

**А.С. Карманова, А.М. Черепанов**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Пермь, Россия

### **Сравнение методов оценки активности цементных вяжущих**

Представлены результаты исследований различных методов оценки активности цементных вяжущих. Проведены испытания образцов по методикам, указанным в стандартах на продукт. Испытаны образцы в различном возрасте и с различным зерновым составом.

**Ключевые слова:** цементно-песчаная смесь, цементные бетоны, монофракционный, полифракционный, прогнозирование активности, оптимальный, метод.

**Karmanova A.S., Cherepanov A.M.**

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

### **Comparison of various methods of estimating the activity of the cement binders**

The article presents the results of studies of various methods for assessing the activity of the cement binders. The samples were tested according to the methods specified in the standards for the product. Samples tested at different ages and with different grain composition.

**Keywords:** cement-sand mixture, cement concrete, monofractional, polyfractional, forecasting activity, optimal, method.

## **I. ВВЕДЕНИЕ**

В современном строительстве невозможно обойтись без цементных бетонов, которые широко применяются в конструктивных и несущих элементах зданий и сооружений. Преимущества бетонов перед другими материалами следующие: высокая прочность, долговечность и износостойкость. Также стоит отметить, что бетон – доступный и относительно дешевый строительный материал. Однако важные характеристики материалов определяются в основном качеством минеральных вяжущих, обеспечивающих устойчивость конструкций во время эксплуатации, в частности – цемента.

В наше время прослеживается тенденция ухудшения качества цементного вяжущего. Производители часто сталкиваются со значительными колебаниями прочностных характеристик цемента, особенно в ранние сроки твердения. Главный недостаток – отсутствие стабильных показателей прочности получаемой из него продукции. Это, зачастую, приводит к его перерасходу и, следовательно, повышению затрат на строительство. В противном случае, при сохранении нормативных расходов цемента в бетоне, качество последнего заметно снижается. Некоторые эксперты научно-исследовательского и проектно-конструкторского института бетона и железобетона связывают снижение качества цемента с введением «нового» стандарта на общестроительные цементы ГОСТ 31108-2003, в котором предусмотрено деление цемента на классы по прочности. Например, для наиболее распространенного цемента ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н допускается диапазон изменения прочности в возрасте 28 суток от 32,5 до 52,5 МПа. При этом, некоторые производители справочно маркируют такой цемент по ГОСТ 10178 как ПЦ 400-Д20, в соответствии с которым предел прочности на сжатие должен быть не менее 39,8 МПа [1,2]. Кроме того, имеются различия и в

методиках изготовления и подготовки образцов к испытанию. По ГОСТ 31108-2003 для приготовления цементного раствора используют полифракционный песок, в отличие от ГОСТ 10178-85, в котором предусматривается использование монофракционного песка. Также различие состоит в водоцементном отношении и пропорциях между компонентами цементного раствора.

Ситуация осложняется тем, что в современных условиях большая часть заводов работает «с колес», либо с небольшим запасом цемента в силосах (на 3-5 дней). В таких условиях определение активности цемента стандартными методами с выдерживанием образцов в течение 28 суток является крайне не эффективным. Современные методы ускоренного измерения активности цемента позволяют спрогнозировать расход вяжущего и получить понятие об его эффективности и применении в конструкциях зданий и сооружений в течение одних суток. Однако их использование требует определенных навыков, а также, в ряде случаев, построения градуировочных зависимостей.

Становится очевидным, что сравнение эффективности и достоверности результатов определения активности цемента различными способами на сегодняшний день является актуальным.

## II. МЕТОДИКА И МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эксперимент проводился на портландцементе ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н ГОСТ 31108-2003 производства «Невьянский цементник». Испытание цемента проводилось по различным методикам: на соответствие требованиям ГОСТ 10178 (с применением монофракционного песка) и ГОСТ 31108 (с применением полифракционного песка), а также по ускоренной методике в соответствии с МИ 2487-98. Данная методика предусматривает определение контракции при измерении уровня столба воды в стеклянном капилляре, расположенном над цементным тестом, помещенным в герметизируемый сосуд. Уровень измеряют при постоянной температуре в диапазоне (20 - 25) °С в течение 3 часов. Проверку удобоукладываемости теста ведут следующим образом: начальное водосодержание принимают равным 0,28; если при наклоне лопатки 45 градусов тесто не сползает, то добавляют 5-10 мл воды. После чего тесто снова перемешивают и вновь проверяют сползание с лопатки под наклоном.

Твердение образцов-балочек осуществлялось в различных условиях: нормальных в течение 3, 7, 14 и 28 суток, а также при тепло-влажностной обработке по стандартному режиму [3]. У полученных образцов определяли следующие характеристики: среднюю плотность, предел прочности при сжатии (рис. 1а) и на растяжение при изгибе (рис. 1б).

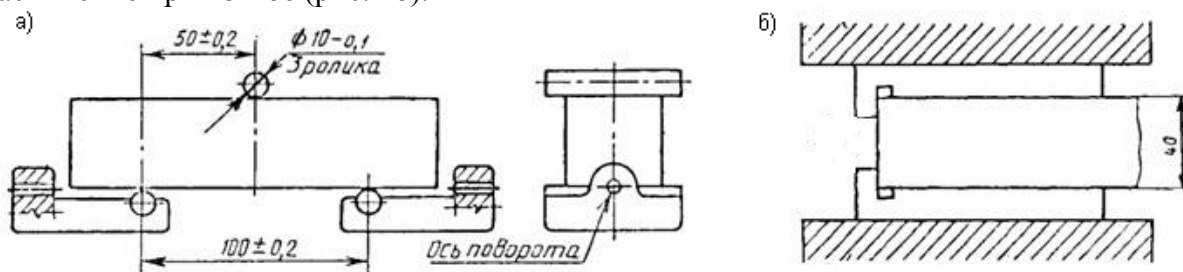


Рис.1. Схема расположения образца на опорных элементах:  
а) при испытании на изгиб; б) при испытании на сжатие

## III. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для начала были отформованы образцы-балочки, согласно стандартам на испытания. Для изготовления образцов были использованы портландцемент ЦЕМ II/A-III 32,5Н ГОСТ 31108-2003 производства «Невьянский цементник», а также две разновидности песка – монофракционный по ГОСТ 6139-2003, полифракционный по ГОСТ 30744-2001. По одной форме с разными видами песка были помещены в пропарочную камеру для проведения тепло-влажностной обработки. Остальные формы набирали распалубочную прочность на воздухе. Через 24 часа после формовки, образцы были распалублены и помещены в водную среду для дальнейшего набора прочности. Образцы были промаркированы для испытаний в разные сроки твердения – 3, 7, 14, 28 суток соответственно.

После наступления срока образцы испытывались на прочность на изгиб и на сжатие по ГОСТ 310.4-81 [3].

Для определения активности цемента по изменению контракции было подготовлено цементное тесто с начальным водосодержанием 280 г на 1000 г цемента. В последующем, водосодержание цементного теста было увеличено до 300 г. Затем цементное тесто погружается в стакан контракциометра, вибрируется для удаления воздуха. После этого, спустя три часа, у полученного цементного теста определяют контракцию.

Для каждого установленного срока испытаний изготавливают по три образца. Предел прочности при изгибе вычисляют как среднее арифметическое значение двух наибольших результатов испытания трех образцов. Полученные после испытания на изгиб шесть половинок балочек сразу же подвергают испытанию на сжатие. Предел прочности при сжатии отдельного образца вычисляют как частное от деления величины разрушающей нагрузки (в кгс) на рабочую площадь пластинки (в см<sup>2</sup>) т. е. на 25 см<sup>2</sup>. Предел прочности при сжатии вычисляют как среднее арифметическое значение четырех наибольших результатов испытания 6 образцов [3].

В табл. 1 представлены результаты определения физико-механических характеристик образцов-балочек, сформованных с использованием монофракционного песка по ГОСТ 6139-2003 и с полифракционного песка по ГОСТ 31108-2003.

Таблица 1

Результаты определения характеристик по ГОСТ 310.4 и ГОСТ 30744

№ п/п	Показатель	ГОСТ 310.4			ГОСТ 30744		
		ТВО	3	7	ТВО	3	7
1	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	2254	2213	2263	2253	2318	2312
2	R <sub>сж</sub> , МПа	19,7	10,8	14,8	16,1	12,2	14,7
3	R <sub>изг</sub> , кгс/см <sup>2</sup>	47	48	68	51	39	48

Известно, что, согласно ГОСТ 13015-2003 набор прочности цементных композитов имеет логарифмическую зависимость, в соответствии с которой в возрасте 3 суток наблюдается набор 33% прочности, а в возрасте 7 суток прочность возрастает до 58% от проектной [5].

Анализируя полученные данные можно отметить, что прирост прочности образцов, твердевших в течение 7 суток, по отношению к трехсуточному возрасту, составляет 27 %, что хорошо коррелируется с теоретическими данными.

Результаты измерения контракции и прогнозирования активности представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты проведения исследования с применением контракциометра по МИ 2487-98

№	Показатель	Единица измерения	Значение
---	------------	-------------------	----------

п.п			
1	H/Г	%	25
2	C <sub>0</sub>	г	803
3	B	см <sup>3</sup> /см	1,2
4	h <sub>(нач)</sub>	см	2,0
5	h <sub>(кон)</sub>	см	4,4
6	$\Delta V$	см <sup>3</sup>	2,8
7	R <sup>сж</sup> <sub>7сут</sub>	МПа	26,9
8	R <sup>сж</sup> <sub>28сут</sub>	МПа	38,3

Полученные с помощью метода оценки изменения контракции цемента данные позволяют спрогнозировать прочность цемента в возрасте 7 и 28 суток, равную 26,9 и 38,3 МПа соответственно. Эти значения превышают прогнозируемую активность цемента, полученную как прямыми испытаниями (14,7-14,8 МПа), так и с использованием логарифмической зависимости (25,2 МПа).

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по результатам сравнения различных методик определения активности цемента установлено, что при использовании монофракционного песка набор прочности идет согласно ГОСТ 13015-2003: в трехсуточном возрасте образцы набрали 33,2 % марочной прочности, в семисуточном – 45,5 %.

При использовании полифракционного песка: в трехсуточном возрасте образцы набрали 37,5 % от марочной прочности, в семисуточном – 45,2 %.

Использование ускоренного метода определения активности цемента по изменению его контракции, как и другие методы ускоренного определения прочности цемента, требует построения градуировочной зависимости, так как прогнозируемая прочность цементного вяжущего на сжатие не коррелирует с фактически полученными данными. Данный метод может рекомендоваться для использования на заводах по производству железобетонных конструкций только при проведении предварительных корреляционных опытов.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1985. – 8 с.
2. ГОСТ 31108-2003 Цементы общестроительные. Технические условия. – М.: Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве, 2003. – 21 с.
3. ГОСТ 310.4-81 Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 11 с.
4. ГОСТ 30744-2001 Цементы. Методы испытаний. – М.: Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве, 2001. – 15 с.
5. ГОСТ 13015-2003 Изделия железобетонные и бетонные для строительства. – М.: Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве, 2003. – 27 с.

6. МИ 2487-98 Рекомендация. ГСИ. Материалы цементные. Методика ускоренного определения и прогнозирования активности цемента по его контракции. – М.: Государственный научный метрологический центр ГП ВНИИФТ РИ, 1998. – 7 с.
7. ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам». – М.: Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве, 2012. – 19 с.
8. Информационный портал ПроектСтрой [Электронный ресурс]: ProectStroy. Москва, 2009. Режим доступа: [www.proektstroy.ru/publications/view/14759](http://www.proektstroy.ru/publications/view/14759) (дата обращения 29.02.2016 г.)
9. Информационный портал Весь бетон [электронный ресурс]: AllBeton. Москва, 2005. Режим доступа: [www.allbeton.ru/forum/topic16818.html](http://www.allbeton.ru/forum/topic16818.html) (дата обращения 27.02.2016 г.)

## REFERENCES

1. GOST 10178-85 Portlandcement i shlakoportlandcement. Tehnicheskie uslovija. [Portland cement and portland blastfurnace slag cement. Specifications]– М.: ИПК Izdatel'stvo standartov, 1985. – 8 s.
2. GOST 31108-2003 Cementy obshhestroitel'nye. Tehnicheskie uslovija. [General structural. Portland clinker cements. Specifications] – М.: Mezghosudarstvennaja nauchno-tehnicheskaja komissija po standartizacii, tehnicheskomu normirovaniju i sertifikacii v stroitel'stve, 2003. – 21 s.
3. GOST 310.4-81 Cementy. Metody opredelenija predela prochnosti pri izgibe i szhatii. [Cements. Methods of bending and compression strength determination] – М.: ИПК Izdatel'stvo standartov, 2003. – 11 s.
4. GOST 30744-2001 Cementy. Metody ispytaniy. [Cements. Methods of testing with using polyfraction standard sand] – М.: Mezghosudarstvennaja nauchno-tehnicheskaja komissija po standartizacii, tehnicheskomu normirovaniju i sertifikacii v stroitel'stve, 2001. – 15 s.
5. GOST 13015-2003 Izdelija zhelezobetonnye i betonnye dlja stroitel'stva. [Concrete and reinforced concrete products for construction. General technical requirements. Rules for acceptance, marking, transportation and storage] – М.: Mezghosudarstvennaja nauchno-tehnicheskaja komissija po standartizacii, tehnicheskomu normirovaniju i sertifikacii v stroitel'stve, 2003. – 27 s.
6. МИ 2487-98 Rekomendacija. GSI. Materialy cementnye. Metodika uskorenno opredelenija i prognozirovaniya aktivnosti cementa po ego kontrakcii. [Cemet materials]– М.: Gosudarstvennyj nauchnyj metrologicheskij centr GP VNIIFT RI, 1998. – 7 s.
7. ГОСТ 10180-2012 «Betony. Metody opredelenija prochnosti po kontrol'nyh obrazcam». [Concretes. Methods for strength determination using reference specimens] – М.: Mezghosudarstvennaja nauchno-tehnicheskaja komissija po standartizacii, tehnicheskomu normirovaniju i sertifikacii v stroitel'stve, 2012. – 19 s.
8. Informacionnyj portal ProektStroj [Elektronnyj resurs]: ProectStroy. Moskva, 2009. Rezhim dostupa: [www.proektstroy.ru/publications/view/14759](http://www.proektstroy.ru/publications/view/14759) (data obrashhenija 29.02.2016 g.)
9. Informacionnyj portal Ves' beton [Elektronnyj resurs]: AllBeton. Moskva, 2005. Rezhim dostupa: [www.allbeton.ru/forum/topic16818.html](http://www.allbeton.ru/forum/topic16818.html) (data obrashhenija 27.02.2016 g.)

### **Об авторах**

**Карманова, Арина Сергеевна** (Пермь, Россия) – студент ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (614010, г. Пермь, ул. Куйбышева, 109, e-mail: [arina.karmanova@mail.ru](mailto:arina.karmanova@mail.ru))

**Черепанов, Алексей Юрьевич** (Пермь, Россия) – студент ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (614010, г. Пермь, ул. Куйбышева, 109, e-mail: [alexche148@rambler.ru](mailto:alexche148@rambler.ru))

### **About the authors**

**Arina S. Karmanova** (Perm, Russian Federation) – Student of Perm National Research Polytechnic University (614010, Perm, 109, street Kuybyshev, Perm, Russian Federation, e-mail: [arina.karmanova@mail.ru](mailto:arina.karmanova@mail.ru))

**Aleksei Iu. Cherepanov** (Perm, Russian Federation) – Student of Perm National Research Polytechnic University (614010, Perm, 109, street Kuybyshev, Perm, Russian Federation, e-mail: [alexche148@rambler.ru](mailto:alexche148@rambler.ru))