою очередь, влияет на увеличение прочности на сжатие.

Выводы. Помимо вышеизложенного, можно сказать, что рассмотренные доменные шлаки могут применяться в производстве строительных материалов в качестве тонкомолотых активных минеральных добавок, заменяющих часть цемента (до 30 %), в технологии бетонов и строительных растворов.

Кроме того, ГДШ можно заменить ввозимые в страну активные минеральные добавки, используемые в настоящее время во Вьетнаме для получения строительных растворов и бетонов, что позволит снизить их стоимость и способствовать улучшению экологической ситуации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Nguyen Thanh Sang, Le Thi Trang. Designing cement concrete composition using high-strength blast furnace slag in bridge construction // Journal Bridges and Roads of Vietnam. №1+2. 2012. Pp. 62–65.
2. Pham Chi Cuong. Utilization of metallurgical industry wastes in Vietnam // Vietnam Science Journal. №6 (10). 2012. Pp. 52–54.
3. Government Office. Conclusions of the Prime Minister on the implementation of the production program for the disposal of unburned materials and the use of ash, slag and gypsum - waste of thermal power plants and chemical plants. Announcement № 218/ТВ-VPСР, Ha Noi, 17/06/2013, 3 p.

Информация об авторах

Ву Ким Зиен, аспирант кафедры технологии вяжущих веществ и бетонов. E-mail: kimdienxdbt@gmail.com. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

4. Баженова С.И., Алимов Л.А. Высококачественные бетоны с использованием отходов промышленности // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. №1. С. 226–230.

5. Lam Tang Van, Tho Vu Dinh, Dien Vu Kim, Boris Bulgakov, Olga Aleksandrova and Sophia Bazhenova. Combined Effects of Bottom Ash and Expanded Polystyrene on Light-weight Concrete Properties // MATEC Web of Conferences. 2018. 251. 01007. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201825101007>.

6. Yu Lei, Qiang Zhang, Chris Nielsen, Kebin He. An inventory of primary air pollutants and CO₂ emissions from cement production in China, 1990–2020 // Atmospheric Environment. 2011. Vol. 45. Pp. 147–154. DOI:10.1016/j.atmosenv.2010.09.034.

7. Chau An. Dự báo sản lượng tiêu thụ xi măng năm 2019 “Прогноз потребления цемента в 2019 году” [Электронный ресурс]. <https://cafeland.vn/tin-tuc/nam-2019-san-luong-tieu-thu-xi-mang-se-dat-95-trieu-tan-77913.html>. (дата: 16.01.2019).

8. Танг Ван Лам, Нго Суан Хунг, Булгаков Б. И., Александрова О.В., Ларсен О.А., Орехова А.Ю., Тюрина А.А. Использование золошлаковых отходов в качестве дополнительного цементирующего материала // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №8. С. 19–27. DOI:10.12737/article_5b6d58455b5832.12667511.

9. Танг Ван Лам, Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А. Возможность использования зольных остатков для производства материалов строительного назначения во Вьетнаме // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №6. С. 06–12. DOI:10.12737/article_5926a059214ca0.89600468.

10. Ngo Van Toan. Research on the production of high-strength concrete using fine sand and mineral additives mixed with activated blast-furnace slag and rice husk ash // Magazine Building Materials – Environment. 2012. №4. Pp. 36–45.

11. Isa Yuksel, Turhan Bilir, Omer Ozkan. Durability of concrete incorporating non-ground blast furnace slag and bottom ash as fine aggregate // Building and environment, 2007(42) 2651–2659. DOI:10.1016/j.buildenv.2006.07.003.

12. Nour T.A., Hamdy A.E., Amel A.E. Utilization of by-pass cement kiln dust and air-cooled blast-furnace steel slag in the production of some “green” cement products // HBRC Journal, 2018 (14), pp 408–414. DOI:10.1016/j.hbrj.2017.11.001.

Танг Ван Лам, аспирант кафедры технологии вяжущих веществ и бетонов. E-mail: lamvantang@gmail.com. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Баженова Софья Ильдаровна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии вяжущих веществ и бетонов. E-mail: sofia.bazhenova@gmail.com. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Нгуен Зуен Фонг, кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Факультет гражданского строительства». E-mail: nguenduynphong@gmail.com. Ханойский университет горного дела и геологии. Дык Тхань Уорд, Северо-Ты Лиём района, Ханой, Вьетнам.

Поступила в мае 2019 г.

© Ву Ким Зиен, Танг Ван Лам, Баженова С.И., Нгуен Зуен Фонг, 2019

¹*Vu Kim Dien, ¹Tang Van Lam, ^{1,*}Bazhenova S.I., ²Nguyen Duyen Phong*

¹*National Research Moscow State University of Civil Engineering
Russia, 129337, Moscow, st. Yaroslavskoe Shosse, 26*

²*Hanoi University of Mining and Geology
No 18, Pho Vien, Duc Thang Ward, Bac Tu Liem District-Hanoi
E-mail: sofia.bazhenova@gmail.com

POSSIBILITY OF USING BLAST FURNACE SLAG IN CONCRETE AND MORTAR PRODUCTION IN VIETNAM

Abstract. Blast furnace slag is a waste of metallurgical industry which can be used in production technology of concretes and mortars. The expedient use of blast furnace slag as a component for new building materials will improve the environmental situation and increase the economic efficiency of production. The authors reaserch blast furnace slag processing technology of factories "Hoa Phat" (Vietnam) and "Thai Nguyen" (Vietnam) to produce mineral additives. As a result of the conducted researches the chemical and mineralogical composition of slags are received, their physical and mechanical characteristics are considered and defined: specific surface area, density, water demand, and others.

According to standard of Vietnam and Russia, slag activity index is calculated when considering the possibility of using blast furnace slags to replace part of the binder. The relationship between the strength of the cement-sand mortar and density affected by the binder are reveald (where; binder = Portland cement + Granulated blast furnace slag). Comparison chart of slag activity index I_R (%) has been shown.

The paper uses the Vietnamese standard TCVN 11586: 2016 to analyze the possibility of using blast furnace slag (Vietnam) in the technology of concrete and mortar construction.

Keywords: granulated blast furnace slag, cement, industrial waste, complex binder, active mineral additive, slag activity index.

REFERENCES

1. Nguyen Thanh Sang, Le Thi Trang. Designing cement concrete composition using high-strength blast furnace slag in bridge construction. Journal Bridges and Roads of Vietnam. 2012. No. 1+2. Pp. 62–65.
2. Pham Chi Cuong. Utilization of metallurgical industry wastes in Vietnam. Vietnam Science Journal. 2012. No. 6(10). Pp. 52–54.
3. Government Office. Conclusions of the Prime Minister on the implementation of the production program for the disposal of unburned materials and the use of ash, slag and gypsum - waste of thermal power plants and chemical plants. Announcement No. 218/TB-VPCP, Ha Noi, 17/06/2013, 3 p.
4. Bazhenova S.I., Alimov L.A. High-quality

concretes using industrial waste [Vysokokachestvennyye betony s ispol'zovaniyem otkhodov promyshlennosti]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2010. No. 1. Pp. 226–230. (rus)

5. Lam Tang Van, Tho Vu Dinh, Dien Vu Kim, Boris Bulgakov, Olga Aleksandrova and Sophia Bazhenova. Combined Effects of Bottom Ash and Expanded Polystyrene on Light-weight Concrete Properties. MATEC Web of Conferences. 2018. 251, 01007. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201825101007>.

6. Yu Lei, Qiang Zhang, Chris Nielsen, Kebin He. An inventory of primary air pollutants and CO₂ emissions from cement production in China, 1990–2020. Atmospheric Environment. 2011. Vol. 45. Pp. 147–154. DOI:10.1016/j.atmosenv.2010.09.034.

7. Chau An. Dự báo sản lượng tiêu thụ xi măng năm 2019 “Cement Consumption Forecast for 2019” [Electronic resource]. <https://cafeland.vn/tin-tuc/nam-2019-san-luong-tieu-thu-xi-mang-se-dat-95-trieu-tan-77913.html>. (date: 16.01.2019).

8. Tang V. L., Ngo X. H., Bulgakov B. I., Aleksandrova O.V., Larsen O.A., Orekhova A.Yu., Tyurina A.A. Use of ash and slag waste as a supplementary cementing material [Ispol'zovaniye zoloshlakovykh otkhodov v kachestve dopolnitel'nogo tsementiruyushchego materiala]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. No. 8. Pp. 19–27. (rus). https://doi.org/10.12737/article_5b6d58455b5832.12667511.

9. Tang V.L., Bulgakov B.I., Aleksandrova O.V., Larsen O.A. The possibility of using ash residues for the production of building materials in Vietnam [Vozmozhnost' ispol'zovaniya zol'nykh ostatkov dlya proizvodstva materialov stroitel'nogo naznacheniya vo V'yetname]. Bulletin of BSTU

named after V.G. Shukhov. 2017. No. 6. Pp. 06–12. (rus) https://doi.org/10.12737/article_5926a059214ca0.89600468

10. Ngo Van Toan. Research on the production of high-strength concrete using fine sand and mineral additives mixed with activated blast-furnace slag and rice husk ash. Magazine Building Materials – Environment. 2012. No. 4. Pp. 36–45.

11. Isa Yu'ksel, Turhan Bilir, O'mer O'zkan. Durability of concrete incorporating non-ground blast furnace slag and bottom ash as fine aggregate. Building and environment, 2007(42) 2651–2659. DOI:10.1016/j.buildenv.2006.07.003.

12. Nour T.A., Hamdy A.E., Amel A.E. Utilization of by-pass cement kiln dust and air-cooled blast-furnace steel slag in the production of some “green” cement products. HBRC Journal, 2018 (14), pp 408–414. DOI:10.1016/j.hbrj.2017.11.001.

Information about the authors

Vu Kim Dien, Postgraduate student. E-mail: kimdienxdb@gmail.com. National Research Moscow State University of Civil Engineering. Russia, 129337, Moscow, st. Yaroslavskoe Shosse, 26.

Tang Van Lam, Postgraduate student. E-mail: lamvantang@gmail.com. National Research Moscow State University of Civil Engineering. Russia, 129337, Moscow, st. Yaroslavskoe Shosse, 26.

Bazhenova, Sofya I. PhD, Associate Professor. E-mail: sofia.bazhenova@gmail.com. National Research Moscow State University of Civil Engineering. Russia, 129337, Moscow, st. Yaroslavskoe Shosse, 26.

Nguyen Duyen Phong, PhD. E-mail: nguyenduyenphong@gmail.com. Hanoi University of Mining and Geology. No. 18, Pho Vien, Duc Thang Ward, Bac Tu Liem District-Hanoi.

Received in May 2019

Для цитирования:

Ву Ким Зиен, Танг Ван Лам, Баженова С.И., Нгуен Зуен Фонг. Возможность использования доменных шлаков в производстве бетонов и растворов во Вьетнаме // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 11. С. 17–24. DOI:10.34031/2071-7318-2019-4-11-17-24

For citation:

Vu Kim Dien, Tang Van Lam, Bazhenova S.I., Nguyen Duyen Phong. Possibility of using blast furnace slag in concrete and mortar production in Vietnam. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 11. Pp. 17–24. DOI:10.34031/2071-7318-2019-4-11-17-24