

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕСТНЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ ЮЖНОГО РЕГИОНА  
КЫРГЫЗСТАНА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ  
ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА**

*А.М. Базиева, Ы.Т. Ташполотов, А.М. Камчиева*

---

Изложены результаты исследования и сравнительный анализ данных, полученных рентгеноспектральным и химическим методами химического состава сырья для производства цемента некоторых месторождений Южного региона Кыргызской Республики. Изучен дисперсный состав сырьевых материалов.

*Ключевые слова:* цемент; местные минеральные ресурсы; рентгеноспектральный анализ; химический анализ; мелкость помола.

Производство цемента является энерго- и материалоемким технологическим процессом. Особенно высокий расход топлива и материалов наблюдается при “мокром” способе, преимущественно

распространенном в России. В Кыргызстане используются, как “мокрый”, так и “сухой” способы.

Известно, что технологический КПД вращающихся печей составляет всего 25–27%, при

Состав сырьевой смеси для получения цемента

Состав сырьевой смеси, %				
Известняк (карбонат кальция), месторождение Ак- сай, Ошская обл.	Глина, месторождение Жинжиган, Баткенская обл.	Ж/руда, месторождение Хайдеркен, Баткенская обл.	Песок, месторождение Аксай, Ошская обл.	Всего
90,0	5,0	3,0	2,0	100,0

Таблица 2

Химический состав сырья для цемента

Химич. состав сырья	Сырье, %					Сырьевая смесь, %
	известняк	глина	ж/руда	песок	уголь	
CaO	46,26	12,12	8,15	6,87	7,37	45,32
SiO <sub>2</sub>	11,72	47,92	20,30	71,63	56,71	13,18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,31	10,04	4,60	4,04	17,51	3,70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,02	4,06	47,68	1,91	9,88	2,59
MgO	1,11	4,73	2,64	4,7	3,1	1,41
SO <sub>3</sub>	2,17	1,82	0,64	1,1	0,49	1,18
П.п.п.	34,41	15,79	6,35	8,96	0,3	32,13
Сумма	100,00	96,18	90,36	99,21	95,36	99,52

этом на одну тонну клинкера расходуется более пяти тонн таких необходимых материалов, как природное сырье, топливо, вода и воздух [1]. На выпуск одной тонны цемента затрачивается в среднем 200–220 кВт·час электроэнергии. В себестоимости клинкера энергозатраты доходят до 60–70 %, что обусловлено высокой температурой его обжига при 1450°С и влажностью шлама, достигающей 36–45% [2]. В связи с этим, особое значение приобретают пути решения проблем экономии энергоресурсов и сырьевых материалов. Вследствие этого актуальной задачей является разработка ресурсо- и энергосберегающей технологии производства цемента путем снижения расходов энергии и сырьевых ресурсов на стадиях помола сырья, приготовления сырьевого обжига и размола клинкера. Следовательно, актуальны и научные исследования, направленные на комплексное решение данной проблемы.

Целью данной работы является исследование основных производственных показателей сырья, сырьевой смеси и цемента для развития научно обоснованных принципов интенсификации процесса производства цемента, направленных на энерго- и ресурсосбережение, путем оптимизации технологических процессов и мак-

симального использования различных местных сырьевых ресурсов.

В соответствии с поставленной целью были исследованы:

- химический состав местных сырьевых материалов, применяемых для производства цемента, с целью разработки способов повышения качества цемента при одновременном энерго- и ресурсосбережении;
- влияние дисперсности (тонкости помола) сырьевых материалов и цемента на его качество.

В связи с тем, что скорость нарастания прочности твердеющего цементного камня зависит от минералогического состава цемента, его тонкости помола и водоцементного соотношения [3], исследовалось минеральное сырье, применяемое для получения цемента, сырьевая смесь, а также цемент, произведенный с использованием местного сырья некоторых месторождений Южного региона Кыргызстана.

Главные компоненты общего состава сырьевой смеси для получения цемента представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что главным составляющим компонентом цементного сырья на ЗАО ЮКЦ является карбонатная порода – известняк.

Таблица 3

## Результаты химического и рентгеноспектрального анализа

Состав сырьевых ресурсов	Известняк (содержание, %)		
	Методы анализа		среднее
	спектр.	химич.	
CaO	46,26	47,47	46,87
SiO <sub>2</sub>	11,72	8,48	10,10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,31	2,91	3,11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,02	1,10	1,06
MgO	1,11	1,31	1,21
SO <sub>3</sub>	2,17	2,10	2,14
П.п.п.	34,17	36,57	35,37
Сумма	99,76	99,94	99,85
Состав сырьевых ресурсов	Глина (содержание, %)		
	Методы анализа		среднее
	спектр.	химич.	
CaO	12,12	10,16	11,14
SiO <sub>2</sub>	47,92	47,24	47,58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,04	10,25	10,15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,06	3,70	3,88
MgO	4,73	3,31	4,02
SO <sub>3</sub>	1,19	1,81	1,50
П.п.п.	15,79	15,79	15,79
Сумма	95,85	92,26	94,06
Состав сырьевых ресурсов	Железная руда (содержание, %)		
	Методы анализа		среднее
	спектр.	химич.	
CaO	8,15	8,75	8,45
SiO <sub>2</sub>	20,30	18,18	19,24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,60	8,24	6,42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	47,68	45,15	46,42
MgO	2,64	4,88	3,76
SO <sub>3</sub>	0,64	0,62	0,63
П.п.п.	6,35	6,35	6,35
Сумма	90,36	92,17	91,27

При этом процентное содержание каждого компонента сырьевой смеси зависит от химического состава известняка, глины, железной руды и песка. В связи с этим необходимо определить химический состав каждого компонента сырьевой смеси.

При производстве цемента на ЗАО ЮКЦ в качестве технологического топлива используется уголь. Расход топливного угля на 1 кг клинкера составляет 0,155 кг, на 1 тонну соответственно 155 кг. При полной производственной

мощности ОАО «Южно-Кыргызский Цемент» в сутки расходует в среднем 387,5 тонн угля. Планировалось использовать местный уголь, который добывается на месторождениях Абшир и Бешбурхан. Однако исследования [4] показали, что угли этих месторождений не отвечают требованиям, предъявляемым к топливному углю. Поэтому в настоящее время ОАО ЮКЦ использует угли Алайского месторождения.

Данные рентгеноспектрального анализа, полученные нами при исследовании химического

состава сырья для производства цемента с помощью аппарата Venus 200 представлены в табл. 2.

Карбонатные породы считаются пригодными для производства цемента при следующем химическом составе: CaO – не менее 40–43,5%; MgO – не более 3,2–3,7% при содержании окиси магния в глинистом компоненте не более 1% или из расчета получения клинкера с содержанием MgO не более 5%. Количество SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в сочетании с содержанием их в глинистом компоненте должно обеспечивать получение необходимых значений коэффициента насыщения, кремнеземного и глиноземного модулей в сырьевой смеси и клинкере. Желательно, чтобы сумма Na<sub>2</sub>O и K<sub>2</sub>O не превышала 1%, а содержание SO<sub>3</sub> не было больше 1,5–1,7% [5].

С целью проведения сравнительного анализа полученных данных рентгеноспектрального анализа параллельно проводился химический (комплексный) анализ состава сырья. В табл. 3 приведены экспериментальные данные, полученные на основе двух методов.

По результатам исследования химического состава сырья можно сделать вывод, что местное сырье в целом отвечает требованиям СТО [6]. Из табл. 3 видно, что экспериментальные данные, полученные двумя независимыми методами, удовлетворительно совпадают и находятся в пределах погрешности эксперимента.

Таблица 4

Влияние тонкости помола на основные показатели

Состав		Дисперсность, мкм	
		8,04	8,24
Содержание, %	SO <sub>3</sub>	1,7	2,8
	CaO	55,2	52,5
	SiO <sub>2</sub>	20,55	26,62
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,83	5,9
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,03	5,23
	MgO	2,90	4,68
	П.п.п.	1,32	1,55
	<b>Всего</b>	<b>92,51</b>	<b>99,24</b>
	КН	0,74	0,52
	N	1,89	2,39
	P	1,16	1,12
	CaO, своб.	0,58	1,23
	<b>Прочность, Мпа</b>	<b>465</b>	<b>422</b>
	Интервал времени схватывания, час.	2,40–3,20	2,10–2,45

Нами были проведено исследование влияния тонкости помола сырьевой смеси, угля и цемента на основные его показатели. В табл. 4 приведены полученные экспериментальные данные.

Из полученных данных видно заметное влияние дисперсности на прочность цемента. При незначительном увеличении дисперсности цемента повышается не только прочность цементного камня, но и одновременно улучшаются другие его свойства. По ГОСТ 6613 тонкость помола цемента должна быть такой, чтобы при просеивании пробы цемента сквозь сито с сеткой № 008 прошло не менее 85% массы просеиваемой пробы.

При получении тонкомолотых вяжущих и сухих смесей интерес представляет степень измельчения клинкерной части цемента, с которой связана гидратационная активность вяжущих. Чем больше микрочастиц в составе ТМВ, тем больше их активность. По мнению Ю.М. Бутта [7], при твердении портландцемента его частицы, в зависимости от фракций, гидратируются следующим образом:

- фракции менее 5 мкм гидратируются в течение 12...18 дней;
- 20...40 мкм – в твердеющей среде играют роль для образования геля;
- 40...60 мкм – частично служат для отсасывания воды из геля;
- 60...100 мкм и более – гидратируются мало и, как правило, служат наполнителем в структуре цементного камня.

По мнению авторов [8], в портландцементе наиболее активными частицами являются фракции размером 0...30 мкм. Установлено, что при тонкости помола 3...25 мкм активность цемента через 28 суток твердения составляет 100%, а при тонкости 25...50 мкм – 80%. При удельной поверхности 380...200 м<sup>2</sup>/кг для нормального твердения необходимо следующее примерное соотношение зерен по размерам:

менее 5 мкм	20%;
5...20 мкм	45...40 %;
20...40 мкм	25...20 %;
крупнее 40 мкм	15...20 %.

Исследования дисперсности цемента, сырьевой смеси и угля (Алайское месторождение), применяемых для производства цемента на Южно-Кыргызском цементном заводе, проводились с использованием ситового метода с набором сит № 020, № 008, № 0056 на электронных аналитических весах с точностью измерения до 0,0001 г.

По данным [3] тонкость помола технологического топлива должна соответствовать остатку на сите № 008 не более 8–12 %. По нашим дан-

ным уголь при массе пробы  $m = 10,0004$  г имеет остаток: на сите № 020  $m = 0,004$  г, на сите № 008  $m = 0,2845$  г, на сите № 0056  $m = 0,2278$  г. Таким образом, фракции крупнее 0,08 мм составляют 2,89 %, что соответствует ГОСТу [3]. Исследование на сите № 0056 проводилось для изучения влияния фракции угля меньше 0,056 мм на показатели цемента.

Требования к гранулометрическому составу глинистых пород: количество фракции крупнее 0,2 мм не должно превышать 10%, фракции крупнее 0,08 мм – не более 20 % (включая фракцию крупнее 0,2 мм) [3]. Нами были получены следующие данные: при массе пробы  $m = 25,0009$  г, остаток на сите № 020  $m = 0,0887$  г, остаток на сите № 008  $m = 1,6408$  г, остаток на сите 0056  $m = 0,7394$  г. Таким образом, фракции крупнее 0,08 мм составляют 6,9%, что также соответствует ГОСТу [3].

Для исследования дисперсного состава цемента была взята проба массой  $m = 25,0079$  г. Остаток на сите № 020 составил  $m = 0,1398$  г, остаток на сите № 008  $m = 2,3876$  г, остаток на сите № 0056  $m = 0,6781$  г. Таким образом, фракции крупнее 0,08 мм составляют 10,1%, по ГОСТу – не более 12 %.

В результате проделанной работы были сделаны следующие выводы:

1. Известняк, глина, железная руда, песок месторождений Южного Кыргызстана по основным показателям подходят для производства цемента “сухим” способом.

2. Дисперсность цементного сырья соответствует ГОСТ.

3. Добиться снижения энерго- и ресурсозатрат при производстве цемента на ЗАО ЮКЦ возможно путем использования в качестве тех-

нологического топлива уголь Кызылкийского месторождения.

4. Необходимо разработать технологию переработки бурого угля Кызылкийского месторождения с целью применения его в качестве топлива при производстве цемента.

#### Литература

1. Борисов И.Н. Энерго- и ресурсосбережение при обжиге цементного клинкера на основе комплексной интенсификации технологических процессов: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Белгород, 2008. 44 с.
2. Атакузиев Э.Т. Снижение энергозатрат при производстве нового типа цемента с использованием угольной золы // Горный вестник Узбекистана. 2008. № 3 [Электронный ресурс] URL: [http://konchilik.ru/text/3\\_2008\\_19-22](http://konchilik.ru/text/3_2008_19-22)) (дата обращения 11.06.11)
3. Кравченко И.В. Краткий справочник технолога цементного завода. М.: Стройиздат, 1974. 303 с.
4. Базиева А.М. Пиролиз углей Южного региона Кыргызской Республики для использования в качестве топлива при производстве цемента // Наука и новые технологии. 2011. № 1. С. 17–20.
5. RuCEM.RU [Электронный ресурс] URL: <http://www.rucem.ru/cmateral/material1.html> (дата обращения 21.06.11)
6. СТО 23884792-01-2008.п.3.2.1.
7. Бутт Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов. М.: Высшая школа, 1980. 472 с.
8. Сейтжанов С.С., Естемесов З.А. Химия поверхности твердого тела / Новое в химии и технологии силикатных и строительных материалов. Алматы: ЦелСИМ, 2001. Вып. 1. № 1. С. 22–39.