DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-4-13-20

*Никитина М.А., магистрант,
Ерыгина А.О., аспирант,
Тимошенко Т.И. *, кандидат технических наук, доцент,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия*
*Ответственный автор E-mail: timoshenko_bstu@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА СЫРЬЕВОЙ СМЕСИ СЕРЕБРЯНСКОГО ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА

Аннотация: в настоящее время основной тенденцией технического развития в цементной промышленности России, является оптимизация всех технологических переделов производства. Получение портландцемента высокого качества является многофакторным процессом. На него влияет не только физико-химические превращения сырьевых компонентов, происходящие при обжиге цементного клинкера, но и каков будет состав сырьевой смеси и, качественно ли приготовлена данная смесь. Работа заключается в исследовании и подборе оптимальной рецептуры сырьевой смеси, с целью получить цемент с высокими показателями качества. Данное направление позволит: во-первых, расширить сырьевую базу, перерабатывать сырьё, которое направляется в отвалы из-за того, что в нем содержится большое количество кварца и примесных соединений; во-вторых, произвести небольшую реконструкцию линии подготовки сырьевой смеси. В данный момент завод работает на миксованных смесях алюмосиликатного сырья, т.е. используется два вида алюмосиликатного сырья, предварительно смешанные в определенных соотношениях, в результате чего это сказывается на точности дозирования компонентов. Точность дозирования современных дозаторов, составляющая $\pm(1...2)$ %, является часто недостаточной. В связи с этим, предложен и исследован новый вариант оптимального состава смеси. Данный вариант «чистой» шихтовки компонентов, позволит улучшить процесс смешивания исходного сырья, управлять процессом составления пропорций смесей в линии подачи материалов. А также позволит устранить долговременные отклонения, гарантируя решение проблем на самой ранней стадии их возникновения. Результатом данной работы является получение качественного готового продукта, снижение затрат на энергоресурсы и экономическая эффективность предлагаемого решения.

Ключевые слова: оптимизация состава, сырьевые компоненты, портландцемент, фазовый состав, суглинок, крупнокристаллический кварц, микроструктура клинкера, трехкальциевый силикат, гидравлическая активность

Введение

Задача развития производства портландцемента – интенсификация и повышение эффективности его производства. Решением данной задачи будет путь, направленный на оптимизацию технологии для получения в дальнейшем продукта высокого качества. Данное мероприятие может осуществляться как на печах сухого, так и мокрого способа производства [1].

Первоначальным этапом является оценка пригодности сырьевых материалов на основании их физико-механических характеристик. Материалы, подвергаемые изучению, часто в химическом и минералогическом составе имеют нежелательные элементы, которые оказывают негативное воздействие на процесс приготовления сырья и смеси, а также и процесс обжига и др.

Оптимизация несет за собой ряд преимуществ: расширение сырьевой базы заводов, прибыли объемов производства, экономии энергоресурсов (топлива и электроэнергии) и обеспечение более стабильного качества продукции. Степень подготовки сырьевых компонентов и смеси немаловажный фактор, от которого зависит качество получаемого целевого продукта. Результат плохой подготовки давно известный факт на производстве.

Цель подготовительной стадии является повышение реакционной способности компонентов. Достигнуть это можно переводом их в термодинамически неустойчивое состояние, при котором компоненты приобретают повышенную реакционную способность. Механохимические процессы – технологические приемы, повышающие реакционную способность, в результате чего возможно изменение химического и минералогического состава поверхности твердых тел. К ним относится механический (тонкое измельчение) и термический (обжиг) путь перевода в нестабильное термодинамически неустойчивое состояние [3]. Механическая активация сырьевых компонентов – способ интенсификации процесса клинкерообразования. Тонкость измельчения увеличивает скорость твердофазовых реакций.

Пример плохой подготовки: - низкий показатель дисперсности сырьевых материалов (т.е. их фракционный состав) в сырьевой смеси ведет к снижению химической активности и спекаемости. Тонкость измельчения сырьевой смеси оказывает большое влияние на скорость связывания СаО с кислотными оксидами

[4]. При грубом помоле сырья часть больших зерен не успевает прореагировать в процессе обжига и остается в несвязанном состоянии. Реакционноспособный размер частиц это менее 100-120 мкм [5]. Основной состав грубой фракции в сырьевой смеси представлен в виде известняка и глин, которые содержат в своем составе трудноразмалываемый кварц. Этому факту необходимо уделить особое внимание, т.к. показатель коэффициента размолоспособности ниже 1, относительно клинкера, следовательно, размолоспособность его ниже [6]. На этот факт повлияет также и оборудование, в котором происходит помол сырьевой смеси. Сырьевая смесь, имеет удельную поверхность в пределах 200-300 (± 10) м²/кг, при этом остаток на сите № 02 не более 2 %, а на сите № 008 – не более 12 % [6]. Данный показатель дисперсности помола связан с тем, что если он будет иметь значение выше оптимального, то это повлияет на потерю активности порошкообразного материала в период его хранения. Приходится учитывать и то, что с увеличением степени измельчения значительно возрастает механическая работа и расход энергии на измельчение. Поэтому на практике показатели тонкости помола устанавливаются опытным путем;

- высокое содержание крупнокристаллического кварца ведет к повышению температуры обжига, следовательно, в следствие – чрезмерное выжигание и сокращение сроков службы огнеупоров (футеровки) печи, и расхода топлива. Также влияет на процесс клинкерообразования тем, что замедляет его [7]. Крупные частицы карбоната кальция и кремнийсодержащих материалов превращаются в агрегаты кристаллов СаО и скопления кристаллов белита [8, 9]. Повысить реакционную способность смеси необходимо уменьшением негативного влияния крупных зерен кварца. Пути снижения влияния некоторые исследователи предлагают повысить дисперсность сырьевой муки или провести качественную гомогенизацию смеси [4, 10, 11].

- высокое содержание щелочных соединений способствует образованию настывлей и зарастанию декарбонизатора и циклонного теплообменника, и оказывать своё влияние на процесс минералообразования [12, 13, 14]. В связи с этим, возникает вопрос об обоснованном выборе оптимального состава сырьевой смеси.

Материалы и методы

Для исследования использовали сырьевые компоненты месторождения Рязанской области карьера Серебрянского цементного завода (известняк, глина Юрская, глина Четвертичная, суглинок и шлам аглодоменный).

При реализации данного исследования применяли следующие методы: рентгенофазовый анализ (РФА) проводили на рентгеновском дифрактометре ARL X'TRA в диапазоне двойных углов отражения 4-64° для определения фазового состава компонентов и синтезированных клинкеров; петрографический анализ позволил изучить микроструктуру клинкера на металлографическом микроскопе в отражённом свете.

Для обнаружения в алюмосиликатных породах крупнокристаллического кварца применили метод, который заключается в том, что навеску 50 г поместили в выпарительную чашку и залили водой. Пробу разминали резиновым пестиком в течение 2-3 минут. Из чашки размученную пробу перелили на сито № 008, тщательно смыв остатки сырья с пестика и чашки. Далее пробу промыли под тонкой струей воды, протирая при этом тонкую фракцию с помощью щеточки. Через сито проходит фракция менее 80 мкм, следовательно, на сите остается фракция более 80 мкм и называется – шлихом.

После промывки шлих вместе с ситом поместили в сушильный шкаф, после этого взвесили шлих и определили процентное содержание крупнокристаллического кварца в сырье по формуле:

$$C_{\text{шли}} = \frac{G_{\text{шли}}}{G_{\text{н}}} \times 100\% \quad (1)$$

где $C_{\text{шли}}$ – процентное содержание шлиха в навеске, %; $G_{\text{шли}}$ – вес шлиха, г; $G_{\text{н}}$ – вес сухой навески сырья, г [15].

Для оценки качества синтезированных клинкеров изготовили образцы кубы размером 1.41 см, после поместили их в воду и выдерживали 2, 7, 28 суток, затем испытывали на прочность при сжатии. На основании этого метода дали заключение о гидравлической активности полученных клинкеров [16].

Результаты и обсуждения

Нахождение оптимального состава сырьевой шихты заключалось в приготовлении смесей на основе компонентов разного минералогического состава, с КН=0.93 и модулями $n=2.10$, $p=1.2$, и фракционным составом смеси ≤ 80 мкм, процесс оптимизации проводили на основе смоделированной контрольной сырьевой смеси № 1. Контрольная смесь № 1 состоит из заводской сырьевой муки и реактива SiO₂ (в количестве 1,74 %, модель присадки золы топлива). Компонентный, химический и минералогический состав сырьевых смесей и клинкера представлен в табл. 1-3.

Таблица 1

Компонентный состав сырьевых смесей, %

Table 1

Component composition of raw mixes, %

Смесь №1 – контрольная	Смесь № 2	Смесь № 3
Заводская сырьевая мука	Известняк – 77.5	Известняк – 78.7
Реактив SiO ₂ – 1.74	Глина Юрская – 16.81	Глина Четвертичная – 17.67
	Суглинок – 4.1	Суглинок – 2.24
	Шлам аглодоменный – 1.59	Шлам аглодоменный – 1.39

Таблица 2

Химический состав сырьевых смесей и клинкера

Table 2

Chemical composition of raw mixes and clinker

Компонент	Содержание оксидов, %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	ППП	Сумма
Сырьевая смесь и клинкер №1 – контрольный									
Сырьевая смесь (с учетом реактива SiO ₂)	13.88	3.48	2.75	42.95	0.84	0.69	0.49	34.92	100
Клинкер №1	21.33	5.35	4.23	66.00	1.29	1.06	0.75	-	100
Сырьевая смесь и клинкер №2									
Известняк	1.58	0.41	0.56	41.06	0.60	0.30	0.20	32.78	77.49
Глина Юрская	8.63	2.84	1.19	1.12	0.36	0.49	0.26	1.91	16.8
Суглинок	3.31	0.27	0.16	0.06	0.03	0.06	0.04	0.17	4.1
Шлам аглодом.	0.13	0.02	1.05	0.17	0.02	0.02	0.00	0.18	1.59
Сырьевая смесь	13.65	3.54	2.96	42.41	1.01	0.87	0.50	35.04	100
Клинкер №2	21.01	5.45	4.56	65.29	1.55	1.34	0.77	-	100
Сырьевая смесь и клинкера №3									
Известняк	1.61	0.42	0.57	41.70	0.61	0.31	0.20	33.29	78.71
Глина Четвертичная.	10.10	2.95	1.39	0.47	0.30	0.09	0.23	2.13	17.66
Суглинок	1.81	0.15	0.09	0.04	0.02	0.03	0.02	0.09	2.25
Шлам аглодом.	0.11	0.02	0.91	0.15	0.02	0.02	-	0.15	1.38
Сырьевая смесь	13.63	3.54	2.96	42.36	0.95	0.45	0.45	35.66	100
Клинкер №3	21.18	5.50	4.60	65.84	1.48	0.70	0.70	-	100

Таблица 3

Минералогический состав клинкеров

Table 3

Mineralogical composition of clinkers

Наименование клинкера	Содержание клинкерных минералов, %					
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	MgO	Сумма
Контрольной смеси №1	65.93	12.50	7.08	13.26	1.28	100
Смеси № 2	63.07	12.66	6.71	13.86	1.55	97.85
Смеси № 3	63.58	12.77	6.77	13.98	1.48	98.58

Рентгенофазовый анализ сырьевых материалов показал, что известняк (рис.1) представлен следующими минералами: кальцит (CaCO₃) – (d=3,034; 3,857; 2,496; 2,286; 1,91 Å); KCl (d=3,151 Å);

Алюмосиликатные компоненты (рис. 2-4) представлены минералами: глина Юрская – кварц (SiO₂) – (d=3.346; 4.263; 2.456; 1.659; 1.564 Å); кальцит (CaCO₃) – (d= 3.036; 2.284; 1.919 Å); двухводный сульфат кальция - гипс (CaSO₄·2H₂O) – (d= 7.615 Å); каолинит (Al₂O₃·2SiO₂·2H₂O) – (d= 4.463 Å); монтмориллонит ((Al,Mg)₂(OH)₂[Si₄O₁₀]·H₂O) – (d= 4.463 Å); полевые шпаты – (d= 3.255 Å); глина Четвертичная – кварц (SiO₂) (d= 3.348; 4.262; 2.459; 2.285; 1.821; 1.561 Å); каолинит (Al₂O₃·2SiO₂·2H₂O) – (d= 7.231; 4.493; 2.579; 1.506 Å); монтмориллонит ((Al,Mg)₂(OH)₂[Si₄O₁₀]·H₂O) – (d= 4.493; 16.549 Å); суглинки – кварц (SiO₂) - (d= 3.346; 4,266; 2,459; 2,284; 1,819 Å); полевые шпаты – (d=3.246 Å); гидрослюды (d= 9.958 Å); двухводный сульфат кальция – гипс (CaSO₄·2H₂O) – (d= 7.602 Å);

Шлам аглодоменный – отход агломерационных фабрик, полученный в результате мокрой очистки пыли после обогащения рудной смеси, используется в качестве корректирующей добавки.

По данным РФА (рис.5), аглодоменный шлам представлен следующими минералами: кварц (SiO_2) - ($d=$ 3.356; 4.279; 1.821; 1.544 Å); кальцит (CaCO_3) - ($d=$ 3.044; 2.286 Å); магнетит (Fe_3O_4) – ($d=$ 2.534; 2.972; 2.100; 1.617; 1.486 Å); гематит (Fe_2O_3) – ($d=$ 2.709; 3.698; 2.207; 1.843; 1.695 Å);

Рис. 1. Фазовый состав известняка
Fig. 1. Phase composition of limestone

Рис. 2. Фазовый состав глины Юрской
Fig. 2. Phase composition of Jurassic clay

Рис. 3. Фазовый состав глины Четвертичной
Fig. 3. Phase composition of Quaternary clay

Рис. 4. Фазовый состав суглинка
Fig. 4. Phase composition of loam

Рис. 5. Фазовый состав шлама аглодоменного
Fig. 5. Phase composition of agglomeration sludge

Определение крупнокристаллического кварца в алюмосиликатных породах показало, что глина Юрская содержит (фракцию кварца более 80 мкм) в количестве 4.2%, глина четвертичная – 1 %, суглинок – 30.4%.

Наибольшее содержание крупнокристаллического кварца наблюдается в суглинке, следовательно, для того, чтобы в последствие, не возникло нежелательных нарушений в физико-химических процессах при обжиге клинкера, решено, его вводить в ограниченных количествах.

Проведя, анализ представленных сырьевых материалов. Был составлен оптимальный вариант сырьевых смесей для дальнейшего изучения.

Обжиг сырьевых смесей, а также дальнейший анализ фазового состава полученных клинкеров показал, что при моделировании сырьевой смеси, удалось синтезировать клинкер идентичный по химическому и минералогическому составу заводскому клинкеру. Следовательно, произвести оптимизацию состава сырьевой смеси на основании подобранных компонентов, возможно.

Для того, чтобы задача данного исследования была решена, мы проследили процесс усвоения свободного оксида кальция, формирование трехкальцевого силиката и определили параметры термообработки, производя обжига при следующих температурах: 1250, 1300, 1350, 1400, 1450°C. Для эталонной смеси температура обжига составила 1450 °C, для смеси №2 – 1450°C, для смеси №3 – 1400°C. Фазовый состав полученных клинкеров представлен на рентгенограммах рис.6-8.

Рис. 6. Фазовый состав контрольного клинкера смеси №1, обожженного при $t=1450^\circ\text{C}$

Fig. 6. Phase composition of control clinker of mixture No.1 burned at $t = 1450^\circ\text{C}$

Рис. 7. Фазовый состав клинкера смеси №2, обожженного при $t=1450^\circ\text{C}$

Fig. 7. Phase composition of control clinker of mixture No.2 burned at $t = 1450^\circ\text{C}$

Рис. 8. Фазовый состав клинкера смеси №3, обожженного при $t=1400^\circ\text{C}$

Fig. 8. Phase composition of control clinker of mixture No 3 burned at $t = 1400^\circ\text{C}$

По данным РФА (рис. 6) клинкер контрольной смеси представлен следующими минералами: алит (C_3S) – ($d= 3.044; 2.978; 2.790; 2.752; 2.617; 2.189; 1.768 \text{ \AA}$); белит ($\beta - \text{C}_2\text{S}$) – ($d= 2.877; 2.790; 2.752; 2.617; 2.189; 1.984 \text{ \AA}$); трехкальцевый алюминат (C_3A) – ($d= 2.695; 2.329; 1.919 \text{ \AA}$); четырехкальцевый алюмоферрит (C_4AF) – ($d= 2.656; 2.060; 1.941 \text{ \AA}$);

По данным РФА (рис.7) клинкер смеси № 2 представлен следующими минералами: алит (C_3S) – ($d= 3.040; 2.977; 2.787; 2.750; 2.611; 2.191; 1.768 \text{ \AA}$); белит ($\beta - \text{C}_2\text{S}$) – ($d= 2.883; 2.787; 2.750; 2.611; 2.191; 1.984 \text{ \AA}$); трехкальцевый алюминат (C_3A) – ($d= 2.698; 2.325; 1.919 \text{ \AA}$); четырехкальцевый алюмоферрит (C_4AF) – ($d= 2.664; 2.060; 1.941 \text{ \AA}$);

По данным РФА (рис.8) клинкера смеси № 3 представлен минералами: алит (C_3S) – ($d= 3.036; 2.975; 2.787; 2.750; 2.610; 2.189; 1.767 \text{ \AA}$); белит ($\beta - \text{C}_2\text{S}$) – ($d= 2.883; 2.787; 2.750; 2.610; 2.189; 1.986 \text{ \AA}$); трехкальцевый алюминат (C_3A) – ($d= 2.697; 2.323 \text{ \AA}$); четырехкальцевый алюмоферрит (C_4AF) – ($d= 2.652; 2.059; 1.939; 1.832 \text{ \AA}$);

В результате термообработки фазовый состав клинкера №2 имеет наибольшее количество трехкальцевого силиката ($d= 3.040 \text{ \AA}$), наименьшее – белита ($d= 2.883 \text{ \AA}$), следовательно, это позволяет нам говорить о том, что гидравлическая активность будет выше, чем у других образцов. Наибольшее количество трехкальцевого алюмината у клинкера №2 и №3, означает, что скорость набора прочности на ранних стадиях будет активнее.

Микроструктура получаемого клинкера, форма минералов, их закристаллизованность влияет в дальнейшем на два фактора: на его размоловоспособность и гидравлическую активность.

Рис. 9. Микроструктура клинкера контрольной смеси №1
Fig. 9. Microstructure of clinker control mixture No 1

Рис. 10. Микроструктура клинкера смеси №2
Fig. 10. Microstructure of clinker mixture No 2

Рис. 11. Микроструктура клинкера смеси №3
Fig. 11. Microstructure of clinker mixture No 3

Из результатов (рис. 9-11) видно, что клинкер №2 с гломеробластической структурой (неравномерно-зернистой) будет в дальнейшем характеризоваться пониженной гидравлической активностью. Это объясняется тем, что крупные кристаллы менее реакционноспособные. Но в некотором ряде случаев, имея даже, данную структуру, активность клинкера высокая, это связано с тем, что в кристаллической решетке минерала имеются дефектные включения, которые благоприятно влияют на процесс гидратации.

Для монадобластической (равномерно-зернистой) структуры клинкера №3 характерен высокий показатель активности, так как структуры, обладающие преимущественным содержанием мелких кристаллов, активнее будут взаимодействовать с водой.

Завершающим этапом оценки качества синтезированных клинкеров является определение гидравлической активности. Исследованию подвергались приготовленные цементы №1-3. Результаты испытаний представлены в табл. 4.

Таблица 4

Гидравлическая активность

Table 4

Hydraulic activity

Наименование	Предел прочности при сжатии (МПа) образцов в возрасте (сут.)		
	2 суток	7 суток	28 суток
Цемент №1	27.0	38.0	70.0
Цемент №2	42.0	58.0	92.0
Цемент №3	34.0	66.0	88.0

Результаты физико-механических испытаний подтверждают данные РФА и петрографических исследований. Как видно, из результатов, для цемента, приготовленного из сырьевой смеси №2 в возрасте 28 суток наблюдается наибольший показатель прочности 92 МПа в сравнении с другими видами полученных цементов.

Рост прочности в начальные и поздние сроки обусловлен фазовым составом клинкера №2, т.е. относительно высоким содержанием трехкальциевого силиката, трехкальциевого алюмината и микроструктура полученного клинкера в данном образце, объясняет высокую гидравлическую активность. Следовательно, можно утверждать, что данный состав сырьевой смеси №2 является оптимальным. Основанием данного утверждения является ряд проведенных испытаний.

Выводы

1. Итог химических анализов и физико-механические характеристики исходного сырья позволяют сделать вывод, что данное сырье обладает достаточной степенью пригодности для получения готового продукта высокого качества.
2. Результат использования кремнийсодержащего сырья, показал возможность его использования, но для того, чтобы не оказать негативного влияния на физико-химические процессы, необходимо на подготовительной стадии повысить их реакционную способность.
3. Исследование показало, оптимальным фракционным составом приготовленной сырьевой смеси является размер частиц ≤ 80 мкм.
4. По результатам исследований, оптимальным составом сырьевой смеси, является компонентный состав: известняк – 77,5%; глина Юрская – 16,81%, суглинок – 4,1%, шлам аглодоменный – 1,59%.
5. Полученный цемент на основании суглинка не уступает по качеству цементу, приготовленному из традиционного компонентного состава сырьевой смеси.

Литература

1. Konovalov V.M., Klassen V.K., Pereskok S.A., Novosyolov A.G. Special features of fuel combustion in dry and wet process cement kilns // International Journal of Pharmacy & Technology. 2016. V. 8. Issue 4. P. 22545 – 22554.
2. Konovalov V.M., Solomatova S.S., Glikin D.M. Thermal Chemical Activation of Cement Raw Compounds // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. V.10. Issue 24. P. 45156 – 45162.
3. Смаль Д.В. Интенсификация обжига и повышение активности клинкера двухпоточным помолом шлама: автореф. дис. ... на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.17.11. Белгород, 2010. 17 с.
4. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Портландцементный клинкер. М.: Стройиздат, 1976. 304 с.
5. Алексеев Б.В. Технология производства цемента. М.: Высшая школа, 1980.
6. Классен В.К. Влияние кварца на процессы минералообразования в промышленности строительных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. №10. С. 96 – 99.
7. Будников П.П., Гинстлинг А.М. Реакция в смесях твердых веществ. М.: Стройиздат, 1971. 488 с.
8. Третьяков Ю.Д. Твердофазовые реакции. М.: Химия, 1978. 360 с.
9. Кравченко И.В., Власов М.Т., Юдович Б.Э. Высокопрочные и особо быстротвердеющие портландцементы. М.: Изд-во по строительству, 1971. 231 с.
10. Мишин Д.А., Кобзева Н.С. Нейтрализация отрицательного действия крупных зерен кварца на обжиг клинкера гомогенизацией сырьевой смеси [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2015. №2; URL: www/science – education. ru/129. 22047.
11. Ермоленко Е.П. Особенности воздействия хлоридов щелочных металлов на процессы клинкерообразования: автореф. дис. ... на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.17.11. Белгород, 2012. 19 с.
12. Ерыгина А.О., Мишин Д.А. Взаимодействие алюмоферрита кальция с Na_2CO_3 Na_2SO_4 . [Электронный ресурс] // Научные технологии и инновации. Международная науч.-практ. конф. Белгород, 2016. Ч. 1. С. 125 – 130.
13. Огурцова Ю.Н., Лытыпов В.М., Строкова В.В. Особенности структурообразования цементных систем в присутствии полисиликатов натрия // Вестник БГТУ им. Шухова. 2016. №3. С. 54 – 58.
14. Нестерова Л.Л. Разработка оперативного контроля содержания кварца в сырьевых компонентах // Вестник ЮГУ. 2008. Вып. 1 (8). С. 92 – 94.
15. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. М.: Высшая школа, 1973. 504 с.

References

1. Konovalov V.M., Klassen V.K., Pereskok S.A., Novosyolov A.G. Special features of fuel combustion in dry and wet process cement kilns. International Journal of Pharmacy & Technology. 2016. 8 (4). P. 22545 – 22554.
2. Konovalov V.M., Solomatova S.S., Glikin D.M. Thermal Chemical Activation of Cement Raw Compounds. International Journal of Applied Engineering Research. 2015. 10 (24). P. 45156 – 45162.
3. Smal' D.V. Intensifikatsiya obzhiga i povyshenie aktivnosti klinkera dvuhpotochnym pomolom shlama: avtoref. dis. ... na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.17.11. Belgorod, 2010. 17 p. (rus.)
4. Butt YU.M., Timashev V.V. Portlandcementnyj klinker. M.: Strojizdat, 1976. 304 p. (rus.)
5. Alekseev B.V. Tekhnologiya proizvodstva cementa. M.: Vysshaya shkola, 1980. (rus.)

6. Klassen V.K. Vliyanie kvarca na processy mineraloobrazovaniya v promyshlennosti stroitel'nyh materialov. Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova, 2005. 10. P. 96 – 99. (rus.)
7. Budnikov P.P., Ginstling A.M. Reakciya v smesyah tverdyh veshchestv. M.: Strojizdat, 1971. 488 p. (rus.)
8. Tret'yakov YU.D. Tverdogazovye reakcii. M.: Himiya, 1978. 360 p. (rus.)
9. Kravchenko I.V., Vlasov M.T., YUdovich B.EH. Vysokoprochnye i osobo bystrotverdeyushchie portlandcementy. M.: Izd-vo po stroitel'stvu, 1971. 231 p. (rus.)
10. Mishin D.A., Kobzeva N.S. Nejtralizatsiya otricatel'nogo dejstviya krupnyh zeren kvarca na obzhig klinkera gomogenizatsiej syr'evoy smesi [EHlektronnyj resurs]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. 2; URL: www/science – education. ru/129. 22047. (rus.)
11. Ermolenko E.P. Osobennosti vozdejstviya hloridov shchelochnyh metallov na processy klinkeroobrazovaniya: avtoref. dis. ... na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.17.11. Belgorod, 2012. 19 p. (rus.)
12. Erygina A.O., Mishin D.A. Vzaimodejstvie alyumoferrita kal'ciya s Na_2CO_3 Na_2SO_4 . [EHlektronnyj resurs]. Naukoemkie tekhnologii i innovacii. Mezhdunarodnaya nauch.-prakt. konf. Belgorod, 2016. 1. P. 125 – 130. (rus.)
13. Ogurcova YU.N., Lytypov V.M., Strokova V.V. Osobennosti strukturoobrazovaniya cementnyh sistem v prisutstvii polisilikatov natriya. Vestnik BGTU im. Shuhova. 2016. 3. P. 54 – 58. (rus.)
14. Nesterova L.L. Razrabotka operativnogo kontrolya soderzhaniya kvarca v syr'evykh komponentah. Vestnik YUGU. 2008. 1 (8). P. 92 – 94. (rus.)
15. Butt YU.M., Timashev V.V. Praktikum po himicheskoy tekhnologii vyazhushchih materialov. M.: Vysshaya shkola, 1973. 504 p. (rus.)

*Nikitina M.A., Master Student,
Erygina A.O., Postgraduate,*

*Timoshenko T.I. *, Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia*

*ОТВЕТСТВЕННЫЙ АВТОР E-mail: timoshenko_bstu@mail.ru

OPTIMIZATION OF RAW MIX COMPOSITION OF SEREBRYANSKY CEMENT PLANT

Abstract: now a top trend of technical development in the cement industry of Russia, is optimization of all technological repartitions of production. Obtaining the quality portlandtsement is multiple-factor process. It is influenced not only by the physical and chemical transformations of raw materials occurring during the firing of cement clinker, but also what will be the composition of the raw mixture and whether this mixture is prepared qualitatively. Work consists in a research and selection of an optimum compounding of raw mix, with the purpose to receive cement with high rates of quality. This direction will allow: first, to expand a source of raw materials, to process raw materials which go to dumps because in it is mute a large amount of quartz and impurity connections contains; secondly, to make small reconstruction of the line of preparation of raw mix. At the moment, the plant works on mixed mixtures of aluminosilicate raw materials, i.e. two types of aluminosilicate raw materials which are previously mixed in certain ratios therefore it affects on the accuracy of dispensing of components are used. Accuracy of dispensing of modern batchers, a component $\pm (1 \dots 2) \%$, is often insufficient. In this regard, the new option of optimum composition of mix is offered and investigated. This option of a "clean" mixing of components, will allow to improve process of mixing of initial raw materials, to operate process of drawing up proportions of mixes in a supply line of materials. And also it will allow to eliminate long-term deviations, guaranteeing the solution of problems at the earliest stage of their emergence. Receiving a qualitative ready-made product, reduction of costs for energy resources and cost efficiency of the proposed solution is result of this work.

Keywords: optimization of structure, input products, portlandtsement, phase structure, loam, coarse-crystalline quartz, clinker microstructure, three-calcic silicate, hydraulic activity

Для цитирования: Никитина М.А., Ерыгина А.О., Тимошенко Т.И. Оптимизация состава сырьевой смеси Серебрянского цементного завода // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №4. С. 13 – 20. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-4-13-20

For citation: Nikitina M.A., Erygina A.O., Timoshenko T.I. Optimization of raw mix composition of Serebryansky cement plant. Construction Materials and Products. 2018. 1 (4). P. 13 – 20. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-4-13-20

Поступила в редакцию 12 июня 2018 г.

Принята в доработанном виде 20 сентября 2018 г.

Одобрена для публикации 2 ноября 2018 г.

Received: June 12, 2018.

Revised: September 20, 2018.

Accepted: November 2, 2018.