

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-5>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/129TVN515.pdf>

DOI: 10.15862/129TVN515 (<http://dx.doi.org/10.15862/129TVN515>)

УДК 691.335/691.542

Несветаев Григорий Васильевич

ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет»

Россия, г. Ростов-на-Дону¹

Заведующий кафедрой «Технология строительного производства»

Доктор технических наук

Профессор

E-mail: nesgrin@yandex.ru

Корянова Юлия Игоревна

ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет»

Россия, г. Ростов-на-Дону

Ассистент кафедры «Технология строительного производства»

Кандидат технических наук

E-mail: uzy666@mail.ru

Влияние условий твердения бетона с двухстадийным расширением на деформативно-прочностные показатели

¹ 344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

Аннотация. К числу факторов, влияющих на кинетику твердения, относятся не только рецептурные (состав и дозировка добавки, минералогический состав портландцементного клинкера, состав бетона, наличие химических добавок), но и технологические (тонкость помола цемента, температура твердения и т.д.), что делает задачу управления процессами структурообразования достаточно сложной. В статье представлены результаты авторов по исследованию влияния условий твердения образцов на деформативно-прочностные характеристики бетонов с двухстадийным расширением. Авторами получена зависимость самонапряжения бетона с двухстадийным расширением от его предела прочности на сжатие, энергетической активности цемента и условий твердения. Авторами выявлен нелинейный характер зависимости предела прочности на сжатие бетона с двухстадийным расширением от скорости распространения ультразвука при сквозном прозвучивании, уточнена зависимость соотношения предела прочности на растяжение от предела прочности на сжатие для бетонов с двухстадийным расширением с учетом условий твердения. В качестве показателя, учитывающего влияние факторов условий твердения на прочностные показатели бетонов с двухстадийным расширением, авторами предложен коэффициент условий твердения. Изучено влияние условий твердения на показатели пористости бетонов с двухстадийным расширением.

Ключевые слова: условия твердения бетона; деформативно-прочностные показатели; бетон с двухстадийным расширением; самонапряжение; ультразвуковой способ контроля; коэффициент условий твердения; показатели пористости.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Несветаев Г.В., Корянова Ю.И. Влияние условий твердения бетона с двухстадийным расширением на деформативно-прочностные показатели // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/129TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/129TVN515

К числу факторов, влияющих на кинетику твердения, относятся не только рецептурные (состав и дозировка добавки, минералогический состав ПЦ клинкера, состав бетона, наличие химических добавок), но и технологические (тонкость помола цемента, температура твердения и т.д.), что делает задачу управления процессами структурообразования достаточно сложной [1, 3]. На рис. 1 – 11 представлены результаты авторов по исследованию влияния условий твердения образцов (табл. 1) на деформативно-прочностные характеристики бетонов с двухстадийным расширением [4, 5].

Таблица 1

Условия твердения (составлена авторами)

Условия/№	1	2	3	4	5	6	7 (Э)	8	9
Температура, °С	20	20	20	20	35	35	20	5	5
Степень заполненности цилиндров, доли	1	0,95	1	0,95	1	0,95	1	1	0,95
Среда твердения	воздух	воздух	вода	вода	воздух	воздух	воздух	воздух	воздух

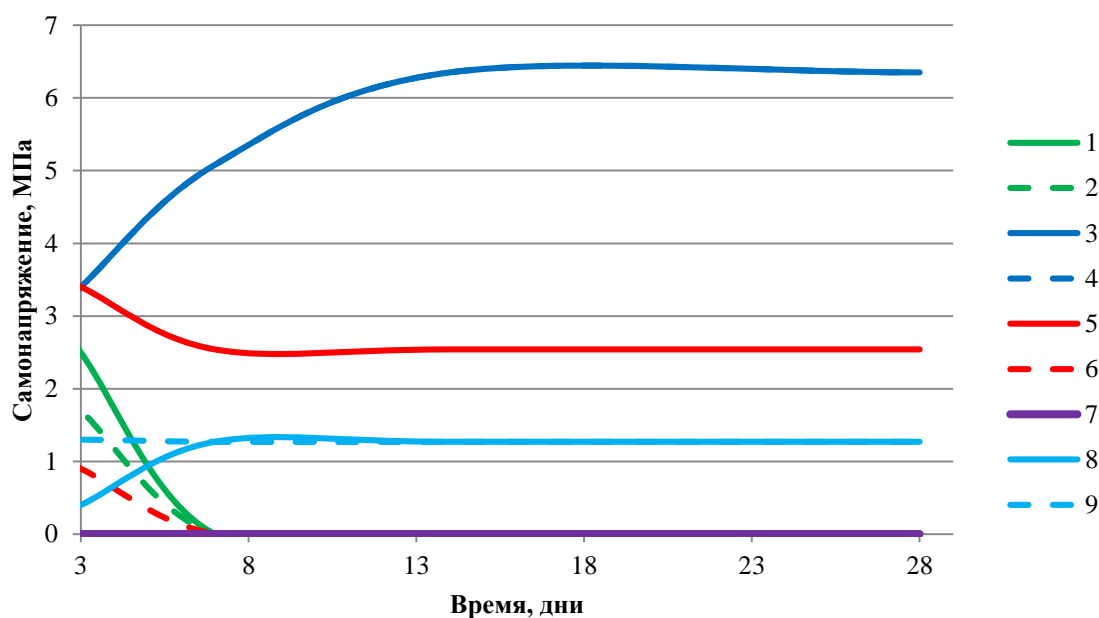


Рис. 1. Кинетика самонапряжения (разработан авторами):
 1...9 – условия твердения по табл. 1

Из представленных на рис. 1 данных можно сделать следующие выводы:

- при нормальных условиях твердения (на воздухе при +20⁰С) максимальное самонапряжение приходится на третьи сутки, причем полное ограничение объема вызывает самонапряжение на 47,06% больше чем ограничение 0,95, однако к 7 суткам самонапряжение становится равным 0 в обоих случаях;
- при твердении в условиях повышенных температур (на воздухе при +35⁰С) максимальное самонапряжение приходится также на третьи сутки, полное ограничение объема вызывает самонапряжение на 277,78% больше чем при ограничении 0,95, к 7 суткам самонапряжение снижается на равную величину, что приводит в одном случае к равенству самонапряжения 0, в другом к его стабилизации до конца испытаний;

- при твердении в условиях низкой положительной температуры (на воздухе при +5⁰С) величина максимального самоупругения одинакова, однако достигается в случае с ограничением объема 0,95 на третьи сутки, а при полном ограничении к 7 суткам, и остается на этом уровне до конца испытаний;
- при водном выдерживании образцов (при +20⁰С) максимум достигается к 14 суткам водного выдерживания, после чего значение стабилизируется.

На рис. 2 изображена зависимость самоупругения бетона с двухстадийным расширением от его предела прочности на сжатие.

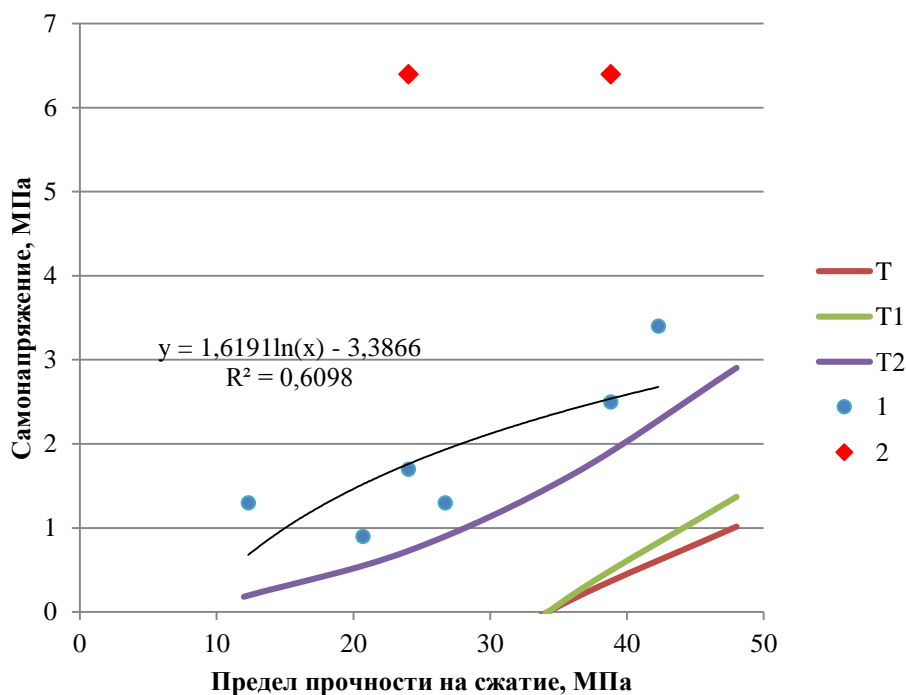


Рис. 2. Зависимость самоупругения от предела прочности на сжатие (разработан авторами): 1 – данные при выдерживании на воздухе; 2 – данные при выдерживании в воде; T – по Несветаеву Г.В., Хомичу Л.А. [6]; T1 – по Пособию к СНиП 2.03.01-84; T2 – по Кузнецовой Т.В. [7-11]

Анализируя полученные данные можно сказать о том, что зависимости самоупругения бетона S_p от предела прочности на сжатие R , выведенные ранее для НЦ разными авторами, не могут быть использованы при расчете самоупругения бетонов с двухстадийным расширением, поэтому авторами была предложена зависимость вида:

$$S_p = k \cdot (0,4 * \ln(R) - 0,85) \cdot S_{pc}, \quad (1)$$

где k – коэффициент, учитывающий влияние условий твердения на величину самоупругения ($k = 1$ при твердении на воздухе, $k = 2$ (до накопления экспериментальных данных) при твердении в воде);

S_{pc} – энергетическая активность цемента (фактическое самоупругение цемента по ТУ).

Из данных представленных на рис. 2 видно, что данная зависимость не описывает соотношение самоупругения и предела прочности на сжатие при водном твердении образцов, так как развитие самоупругения в них происходит более интенсивно (рис. 3).

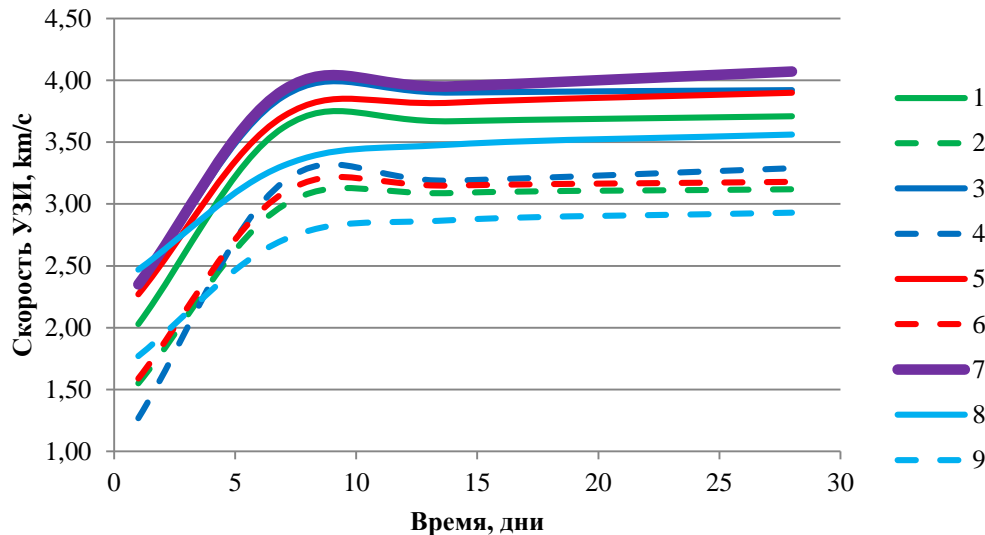


Рис. 3. Кинетика УЗИ (разработан авторами): 1...9 – условия твердения по табл. 1

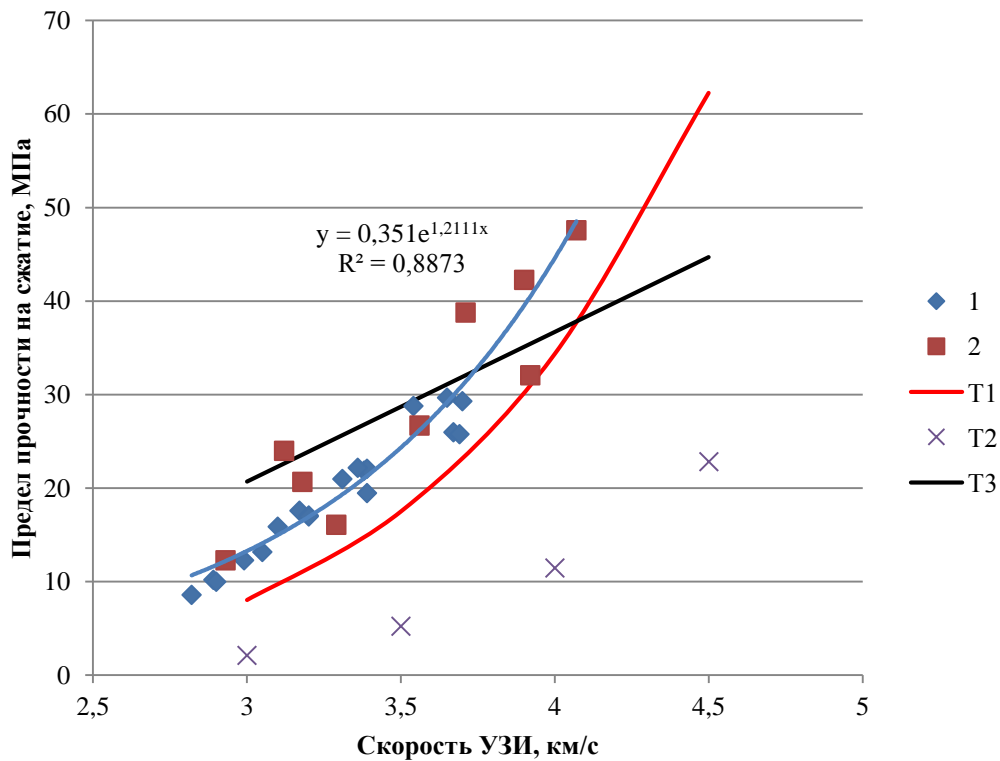


Рис. 4. Зависимость предела прочности на сжатие от скорости УЗИ (разработан авторами): 1, 2 – данные авторов; T1 – данные Несветаева Г.В., Коллеганова А.В., Ивлева Л.Н. для мелкозернистых бетонов [12]; T2 – данные Несветаева Г.В., Коллеганова А.В., Ивлева Л.Н. по ТБ [12]; T3 – до В35 по ГОСТ 17624-2012

Поскольку в стесненных условиях бетонирования единственным возможным способом контроля в ряде случаев может оказаться только ультразвуковой, выявлена возможность применения универсальных градуировочных зависимостей по ГОСТ 17624-2012 для контроля прочности. В связи с тем, что модуль упругости бетона пропорционален квадрату скорости ультразвука, а связь между модулем и пределом прочности нелинейная, закономерно авторами выявлен нелинейный характер зависимости предела прочности на сжатие бетона с

двухстадийным расширением R от скорости распространения ультразвука при сквозном прозвучивании V (рис. 4):

$$R = 0,351 * \exp(1,211 * V) \quad (2)$$

Из представленных на рис. 4 данных можно отметить, что полученные значения предела прочности на сжатие для бетонов с двухстадийным расширением превосходят требования, изложенные в [12] от 214,52 до 791,83%. Для бетонов с двухстадийным расширением не применима закономерность, предложенная ГОСТ 17624-2012 для расчета прочности бетонов класса до В35, так как она не отражает характера зависимости. Зависимость предела прочности на сжатие от скорости УЗИ, применяемая для мелкозернистых бетонов [12] тоже не применима для бетонов с двухстадийным расширением, так как значения прочности таких бетонов выше, чем мелкозернистых от 3,48 до 145,01%.

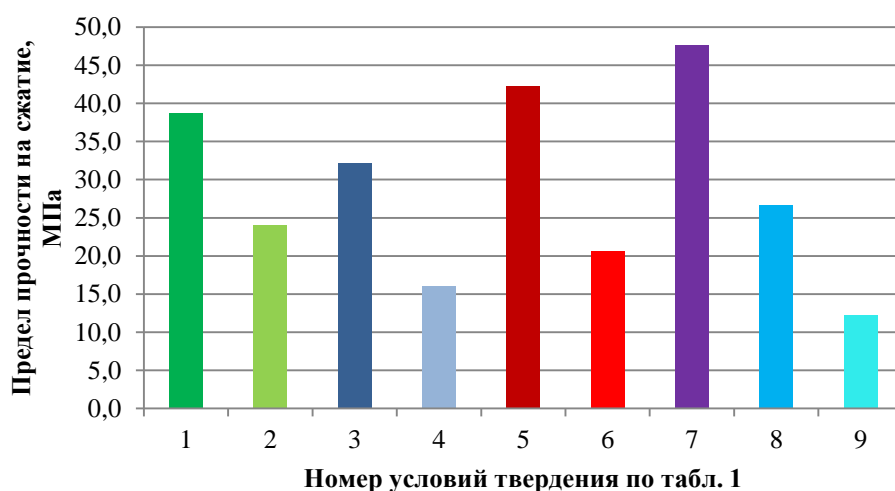


Рис. 5. Предел прочности на сжатие бетона с двухстадийным расширением (разработан авторами)

Анализируя полученные данные (рис. 5), можно сделать следующие выводы:

- введение газообразующей добавки (ГД) снижает предел прочности на сжатие от 11,13 до 74,16% за счет образования дополнительной пористости, негативно влияющей на прочностные характеристики относительно бездобавочного эталона, в результате процесса газообразования;
- образование дополнительной пористости за счет расширения бетонной смеси до 5% вызывает снижение предела прочности на сжатие от 38,14 до 53,93% относительно составов, не имеющих возможности расширения;
- в сравнении с нормальными условиями твердения, твердение при повышенной температуре вызывает увеличение прочности на сжатие на 9,02% при полном ограничении объема и снижение на 13,75% при ограничении объема 0,95, что может быть связано с ускорением твердения в ранний период, сопровождающимся негативным влиянием в проектном возрасте, снижение прочности может составлять 5-15% [13];
- твердение при низкой положительной температуре вызывает снижение прочности на сжатие в сравнении с нормальными условиями твердения на 31,19% при полном ограничении объема и на 48,75% при ограничении объема 0,95, что связано с замедлением скорости твердения;

- выдерживание образцов в водной среде снижают прочность на сжатие на 17,27% при полном ограничении объема и на 32,92% при ограничении объема 0,95 в сравнении с нормальными условиями твердения, что можно объяснить расклинивающим действием воды, находящейся в порах.

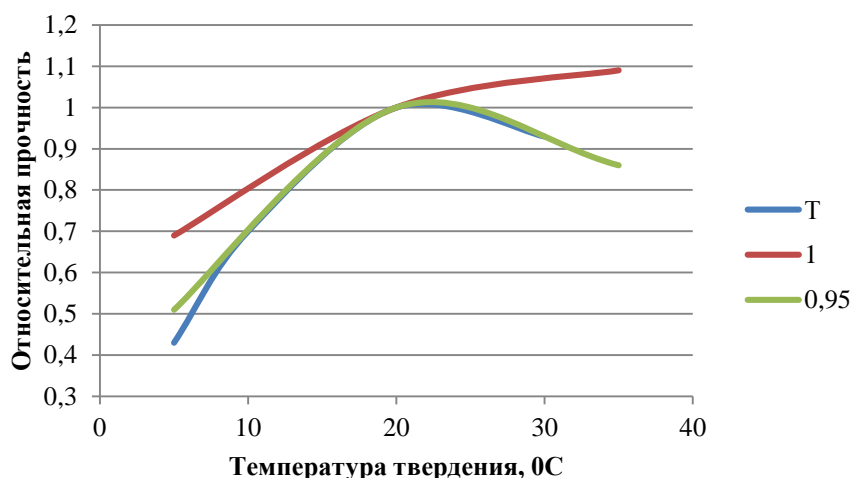


Рис. 6. Зависимость относительной прочности от температуры твердения (разработан авторами): 1 и 0,95 – ограничение объема расширения; Т – по данным Литвера С.Л., Малининой Л.А., Загурского В.А., Панченко А.И. [13]

Из полученных данных (рис. 6) видно, что значения относительной прочности, полученной при ограничении объема 0,95 удовлетворяют общепринятой зависимости для бетонов на ПЩ, при этом следует отметить, что равнопрочность достигается при дополнительной пористости 0,05, а при полном ограничении объема наблюдается увеличение относительной прочности до 60,47%, что свидетельствует о благоприятном эффекте ограничения объема расширения, описанном в [14].

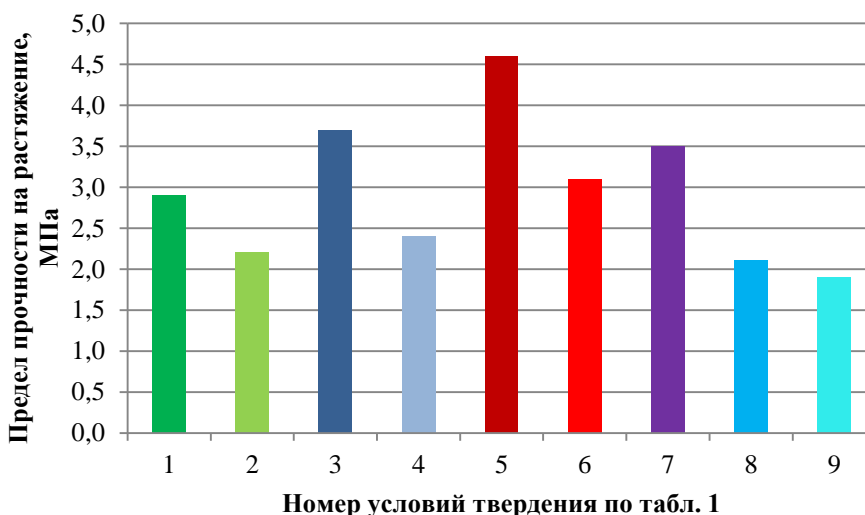


Рис. 7. Предел прочности на растяжение бетона с двухстадийным расширением (разработан авторами)

Полученные данные (рис. 7) говорят о том, что:

- дополнительная возможность расширения на 5% приводит к снижению прочности на растяжение от 9,52 до 35,14% в сравнении с составами без возможности расширения;
- в сравнении с нормальными условиями твердения, твердение при повышенной температуре вызывает увеличение прочности на растяжение на 58,62% при полном ограничении объема и на 40,91% при ограничении объема 0,95;
- твердение при низкой положительной температуре вызывает снижение прочности на растяжение в сравнении с нормальными условиями твердения на 27,59% при полном ограничении объема и на 13,64% при ограничении объема 0,95;
- выдерживание образцов в водной среде повышают прочность на растяжение на 27,59% при полном ограничении объема и на 9,09% при ограничении объема 0,95 в сравнении с нормальными условиями твердения.

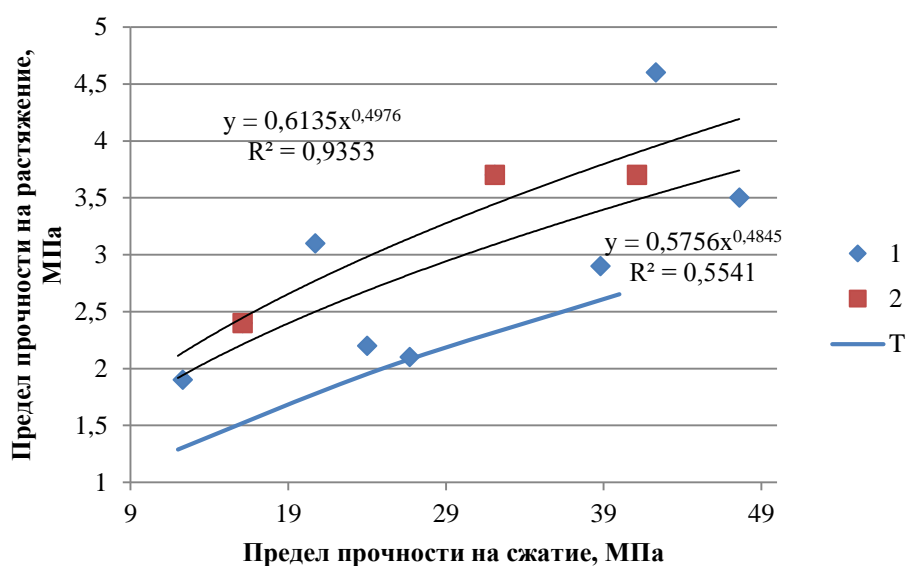


Рис. 8. Зависимость предела прочности на растяжение от предела прочности на сжатие (разработан авторами): 1 – данные авторов; 2 – данные при водном выдерживании; T – по ф. $R_t = 0,29 \cdot R^{0,6}$ [15]

Представленные на рис. 8 данные говорят о том, что для бетонов с двухстадийным расширением характерно соотношение прочностей на растяжение и сжатие больше от 0,91 до 73,53%, чем для обычных бетонов. Также можно отметить, что при водном выдерживании образцов, а также при увеличении времени твердения соотношение возрастает от 37,25 до 59,18% относительно соотношения прочностей в 28 суток при других видах выдерживания, что вероятно связано как с более благоприятными для процесса гидратации условиями, так и с «самозалечиванием» структуры при длительном твердении.

Таким образом, авторами уточнено соотношение предела прочности на осевое растяжение R_t от предела прочности на сжатие R (рис. 8) для бетонов с двухстадийным расширением с учетом условий твердения:

$$R_t = a * R^b \quad (3)$$

где $a = 0,58$ при выдерживании на воздухе и $0,61$ при выдерживании в воде,

$b = 0,49$, на основании которой сделан вывод о том, что для бетонов с двухстадийным расширением значение соотношения прочностей на растяжение и сжатие повышается до 73% относительно обычных бетонов.

В качестве показателя, учитывающего влияние факторов условий твердения на прочностные показатели бетонов с двухстадийным расширением, авторами предложен коэффициент условий твердения:

$$K_{ут} = R_i / R_{н.у.} \quad (4)$$

R_i – предел прочности на сжатие для бетонов с двухстадийным расширением при данных условиях твердения;

$R_{н.у.}$ - предел прочности на сжатие для бетонов с двухстадийным расширением при нормальных условиях твердения.

Таблица 2

Коэффициент условий твердения (составлена авторами)

Условия/№	1	2	3	4	5	6	7 (Э)	8	9
Температура, °С	20	20	20	20	35	35	20	5	5
Степень заполненности цилиндров, доли	1	0,95	1	0,95	1	0,95	1	1	0,95
Среда твердения	воздух	воздух	вода	вода	воздух	воздух	воздух	воздух	воздух
Коэффициент условий твердения $K_{ут}$	1	1	0,83	0,67	1,09	0,86	1,23	0,69	0,51

Таким образом, в случае благоприятных для бетона с двухстадийным расширением условий твердения значение данного коэффициента будет выше 1, в случае неблагоприятных условий меньше 1.

На рис. 9-11 представлено влияние условий твердения бетонов с двухстадийным расширением на показатели пористости.

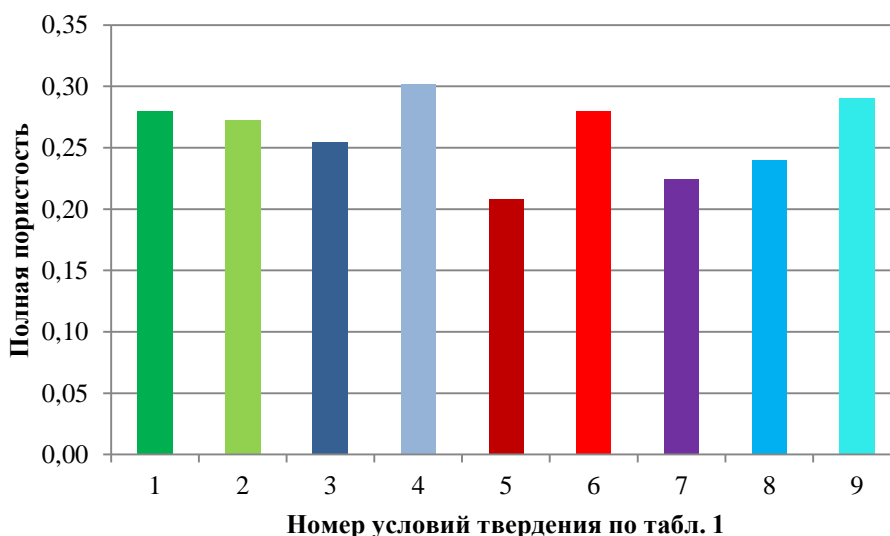


Рис. 9. Полная пористость бетона с двухстадийным расширением (разработан авторами)

Анализируя полученные данные (рис. 9) можно отметить следующее:

- введение ГД увеличивает полную пористость от 6,68 до 41,74% в сравнении с бездобавочным эталоном, кроме состава, выдерживаемого на воздухе при повышенной температуре с полным ограничением объема, его полная пористость меньше эталонной на 7,17%;
- дополнительная возможность расширения на 5% приводит к увеличению полной пористости в сравнении с составами без возможности расширения от 15,38 до 33,33%, кроме состава, выдерживаемого в нормальных условиях, его полная пористость меньше на 3,57% чем полная пористость состава с полным ограничением;
- в сравнении с составом, хранившимся в нормальных условиях с полным ограничением расширения, полная пористость составов хранившихся в других условиях меньше от 7,14 до 14,29%;
- в сравнении с составом, хранившимся в нормальных условиях с ограничением расширения 0,95, полная пористость составов хранившихся в других условиях больше от 3,7 до 11,11%.

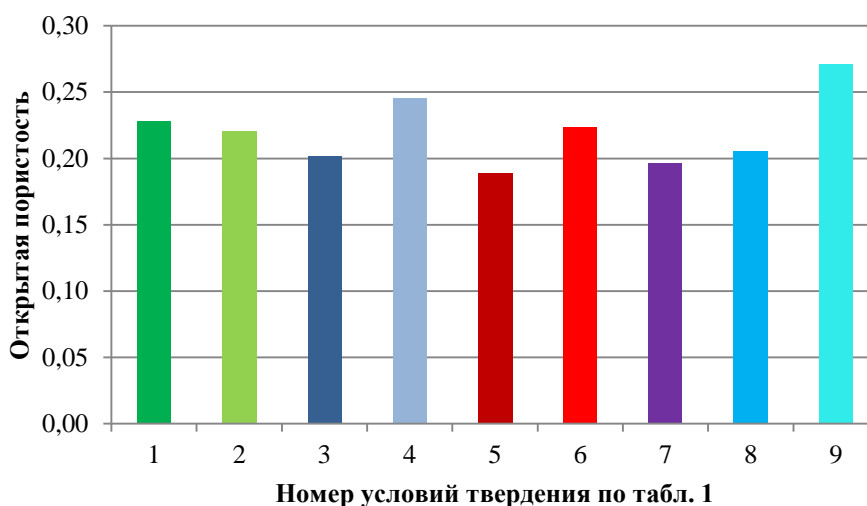


Рис. 10. Открытая пористость бетона с двухстадийным расширением (разработан авторами)

Анализируя полученные данные (рис. 10) можно отметить следующее:

- введение ГД увеличивает открытую пористость от 2,96 до 38,02% в сравнении с бездобавочным эталоном, кроме состава, выдерживаемого на воздухе при повышенной температуре с полным ограничением объема, его полная пористость меньше эталонной на 3,67%;
- дополнительная возможность расширения на 5% приводит к увеличению открытой пористости в сравнении с составами без возможности расширения от 15,79 до 28,57%, кроме состава, выдерживаемого в нормальных условиях, его открытая пористость меньше на 4,35% чем открытая пористость состава с полным ограничением;
- в сравнении с составом, хранившимся в нормальных условиях с полным ограничением расширения, открытая пористость составов хранившихся в других условиях меньше от 8,7 до 17,39%;

- в сравнении с составом, хранившимся в нормальных условиях с ограничением расширения 0,95, открытая пористость составов хранившихся в других условиях больше от 0 до 22,73%.

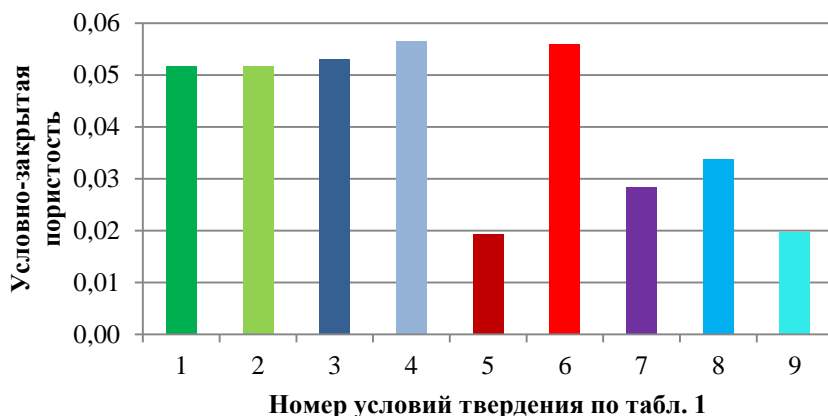


Рис. 11. Условно-закрытая пористость бетона с двухстадийным расширением (разработан авторами)

Анализируя полученные данные (рис. 11) можно отметить следующее:

- введение ГД увеличивает условно-закрытую пористость от 19,08 до 139,93% в сравнении с бездобавочным эталоном, кроме составов, выдерживаемых на воздухе при повышенной температуре с полным ограничением объема и при пониженной положительной температуре с ограничением объема 0,95, их условно-закрытая пористость меньше эталонной соответственно на 31,80 и 30,74%;
- дополнительная возможность расширения на 5% приводит к увеличению условно-закрытой пористости в сравнении с составами без возможности расширения от 0 до 200%, кроме состава, выдерживаемого при пониженной положительной температуре, его условно-закрытая пористость меньше на 33,33% чем условно-закрытая пористость состава с полным ограничением;
- в сравнении с составом, хранившимся в нормальных условиях с полным ограничением расширения, условно-закрытая пористость составов хранившихся в других условиях меньше от 0 до 60%;
- в сравнении с составом, хранившимся в нормальных условиях с ограничением расширения 0,95, условно-закрытая пористость составов хранившихся в других условиях больше на 20%, кроме состава, выдерживаемого при пониженной положительной температуре, его условно-закрытая пористость меньше на 60%.

Обобщая полученные результаты можно сделать следующие выводы:

- в составах, выдерживаемых в нормальных условиях и условиях повышенной температуры при обоих вариантах ограничения объема увеличение полной пористости, а в случае с составом с полным ограничением объема, хранящимся в условиях повышенной температуры, уменьшение полной пористости происходит за счет как открытой, так и условно-закрытой пористости в соотношении 50 на 50%;
- в составах, выдерживаемых при пониженной положительной температуре с полным ограничением объема и при водном выдерживании с ограничением

объема 0,95, увеличение полной пористости происходит на 65% за счет увеличения открытой пористости и на 35% за счет увеличения условно-закрытой;

- в составе с полным ограничением объема, хранившимся в водной среде, увеличение полной пористости происходит на 20% за счет увеличения открытой пористости и на 80% за счет увеличения условно-закрытой;
- в составе с ограничением объема 0,95, хранившимся в условиях пониженной положительной температуры, увеличение полной пористости происходит за счет уменьшения условно-закрытой пористости на 13% и увеличения открытой пористости на 113%.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для получения бетонной смеси с заданной прочностью при увеличении дополнительной пористости до 0,08 оптимальными условиями хранения образцов являются нормальные, а для получения требуемого самонапряжения выдерживание образцов в водной среде.

ВЫВОДЫ

1. Получена зависимость самонапряжения бетона с двухстадийным расширением S_p от его предела прочности на сжатие R , энергетической активности цемента S_{pc} и условий твердения (воздушные $k = 1$, водные $k = 2$) в виде $S_p = k \cdot (0,4 * \ln(R) - 0,85) \cdot S_{pc}$.
2. Выявлен нелинейный характер зависимости предела прочности на сжатие R бетона с двухстадийным расширением от скорости распространения ультразвука при сквозном прозвучивании V , и установлена зависимость, значительно отличающаяся от универсальных градуировочных зависимостей по ГОСТ 17624-2012.
3. Установлено влияние условий твердения на предел прочности на сжатие для бетонов с двухстадийным расширением: при выдерживании на воздухе 28 сут. при температуре 5⁰С отмечается снижение прочности до 50% относительно нормальных условий, а при температуре 35⁰С – до 14%. При водном выдерживании вследствие интенсивного расширения на второй стадии отмечается снижение прочности до 33%.
4. Уточнена зависимость соотношения предела прочности на растяжение R_t от предела прочности на сжатие R для бетонов с двухстадийным расширением с учетом условий твердения: $R_t = a * R^b$ ($a = 0,58$ при выдерживании на воздухе и 0,61 при выдерживании в воде, $b = 0,49$).
5. Установлено влияние условий твердения на изменение пористости бетонов с двухстадийным расширением: при выдерживании на воздухе 28 сут. при температуре 5⁰С отмечается увеличение полной пористости до 7,5%, открытой до 23% и снижение условно-закрытой пористости до 60% относительно нормальных условий, а при температуре 35⁰С полная пористость увеличивается до 18,5%, открытая до 13,5%, условно-закрытая до 40%. При водном выдерживании вследствие интенсивного расширения на второй стадии полная пористость возрастает до 11%, открытая до 13%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Звездов А.И. Бетон с компенсированной усадкой для возведения трещиностойких конструкций большой протяженности // Бетон и железобетон. - 2001. - №4 - с. 17 - 20.
2. Пинскер В.А., Вылегжанин В.П. Ячеистый бетон как испытанный временем материал для капитального строительства // Строительные материалы - 2004. №3. - С. 44-45.
3. Удодов С.А., Бычков М.В. Легкий самоуплотняющийся бетон как эффективный конструкционный материал // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» 2013. №4. <http://naukovedenie.ru/PDF/42tvn413.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус.
4. Несветаев Г.В., Потапова Ю.И. Составы для инъектирования с двухстадийным расширением // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» 2013. №3. <http://naukovedenie.ru/PDF/28trgsu313.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус.
5. Несветаев Г.В., Потапова Ю.И. Бетонная смесь: пат. № 2536893 Российская Федерация. 2014. Бюл. №36. 9 с.
6. Несветаев Г.В., Хомич Л.А. Некоторые свойства напрягающих бетонов с добавкой «Эмбелит» // Научное обозрение. – 2014. - №10. – С. 642-645.
7. Кузнецова Т.В. Алуминатные и сульфоалуминатные цементы. М.: Стройиздат, 1989. – 209 с.
8. Кузнецова Т.В. Самонапряжение расширяющихся цементов/ 6-й Международный Конгресс по химии цемента. – М. – 1974. – С. 585-594.
9. Кузнецова Т.В. Структура и свойства расширяющихся и напрягающих цементов // Сборник докладов Всесоюзной конференции в г. Грозном: Ресурсосберегающие технологии железобетонных конструкций на основе напрягающих цементов. – М.: Стройиздат, 1989. – С. 8-9.
10. Кузнецова Т.В. Физико-химические основы технологии расширяющихся цементов. / Тр. НИИцемента. М., 1976. Вып. 38.
11. Кузнецова Т.В. Химия и технология расширяющихся цементов. – М.: ВНИИ-ЭСМ. Серия 1. Цементная промышленность. – 1980. – 60 с.
12. Несветаев Г.В., Коллеганов А.В., Ивлев Л.Н. Перспективы использования метода ультразвукового прозвучивания при обследовании и проектировании усиления железобетонных конструкций // Безопасность труда в промышленности. – 2008. - №2. – С. 62 – 66.
13. Соотношение самонапряжения и свободного расширения напрягающий бетонов / С.Л. Литвер, Л.А. Малинина, В.А. Загурский, А.И. Панченко // Бетон и железобетон. – 1985. - №5. – С. 15-16.
14. Помазанов В.Н. Исследование особенностей формования и свойств газобетона в закрытых перфорированных формах: автореф. дисс. канд. техн. наук. / ДИСИ. Днепропетровск. 1981. 20 с.
15. Несветаев Г.В. Бетоны: учебное пособие. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2011. – 381 с.

Рецензент: Маилян Дмитрий Рафаэлович, заведующий кафедрой «Железобетонные и каменные конструкции», доктор технических наук, ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет».

Nesvetaev Grigoriy Vasil'evich

Rostov State University of Civil Engineering
Russia, Rostov-on-Don
E-mail: nesgrin@yandex.ru

Koryanova Yuliya Igorevna

Rostov State University of Civil Engineering
Russia, Rostov-on-Don
E-mail: uzy666@mail.ru

Influence of hardening conditions of concrete with a two-stage extension of the deformation-strength characteristics

Abstract. Among the factors influencing the kinetics of hardening include not only prescription (composition and dosage of additive, the mineralogical composition of portland cement clinker, concrete composition, the presence of chemical additives), and technological (grinding fineness of cement, hardening temperature, etc.) that it makes the task of managing the processes of structure quite complex. The article presents the results of the authors on the influence of hardening conditions on samples of deformation-strength characteristics of concrete with a two-stage extension. The authors of the dependence self-stressing concrete with a two-stage extension of its ultimate compression strength, energy cement activity and hardening conditions. The authors identified a nonlinear character of dependence of the compressive strength of concrete with a two-stage extension of the velocity of propagation of ultrasound at through sounding, refined dependency ratio of the tensile strength of the compressive strength of concrete with a two-stage extension taking into account hardening conditions. As an indicator that takes into account the influence of factors hardening conditions on strength characteristics of concrete with a two-stage extension, the authors proposed a coefficient of hardening conditions. Studied the influence of hardening conditions on the performance of porous concrete with a two-stage extension.

Keywords: hardening conditions of concrete; deformation-strength characteristics; concrete with a two-stage extension; self-stressing; ultrasonic method for monitoring; the coefficient of hardening conditions; indicators of porosity.

REFERENCES

1. Zvezdov A.I. Beton s kompensirovannoy usadkoy dlya vozvedeniya treshchinostoykikh konstruktsiy bol'shoy protyazhennosti // Beton i zhelezobeton. - 2001. - №4 - s. 17 - 20.
2. Pinsker V.A., Vylegzhanin V.P. Yacheistyy beton kak ispytannyy vremenem material dlya kapital'nogo stroitel'stva // Stroitel'nye materialy - 2004. №3. - S. 44-45.
3. Udodov S.A., Bychkov M.V. Legkiy samouplotnyayushchiysya beton kak effektivnyy konstruktsionnyy material // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE» 2013. №4. <http://naukovedenie.ru/PDF/42tvn413.pdf> (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana. Yaz. rus.
4. Nesvetaev G.V., Potapova Yu.I. Sostavy dlya in"ektirovaniya s dvukhstadiynym rasshireniem // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE» 2013. №3. <http://naukovedenie.ru/PDF/28trgsu313.pdf> (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana. Yaz. rus.
5. Nesvetaev G.V., Potapova Yu.I. Betonnaya smes': pat. № 2536893 Rossiyskaya Federatsiya. 2014. Byul. №36. 9 s.
6. Nesvetaev G.V., Khomich L.A. Nekotorye svoystva napryagayushchikh betonov s dobavkoy «Embelit» // Nauchnoe obozrenie. – 2014. - №10. – S. 642-645.
7. Kuznetsova T.V. Alyuminatnye i sul'foalyuminatnye tsementy. M.: Stroyizdat, 1989. – 209 s.
8. Kuznetsova T.V. Samonapryazhenie rasshiryayushchikhsya tsementov/ 6-y Mezhdunarodnyy Kongress po khimii tsementa. – M. – 1974. – S. 585-594.
9. Kuznetsova T.V. Struktura i svoystva rasshiryayushchikhsya i napryagayushchikh tsementov // Sbornik dokladov Vsesoyuznoy konferentsii v g. Groznom: Resursosberegayushchie tekhnologii zhelezobetonnykh konstruktsiy na osnove napryagayushchikh tsementov. – M.: Stroyizdat, 1989. – S. 8-9.
10. Kuznetsova T.V. Fiziko-khimicheskie osnovy tekhnologii rasshiryayushchikhsya tsementov. / Tr. NIItsementa. M., 1976. Vyp. 38.
11. Kuznetsova T.V. Khimiya i tekhnologiya rasshiryayushchikhsya tsementov. – M.: VNII-ESM. Seriya 1. Tsementnaya promyshlennost'. – 1980. – 60 s.
12. Nesvetaev G.V., Kolleganov A.V., Ivlev L.N. Perspektivy ispol'zovaniya metoda ul'trazvukovogo prozvuchivaniya pri obsledovanii i proektirovanii usileniya zhelezobetonnykh konstruktsiy // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2008. - №2. – S. 62 – 66.
13. Sootnoshenie samonapryazheniya i svobodnogo rasshireniya napryagayushchiy betonov / S.L. Litver, L.A. Malinina, V.A. Zagurskiy, A.I. Panchenko // Beton i zhelezobeton. – 1985. - №5. – S. 15-16.
14. Pomazanov V.N. Issledovanie osobennostey formovaniya i svoystv gazobetona v zakrytykh perforirovannykh formakh: avtoref. diss. kand. tekhn. nauk. / DISI. Dnepropetrovsk. 1981. 20 s.
15. Nesvetaev G.V. Betony: uchebnoe posobie. – Rostov-na-Donu: Feniks, 2011. – 381 s.