

## **ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ Р-3 НА РАЗМОЛОСПОСОБНОСТЬ И СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА**

**Корниенко Дарья Владимировна**, БГТУ им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46, БГТУ им. В.Г. Шухова) e-mail: [kornienko\\_daria91@mail.ru](mailto:kornienko_daria91@mail.ru)

**Штрипов Иван Константинович**, БГТУ им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46, БГТУ им. В.Г. Шухова) e-mail: [Shelokova-Larisa@mail.ru](mailto:Shelokova-Larisa@mail.ru)

**Ряполов Александр Сергеевич**, БГТУ им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46, БГТУ им. В.Г. Шухова) e-mail: [ryapolov.aleksandr@pismorf.com](mailto:ryapolov.aleksandr@pismorf.com)

Помол цементного клинкера является довольно затратной стадией производства. В настоящее время ученые всего мира пытаются найти оптимальные условия, при которых бы достигалась наилучшая тонкость помола и затрачивалось наименьшее количество энергии. Помол необходим для превращения промежуточных материалов в цемент с конкретной тониной и свойствами. Эффективность помола снижается с увеличением тонины из-за агломерации самых мелких частиц. Интенсификаторы помола широко используются в промышленности для предотвращения агломерации цементных частиц в процессе помола. Это снижает время удержания материала в мельнице и повышают коэффициент полезного действия сепарации. Добавки повышают механическую прочность и сужают разброс по гранулометрическому составу цементных частиц, диаметр которых тоже уменьшается. Установлено оптимальное количество добавки и ее положительное влияние на прочность цементного камня.

**Ключевые слова:** портландцементный клинкер, интенсификатор помола, добавка, нормальная плотность, прочностные показатели.

Cement clinker is quite expensive stage production. Currently, scientists around the world are trying to find the optimum conditions under which to achieve the best fineness and was spent the least amount of energy. Milling is needed to convert the intermediate material to cement fineness and with particular properties. Grinding efficiency decreases with increasing fineness due to agglomeration of the smallest particles. Grinding aids are widely used in the industry to prevent the agglomeration of cement particles during grinding. This reduces the retention time of the material in the mill and increase the efficiency of the separation. Additives improve the mechanical strength and narrow variation in particle size distribution of cement, whose diameter is also reduced. The optimal amount of additive and its positive impact on the strength of the cement stone.

**Keywords:** Portland cement clinker, grinding aids, the addition of normal thickness, strength characteristics.

**Введение.** Основная цель процесса помола - превращение промежуточных материалов (клинкера, гипса и т.д.) в окончательный продукт (цемент) с конкретной тониной и свойствами. Количество энергии, необходимое для получения нужной тонины, только частично используется для создания новой поверхности: как фактически доказано, 95% всей энергии бесполезно расходуется на тепло. Эффективность помола резко снижается с увеличением тонины главным образом из-за агломерации самых мелких частиц, которые сразу выносятся наружу. Большие расходы на технологический процесс (как прямые, так и на охрану окружающей среды) заставили цементные заводы искать решения по исправлению этого положения, такие как применение интенсификаторов помола.

Интенсификаторы помола широко используются уже более 50 лет. Также хорошо известно, что конечной целью их использования является предотвращение агломерации цементных частиц в процессе помола. Как следствие, они снижают время удержания материала в мельнице и повышают к.п.д. сепарации, что уменьшает расход энергии и обеспечивает постоянство качественных и количественных показателей выпускаемого цемента.

Цементные добавки повышают механическую прочность и сужают разброс по гранулометрическому составу цементных частиц, диаметр которых тоже уменьшается.

В данной работе рассмотрено влияние добавки «Р-3» на размолоспособность клинкера ОАО «Белгородский цемент».

Эта добавка разработана на основе поликарбоновых кислот. При введении «Р-3» увеличивается удельная поверхность частиц, оказывает положительное влияние на интенсивность процессов гидратации, а на поверхности частиц образуются мономолекулярные адсорбционные оболочки, снижающих внутреннее трение в бетонной смеси.

**Методология.** Определение удельной поверхности цемента методом воздухопроницаемости ведут по ГОСТ 310-60. Этот метод определения удельной поверхности цементов основан на измерении сопротивления, оказываемого воздуха, просасываемого через слой цемента установленной толщины и площади поперечного сечения, уплотненного до определенного содержания пустот в единице объема.

Определение предела прочности при сжатии в малых образцах Предел прочности при сжатии каждого образца определяется как частное от деления величины разрушающего груза (кгс) на площадь грани образца (см<sup>2</sup>). Величина разрушающего груза определяется умножением показания манометра по шкале на цену деления соответствующего интервала шкале по формуле(1), [5].

$$P = \frac{PmЦm}{S}, \text{ кгс/см}^2 \quad (1)$$

где  $P$  - предел прочности на сжатие образцы, кгс/см<sup>2</sup>,  $P_m$  - показатель манометра,  $C_m$  – цена деления манометра (указанная на прессе),  $S$  – площадь образца, см<sup>2</sup>.

Определение нормальной плотности и сроков схватывания цементного теста. Подготовку пробы цемента для испытания выполняют по ГОСТ 310.1-76. Для испытания применяют прибора Вика.

**Основная часть.** В работе использовался клинкер ЗАО «Белгородский цемент» и интенсификатор помола добавка Р-3. Химический состав данного клинкера представлен в табл.1

Таблица 1

**Химический состав клинкера, %**

Таблица 2

**Модульные характеристики клинкера**

Клинкер	КН = 0,926	n = 2,24	p = 1,23
---------	------------	----------	----------

Таблица 3

**Минералогический состав клинкера, %**

C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	Сумма
63,8	13,8	6,8	13,1	100

Вес клинкера вместе с литровым сосудом- 1850г.

Вес 1 литра клинкера (масса сосуда 200 г)- 1650 г.

Компонент	Содержание, %									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	R <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>
Клинкер	21,6	5,31	4,31	66,5	0,52	0,20	0,73	0,33	0,81	0,40

Перед испытаниями был сделан рассев клинкера, чтобы посмотреть, в какой большей степени представлен фракционный состав клинкера (табл. 4).

Таблица 4

**Фракционный состав клинкера**

Клинкер ЗАО «Белгородский цемент»	№ сита	Вес, г	Вес, %
		20	100
	10	380	23
	5	700	42,4
	3	380	23
	2	90	5,5

Итого	-	1650	100
-------	---	------	-----

После того как провели рассев клинкера видно, что преобладает фракция размером менее 10 мм и более 5 мм.

Исследуемый клинкер предварительно раздробили в металлической ступке до прохождения через сито № 063. Далее произвели помол навесок до удельной поверхности  $350 \pm 10$  м<sup>2</sup>/кг в лабораторной металлической шаровой мельнице (V=1 л.). Полученные данные приведены в таб. 5 и на график помола (рис 1).

Таблица 5

**Зависимость удельной поверхности от времени помола**

Кол-во добавки, %	Время, мин									
	15	20	25	30	35	40	45	50	55	58
б/д	157	195	225	240	262	292	310	322	337	352
0,03	190	220	242	264	290	320	330	343		
0,05	193	220	256	274	295	310	330	355		
0,1	200	230	262	283	310	336	340			
0,2	207	233	261	287	320	332	360			
0,3	205	250	280	312	330	347				

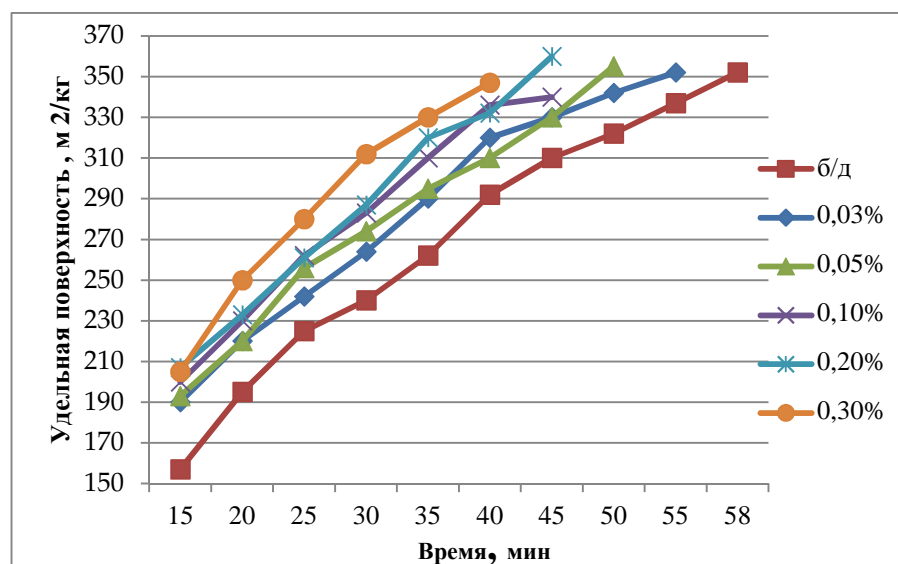


Рис. 1 Влияние добавки на размолоспособность клинкера

Наилучший результат был получен с добавкой Р-3 в количестве 0,2%: удельная поверхность уже на 15 минуте имеет значение 205 м<sup>2</sup>/кг, кривая на протяжении всего помола прак-

тически имеет линейный характер, время помола сокращается на 18 минут по сравнению с клинкером без добавки Р-3.

Как видно из полученных данных, по мере увеличения количества добавки Р-3 удельная поверхность клинкера возрастает по сравнению с клинкером без добавки, и следовательно время помола сокращается от 8 до 18 минут. Это свидетельствует о том, что Р-3 оказывает интенсифицирующее действие на клинкер.

Для определения нормальной густоты и сроков схватывания к клинкеру размолотому в присутствии добавки Р-3 добавляли 4% гипса и гомогенизировали в течении 30 минут. Испытания проводили в малых образцах. Результаты проведенных испытаний представлены в табл. 6 и на рис. 2, рис. 3.

Таблица 6

**Значения нормальной густоты и сроков схватывания цементного теста**

Образцы	НГ		Сроки схватывания, ч-мин	
	мл	%	Начало	Конец
б/д	6,0	30	0-46	2-10
0,03%	5,8	29	0-47	2-15
0,05%	5,8	29	0-47	2-16
0,1%	5,6	28	0-55	2-25
0,2%	5,2	26	0-57	2-36
0,3%	5,0	25	1-05	2-57

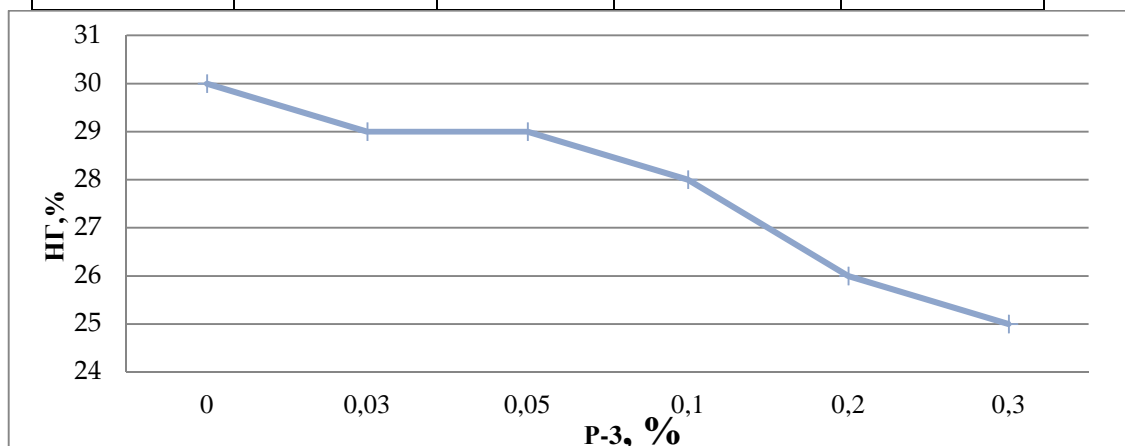
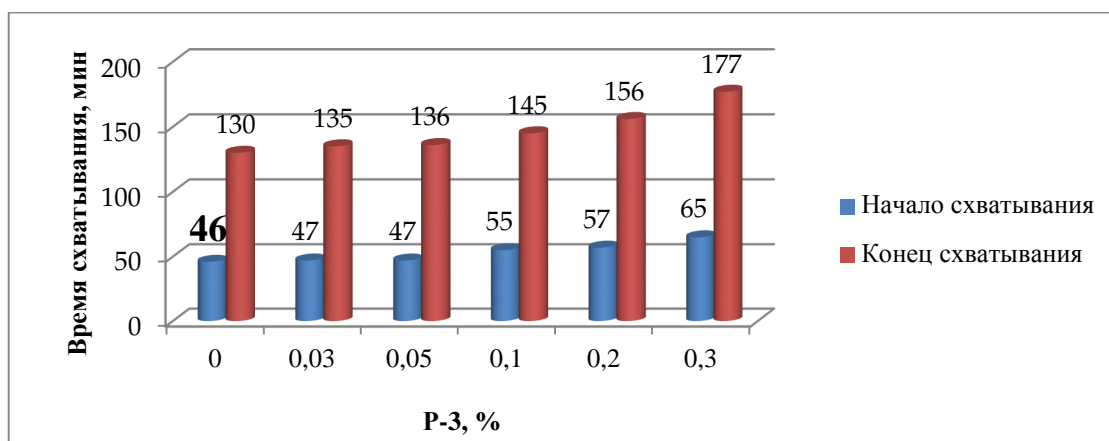


Рис. 2. Зависимость нормальной густоты цемента от количества введенной добавки Р-3

По графику видно что, с увеличением количества добавки Р-3 снижается нормальная густота. Снижение нормальной густоты цементного теста с добавкой Р-3 объясняется тем, что Р-3 на поверхности цементного зерна создает мономолекулярную пленку, которая снижает взаимодействие частицы с водой и повышает ее подвижность.

Рисунок 3

### Сроки схватывания клинкера с добавкой Р-3



По результатам видно, что у клинкера без добавки начало схватывания наступает не ранее 46 минут, а конец схватывания наблюдается не позднее 2 часов 10 минут.

У клинкера с добавкой Р-3 в количестве 0,03% начало схватывания удлиняется на 1 минуту, а конец на 5 минут. Данному клинкеру с добавкой Р-3 в количестве 0,05% начало схватывания удлиняется на 1 минуту, а конец схватывания на 6 минут. У клинкера с добавкой Р-3 в количестве 0,1% время начала схватывания удлиняется на 9 минут, а конец на 15 минут. Клинкер с добавкой Р-3 в количестве 0,2% также схватывается медленнее: начало схватывания удлиняется на 11 минут, конец- на 26 минут. У клинкера с добавкой Р-3 в количестве 0,3% начало схватывания наступает на 19 минуте позднее, чем у клинкера без добавки, а конец на 47 минут.

Следовательно, с увеличением количества добавки Р-3 увеличивается как начало, так и конец схватывания. Это связано с тем, что образуется адсорбционный слой, который тормозит протекание процессов гидратации.

Для определения прочностных характеристик были изготовлены образцы кубики 1,41×1,41×1,41 см из цементного теста (без песка), с определенным водоцементным отношением и испытаны в 2; 7; 28 суточном возрасте. Результаты приведены в табл. 7 и на рис. 4.

Таблица 7

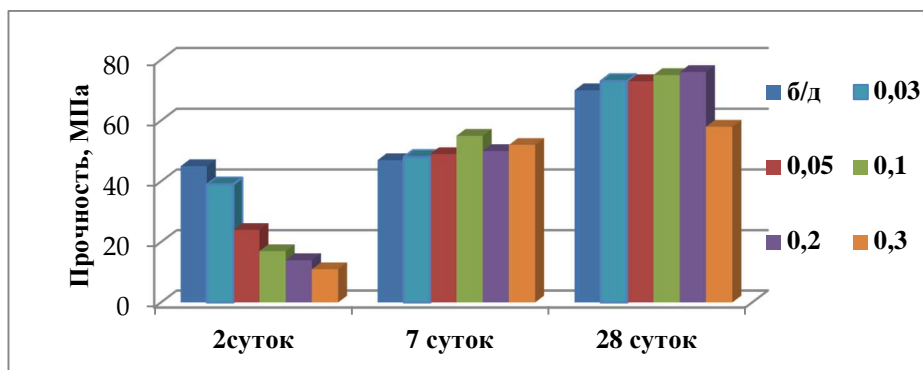
#### Гидратационная активность клинкера

Количество добавки, %	Прочностные показатели, Мпа		
	2 суток	7 суток	28 суток
0	45	47	70
0,03	39	48	73
0,05	24	49	73
0,1	17	55	75
0,2	14	50	76
0,3	11	52	58

Гистограмма прочности на сжатие малых образцов представлена на рисунке.

Рисунок 4

### Прочностные показатели образцов



Из приведенных данных следует, что добавка Р-3 в количестве 0,03÷0,3% замедляет рост прочности клинкера в 2-х суточном возрасте и незначительно увеличивает в 7-ми суточном возрасте. На несколько МПа увеличивает в 28-ми суточном возрасте, кроме добавки 0,3%. Замедление роста прочности можно объяснить тем, что Р-3 адсорбируется на поверхности клинкерных минералов с образованием мономолекулярной пленки, что и затрудняет развитие образования гидратов. Таким образом, оптимальное значение добавки составляет 0,2%, так как время помола сокращается на 18 минут, и по прочностным показателям в 7-ми и 28-ми суточном возрасте рост прочности выше, чем у контрольного образца.

**Выводы.** На основании полученных результатов можно ожидать повышения активности клинкера в производственных условиях и получения качественного цемента с высокими прочностными показателями. Таким образом, использование интенсификатора помола Р-3 в производстве клинкера позволяет решить вопрос энергосбережения и вопрос качества.

### Библиографический список

1. Классен В.К., Технология и оптимизация производства цемента: краткий курс лекций: уч. пособие / В.К. Классен.- Белгород: Изд. БГТУ, 2012. - 308 с.
2. Шахова, Л.Д., Маркова С.В, Мишин Д.А., Россия, УДК 666.9.052:678.// Цемент и его применение, июль – август 2011.
3. Tanaka Y., Ohta A., Hirata Tsuyoshi M., Uno T., Yuasa T., Tahara H., Cement composition using the dispersant of (meth)acrylic esters, (meth)acrylic acids polymers: Pat.61878410 USA publ. 13.02.2001.

