

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/130TVN515.pdf>

DOI: 10.15862/130TVN515 (<http://dx.doi.org/10.15862/130TVN515>)

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 нитрилотриметилфосфоновой кислоты на процессы структурообразования напрягающих цементов

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

Аннотация. На предел прочности при сжатии, как на один из важных нормируемых показателей качества бетона, наибольшее влияние оказывает согласованность протекания процессов нарастания собственных свободных деформаций и набора прочности скелета. Одним из способов регулирования согласованности данных процессов является модифицирование состава напрягающего цемента добавкой влияющей на процессы твердения цементного камня. В данной работе в качестве добавки авторами использовался замедлитель схватывания нитрилотриметилфосфоновая кислота. Добавка нитрилотриметилфосфоновая кислота является слабым водопонижителем, в начальный период твердения она тормозит образование гидросиликатов кальция, т.е. является замедлителем твердения. Как известно, нитрилотриметилфосфоновая кислота оказывает селективное действие на кинетику гидратации различных минералов; в связи с этим, регулируя указанные факторы, можно обеспечить согласованность процессов формирования прочности и расширения цементного камня с целью минимизации последствий структурных напряжений, связанных с расширением. На основании составов напрягающих цементов с применением нитрилотриметилфосфоновой кислоты авторами изучено влияние наличия нитрилотриметилфосфоновой кислоты, а также ее количества на кинетику собственных свободных деформаций и прочностные свойства цементного камня. Авторами получены зависимости максимальной скорости нарастания собственных свободных деформаций от количества нитрилотриметилфосфоновой кислоты и расширяющей добавки в составе напрягающего цемента, а так же получена формула соотношения динамических модулей упругости от максимальных собственных свободных деформаций.

Ключевые слова: процесс нарастания собственных свободных деформаций; набор прочности скелета; замедлитель схватывания; напрягающий цемент; расширяющая добавка; структурообразование цементного камня; динамический модуль упругости.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Несветаев Г.В., Корянова Ю.И. Влияние нитрилотриметилфосфоновой кислоты на процессы структурообразования напрягающих цементов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/130TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/130TVN515

На предел прочности при сжатии, как на один из важных нормируемых показателей качества бетона, наибольшее влияние оказывает согласованность протекания процессов нарастания собственных свободных деформаций и набора прочности скелета [1]. Одним из способов регулирования согласованности данных процессов является модифицирование состава напрягающего цемента (НЦ) добавкой влияющей на процессы твердения цементного камня [2, 3]. В качестве добавки авторами использовался замедлитель схватывания нитрилотриметилфосфоновая кислота (НТФ). Добавка НТФ является слабым водопонижителем, в начальный период твердения она тормозит образование гидросиликатов кальция, т.е. является замедлителем твердения. Как известно, НТФ оказывает селективное действие на кинетику гидратации различных минералов; в связи с этим, регулируя указанные факторы, можно обеспечить согласованность процессов формирования прочности и расширения цементного камня с целью минимизации последствий структурных напряжений, связанных с расширением.

На основании составов НЦ [4] с применением НТФ авторами изучено влияние наличия НТФ, а также ее количества на кинетику собственных свободных деформаций и прочностные свойства цементного камня. Результаты испытаний представлены на рис. 1 – 4.

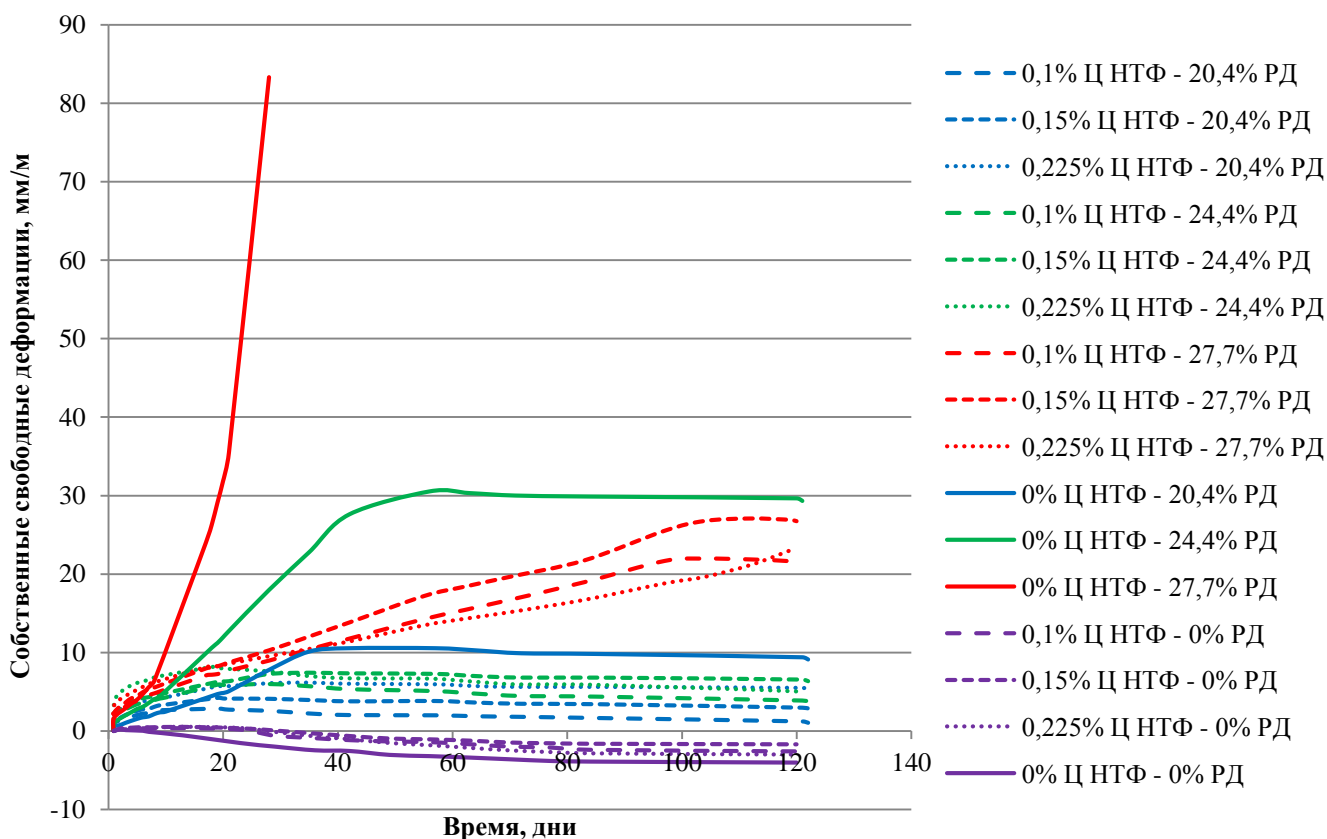


Рис. 1. Зависимость собственных свободных деформаций от количества расширяющей добавки (РД) и НТФ во времени (разработан авторами): 0...0,225% Ц НТФ – дозировка НТФ, 0...27,7% РД – дозировка РД

Из представленных на рис. 1 данных можно сделать вывод, что введение в состав НЦ НТФ тормозит рост собственных деформаций расширения, значительно снижает их количественное значение и продлевает период от начала нарастания деформаций до момента их стабилизации. Однако стоит заметить, что в начальный период структурообразования цементного камня составы с добавкой НТФ проявляют большие значения деформаций

расширения, нежели составы без добавления НТФ, причем увеличение собственных деформаций расширения пропорционально дозировке НТФ вводимой в состав НЦ.

На рис. 2, 3, 4 представлены данные о кинетике собственных деформаций цементного камня с расширяющей добавкой (РД) и НТФ.

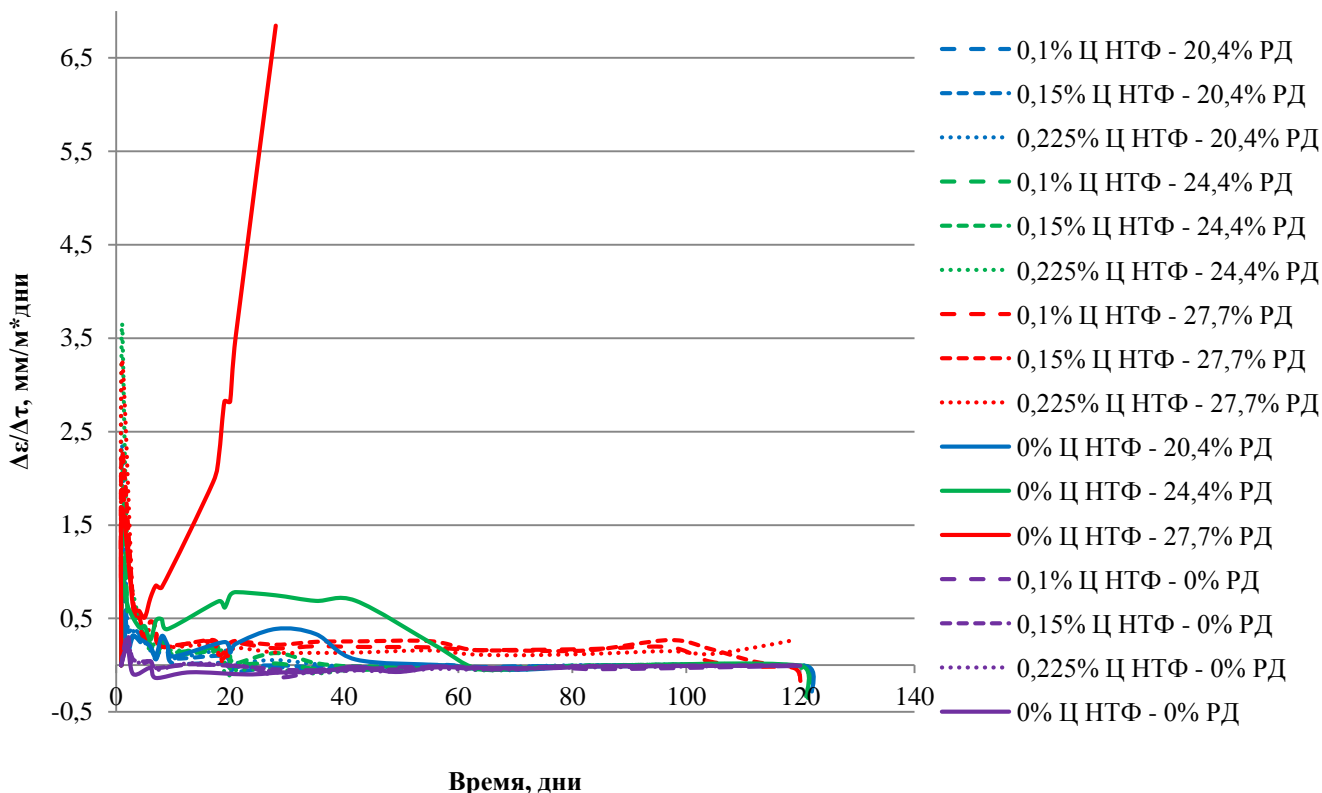


Рис. 2. Зависимость скорости нарастания собственных свободных деформаций от количества РД и НТФ во времени (разработан авторами): 0...0,225% Ц НТФ – дозировка НТФ, 0...27,7% РД – дозировка РД

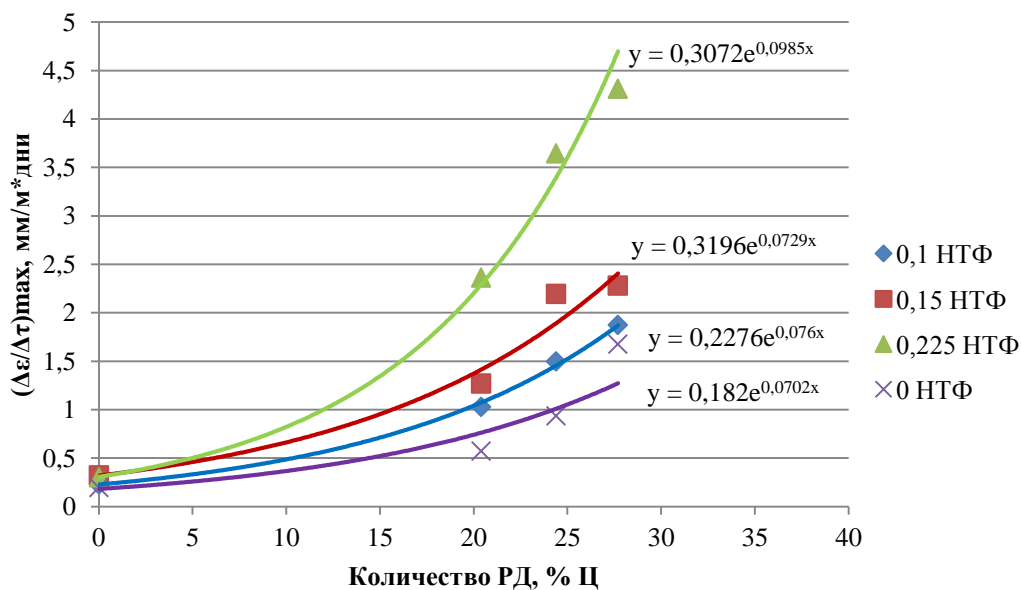


Рис. 3. Зависимость максимальной скорости нарастания собственных свободных деформаций от количества РД (разработан авторами): 0...0,225 НТФ – дозировка НТФ, % Ц

Из представленных данных (рис. 2, 3) видно, что введение в состав НТФ влияет на кинетику скорости нарастания собственных деформаций, максимум которой приходится также на первые сутки выдерживания образцов в водной среде как и для образцов без НТФ, однако ее зависимость от количества РД носит более сложный характер, нежели у образцов без РД. Следует отметить, что зависимость максимальной скорости нарастания собственных деформаций от количества РД в составе НЦ носит экспоненциальный характер и при увеличении дозировки НТФ приобретает более экстремальный характер.

Семейство кривых зависящих от количества НТФ в составе НЦ можно описать уравнением общего вида:

$$y = K * \exp(B * x), \quad (1)$$

где K и B – коэффициенты, зависящие от количества НТФ.

Подставляя зависимости K и B в уравнение общего вида, авторами получена зависимость максимальной скорости нарастания собственных свободных деформаций от количества НТФ в составе НЦ:

$$\left(\frac{\Delta \epsilon}{\Delta \tau}\right)_{max} = (0,185 * e^{2,580 * PD}) * e^{(0,913 * PD^2 - 0,092 * PD + 0,070) * PD} \quad (2)$$

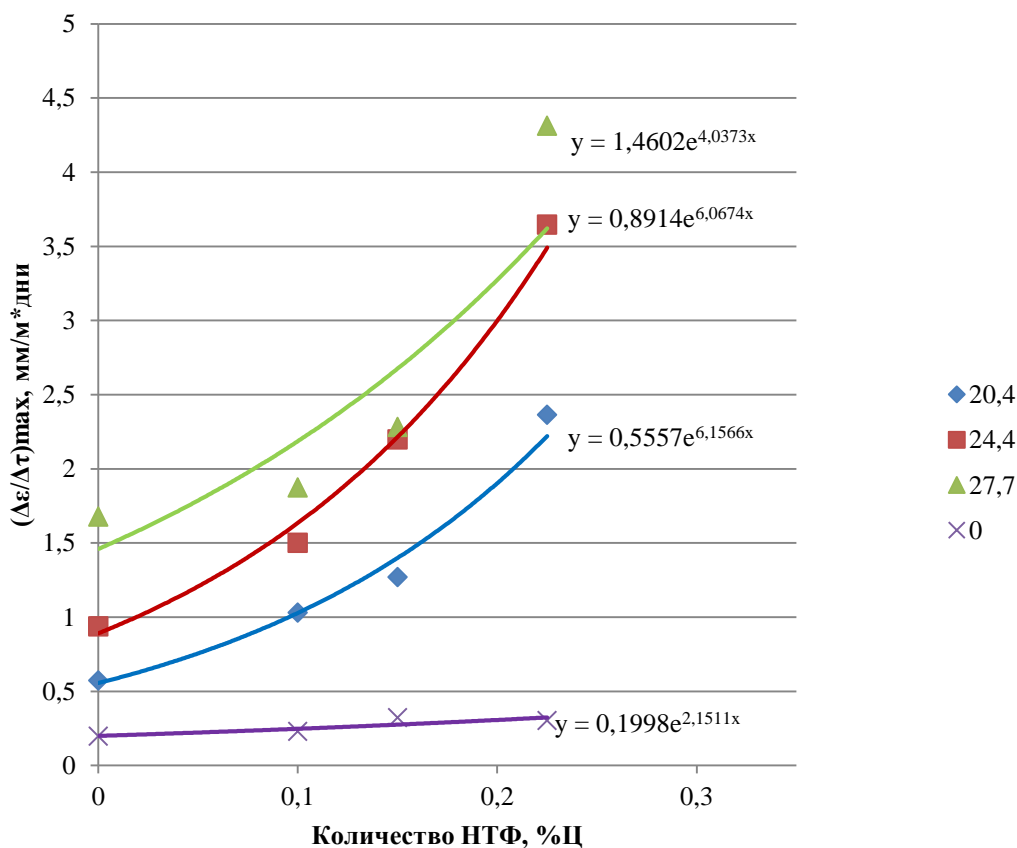


Рис. 4. Зависимость максимальной скорости нарастания собственных деформаций от количества НТФ (разработан авторами): 0...27,7 – дозировка РД, % Ц

Введение НТФ в составы, не содержащие РД, не сказывается на максимальной скорости нарастания собственных деформаций, тогда как при ее наличии придает зависимости скорости от дозировки НТФ экспоненциальный характер. Увеличение дозировки

РД в составе НЦ в сочетании с НТФ приводит к смещению экспоненциальных кривых в сторону увеличения скорости нарастания собственных деформаций.

Семейство кривых зависящих от количества РД в составе НЦ, так же можно описать уравнением общего вида:

$$y = M * \exp(C * x), \tag{3}$$

где M и C – коэффициенты, зависящие от количества РД.

Подставляя зависимости M и C в уравнение общего вида, авторами получена зависимость максимальной скорости нарастания собственных свободных деформаций от количества РД в составе НЦ:

$$\left(\frac{\Delta \epsilon}{\Delta \tau}\right)_{max} = (0,185 * e^{0,066 * \text{НТФ}}) * e^{(0,018 * \text{НТФ}^2 + 0,584 * \text{НТФ} + 2,138) * \text{НТФ}} \tag{4}$$

На рис. 5 представлена кинетика собственных свободных деформаций цементного камня с РД и НТФ относительно составов с РД, но без НТФ.

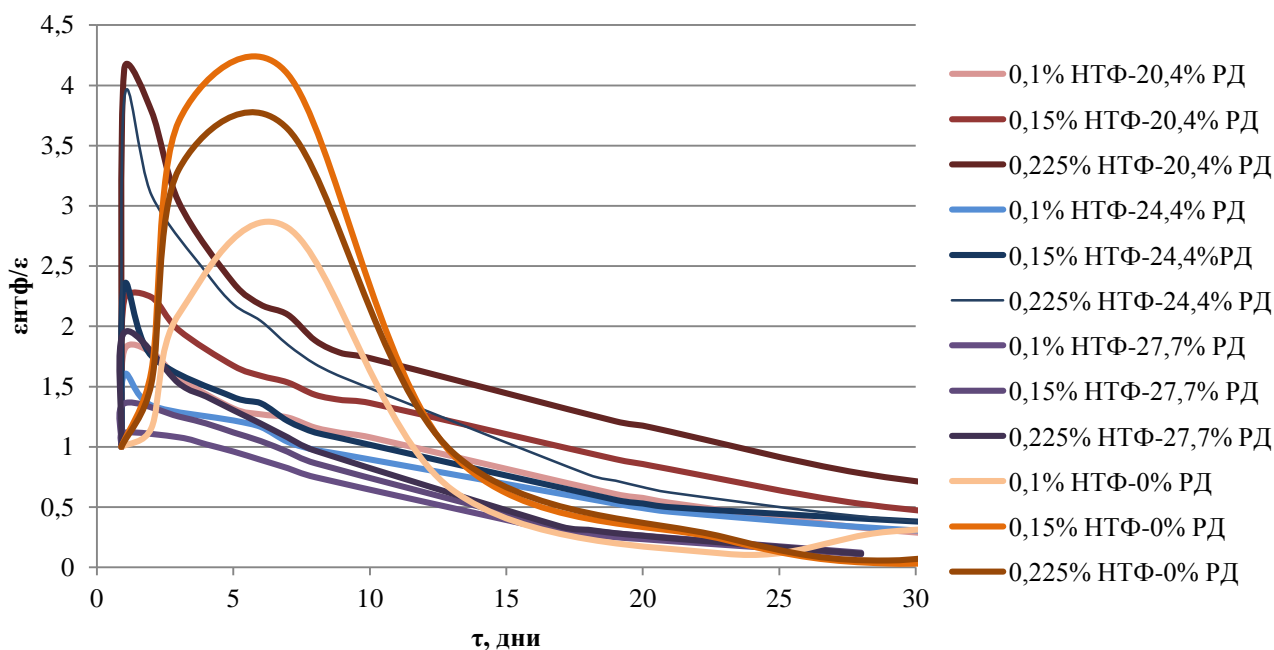


Рис. 5. Изменение относительных собственных свободных деформаций во времени (разработан авторами):

$\epsilon_{нтф}$ – собственные свободные деформации составов с РД и НТФ
 ϵ – собственные свободные деформации составов с РД и без НТФ
0...0,225% НТФ – дозировка НТФ, 0...27,7% РД – дозировка РД

Можно заметить, что:

- в ранний период твердения цементного камня собственные свободные деформации составов с добавлением НТФ выше собственных свободных деформаций составов без НТФ;
- чем больше количество РД входящей в состав НЦ, тем меньше соотношение собственных свободных деформаций в ранний период твердения;
- чем больше количество НТФ входящей в состав НЦ, тем больше соотношение собственных свободных деформаций в ранний период твердения;

- чем больше количество РД входящей в состав НЦ, тем меньше промежутков времени, в который собственные свободные деформации составов с НТФ превышают собственные свободные деформации составов без НТФ;
- чем больше количество НТФ входящей в состав НЦ, тем больше промежутков времени, в который собственные свободные деформации составов с НТФ превышают собственные свободные деформации составов без НТФ;
- график имеет три периода: нарастание соотношения до критического пика, спад величины соотношения и его стабилизация;
- чем больше количество РД входящей в состав НЦ, тем позже наступает момент достижения пика нарастания;
- чем больше количество РД входящей в состав НЦ, тем раньше наступает момент стабилизации соотношения;
- чем больше дозировка РД и НТФ, тем больше значение соотношения собственных свободных деформаций в момент стабилизации.

На рис. 6 представлена кинетика собственных свободных деформаций цементного камня с РД и НТФ относительно составов без РД и НТФ.

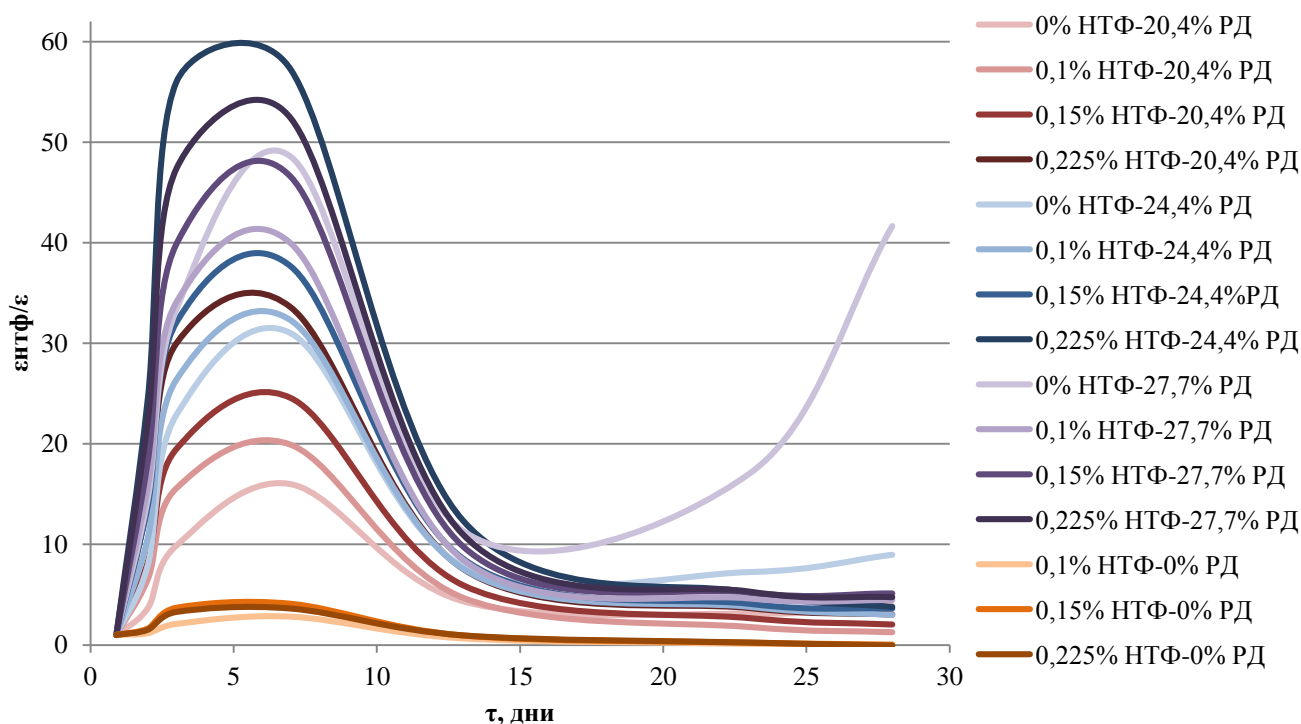


Рис. 6. Изменение относительных собственных свободных деформаций во времени (разработан авторами):

$\epsilon_{нтф}$ – собственные свободные деформации составов с РД и НТФ

ϵ_0 – собственные свободные деформации эталонного состава без РД и НТФ

0...0,225 % НТФ – дозировка НТФ, 0...27,7 % РД – дозировка РД

Анализируя изменение соотношения собственных свободных деформаций составов с НТФ и РД к бездобавочному эталону во времени можно отметить, что оно имеет схожий характер с изменением соотношения относительно эталона без НТФ, однако более точно

отражает количественные показатели. Семейство кривых также включает три периода: нарастание соотношения, его спад и период стабилизации. Можно отметить следующее:

- соотношение тем больше в пике максимума, чем больше РД и НТФ входит в состав НЦ;
- увеличение количества НТФ сдвигает пик максимума на более ранние сроки;
- увеличение количества РД отодвигает момент стабилизации соотношения;
- чем больше РД и НТФ в составе НЦ, тем больше значение соотношения в момент стабилизации;
- при значительных дозировках РД в отсутствие НТФ стабилизация не наступает.

На рис. 7 представлена зависимость собственных деформаций расширения в 28 суток от количества НТФ.

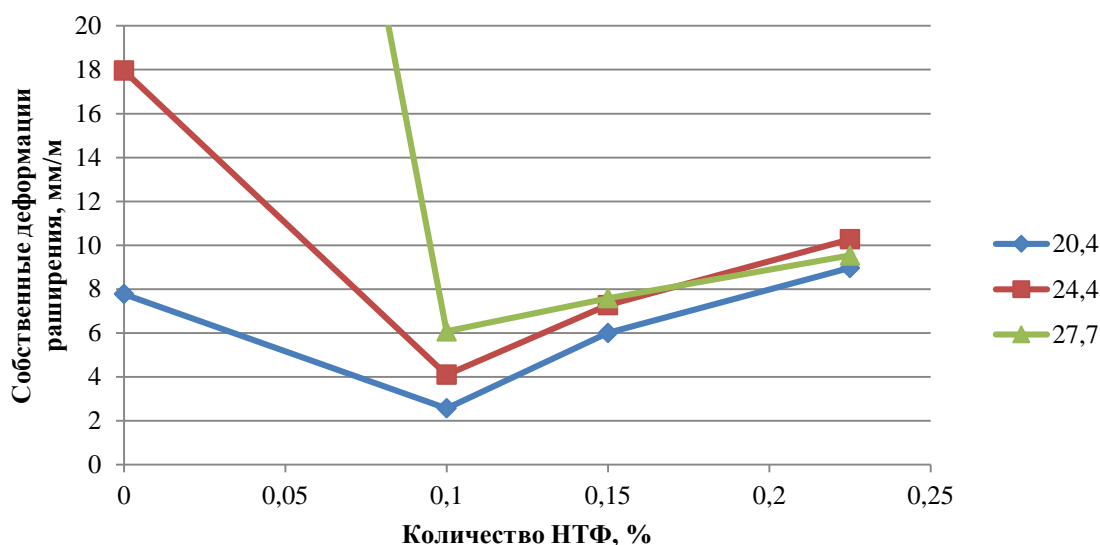


Рис. 7. Зависимость собственных деформаций расширения в 28 суток от количества НТФ (разработан авторами): 20,4...27,7 – дозировка РД, % Ц

С увеличением количества РД в составе НЦ наблюдается разброс значений собственных деформаций расширения, который при помощи введения НТФ и по мере увеличения его дозировки удается сначала снизить, а при максимальной дозировке НТФ практически исключить. Это говорит о том, что при помощи введения НТФ в состав НЦ возможно управлять кинетикой процесса нарастания собственных свободных деформаций цементного камня в широком диапазоне.

На рис. 8 представлена зависимость собственных деформаций расширения в 28 суток от суммарного содержания SO_3 .

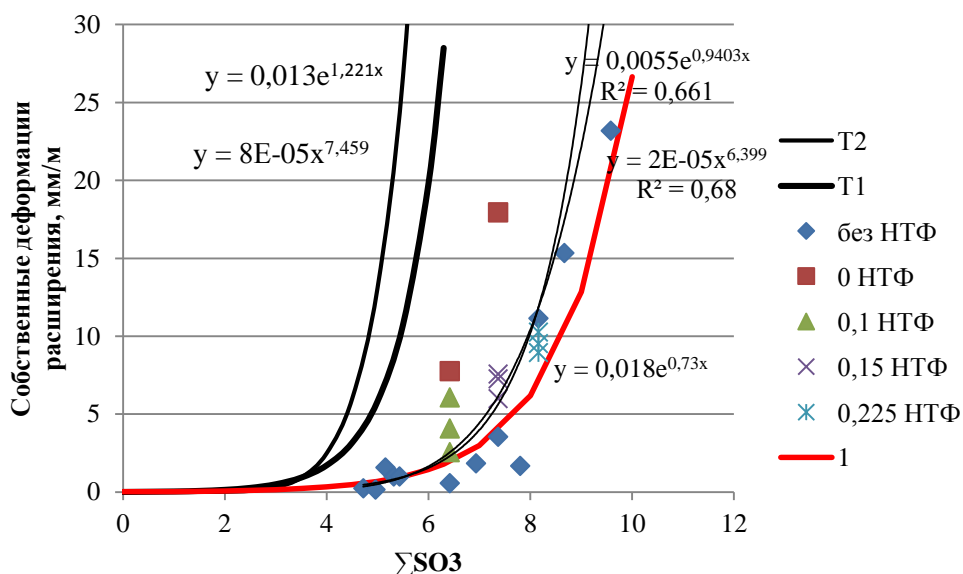


Рис. 8. Зависимость собственных деформаций расширения в 28 суток от суммарного содержания SO₃ (разработан авторами): 0...0,225% Ц НТФ – дозировка НТФ, 1 – данные авторов, T1 и T2 – по данным Несветаева Г.В., Красильникова К.Г., Кузнецовой Т.В., Дробященко И.М., Моргун В.Н., Виноградовой Е.В. [5-11]

Анализируя полученные данные можно отметить, что график параллельно смещен относительно данных других авторов в сторону увеличения, что говорит о том, что на кинетику процесса нарастания собственных свободных деформаций цементного камня оказывают влияние совместимость компонентов НЦ, тонкость помола алюминатного компонента и др. Смещение графика в сторону уменьшения относительно данных полученных без НТФ говорит о том, что ее введение влияет на процесс нарастания собственных свободных деформаций.

Таким образом, введение НТФ в состав РД позволяет регулировать кинетику собственных свободных деформаций, особенно в ранний период структурообразования цементного камня, и управлять величиной линейного расширения в зависимости от дозировки РД и НТФ в составе НЦ.

Поскольку изменением дозы НТФ можно регулировать кинетику прочности, то в сочетании с изменением дозы и состава РД можно в широком диапазоне управлять собственными свободными деформациями вяжущего, что особенно важно в ранний период структурообразования цементного камня, когда вследствие несогласованности процессов возможно доминирование деструктивных процессов и снижение прочности, особенно на растяжение (изгиб).

На рис. 9 представлен график зависимости предела прочности на сжатие от деформаций расширения в возрасте 28 суток.

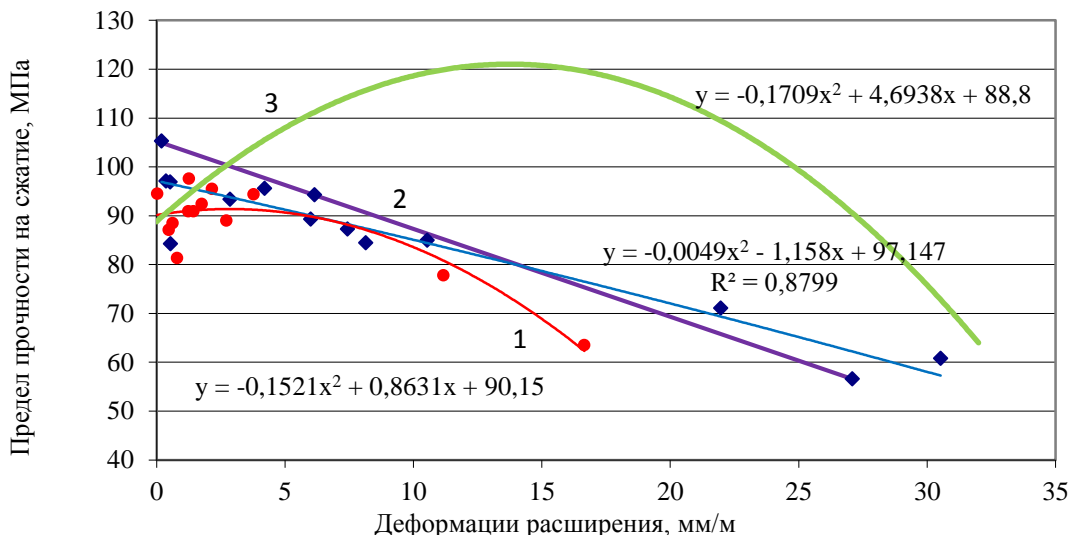


Рис. 9. Зависимость предела прочности на сжатие от деформаций расширения в 28 суток (разработан авторами): 1 – данные авторов с НТФ; 2 – данные авторов без НТФ; 3 – данные Чмель Г.В. [12]

Введение НТФ в состав НЦ позволяет повысить предел прочности цементного камня при незначительных деформациях расширения, оставить их на прежнем уровне в диапазоне деформаций расширения от 5 до 10 мм/м и обеспечить повышение до 22% предела прочности при больших значениях деформаций расширения относительно составов без НТФ.

На рис. 10 представлена зависимость предела прочности на растяжение при изгибе от деформаций свободного расширения.

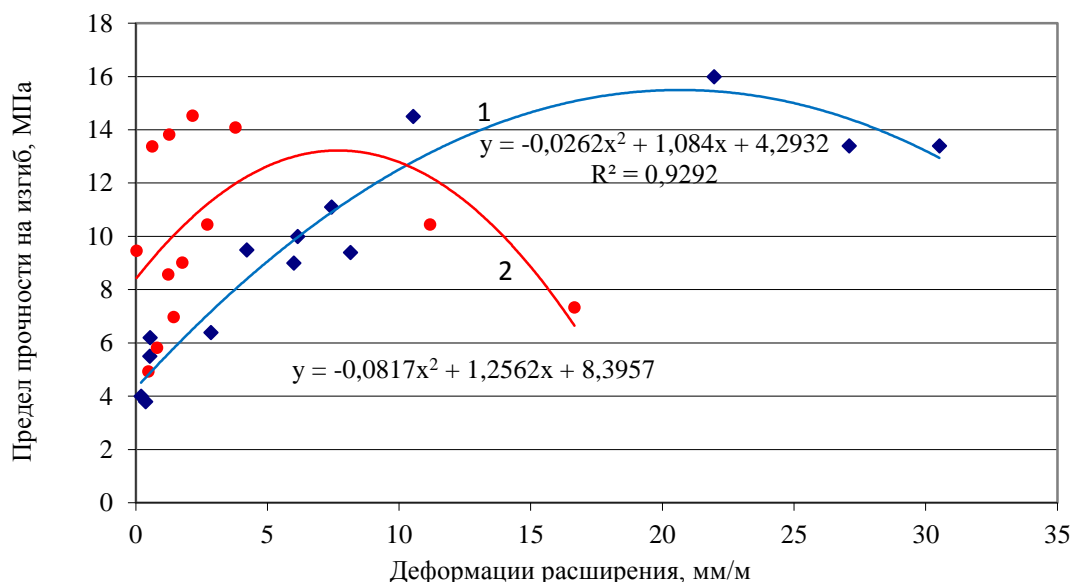


Рис. 10. Зависимость предела прочности на изгиб от деформаций расширения (разработан авторами): 1 – данные авторов с НТФ; 2 – данные авторов без НТФ

На предел прочности при изгибе введение НТФ оказывает негативное влияние при значениях деформаций расширения до 10 мм/м, а при увеличении этого значения предел прочности значительно увеличивается в сравнении с составами без НТФ. Особо следует

отметить, что сочетание РД+НТФ позволила при деформации расширения до 20 мм/м получить повышение прочности на изгиб до 68% (!) относительно бездобавочного эталона.

На рис. 11 представлена зависимость относительной прочности от деформаций расширения, а на рис. 12 от дополнительной пористости цементного камня.

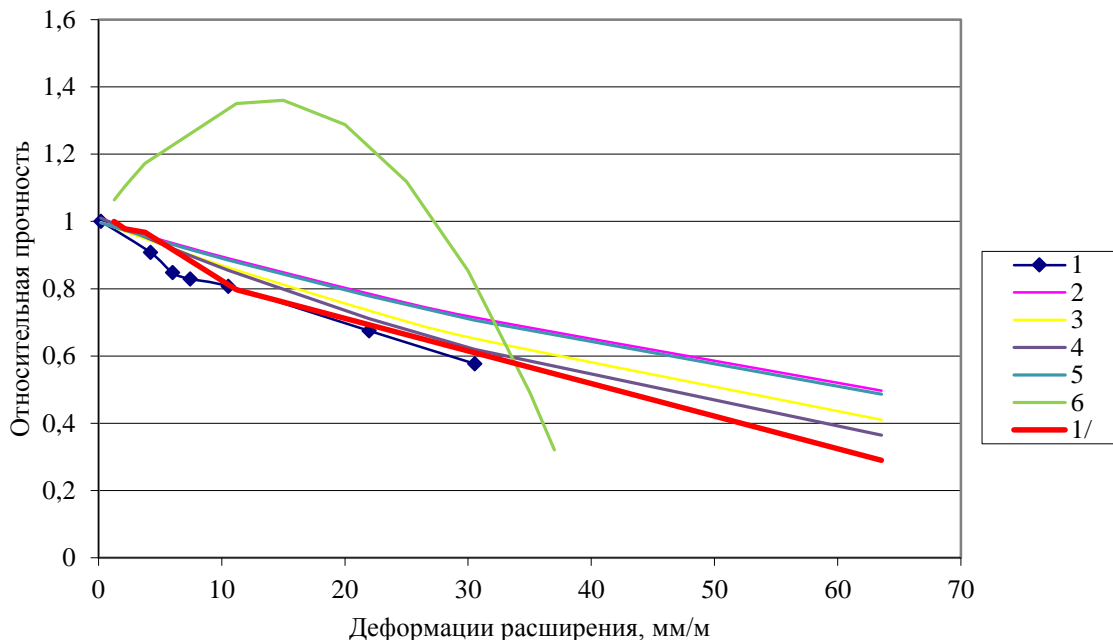


Рис. 11. Зависимость относительной прочности от деформаций расширения (разработан авторами): 1 – данные авторов без НТФ; 2 – по ф. $R/R_0 = \exp(-0,011*\epsilon)$ [13], 3 – по ф. $R/R_0 = \exp(-0,014*\epsilon)$ [13]; 4 – данные Харченко И.Я. [14, 15]; 5, 6 – данные Чмель Г.В. [12]; 1/ - данные авторов с НТФ

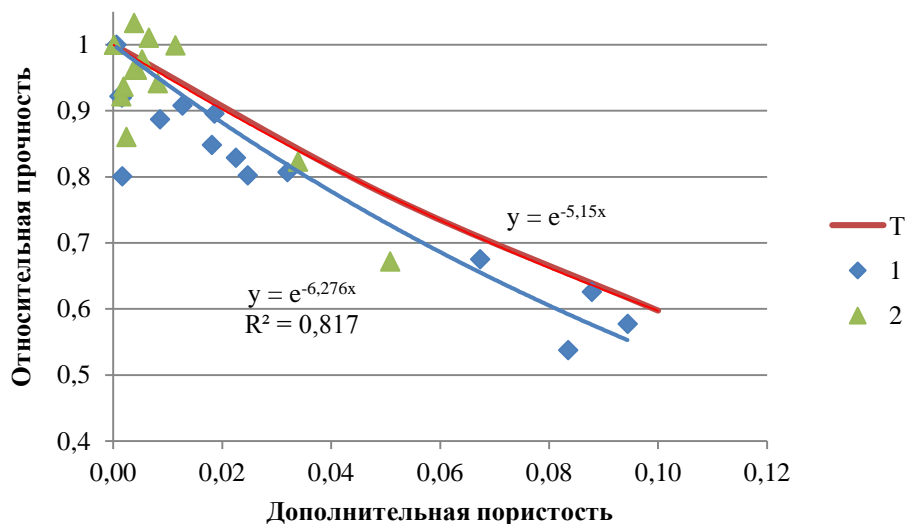


Рис. 12. Зависимость относительной прочности от дополнительной пористости (разработан авторами): 1 – данные авторов с НТФ; 2 – данные авторов без НТФ; Т – по формуле Рышкевича [11]

Полученные на рис. 11, 12 данные говорят о том, что совместное введение РД и НТФ при деформациях расширения до 10 мм/м негативно сказывается на прочности цементного

камня, однако при дальнейшем увеличении деформаций расширения позволяет повысить показатели прочности до 22% относительно составов без НТФ.

На рис. 13 представлены данные о соотношении пределов прочности при изгибе и сжатии цементного камня.

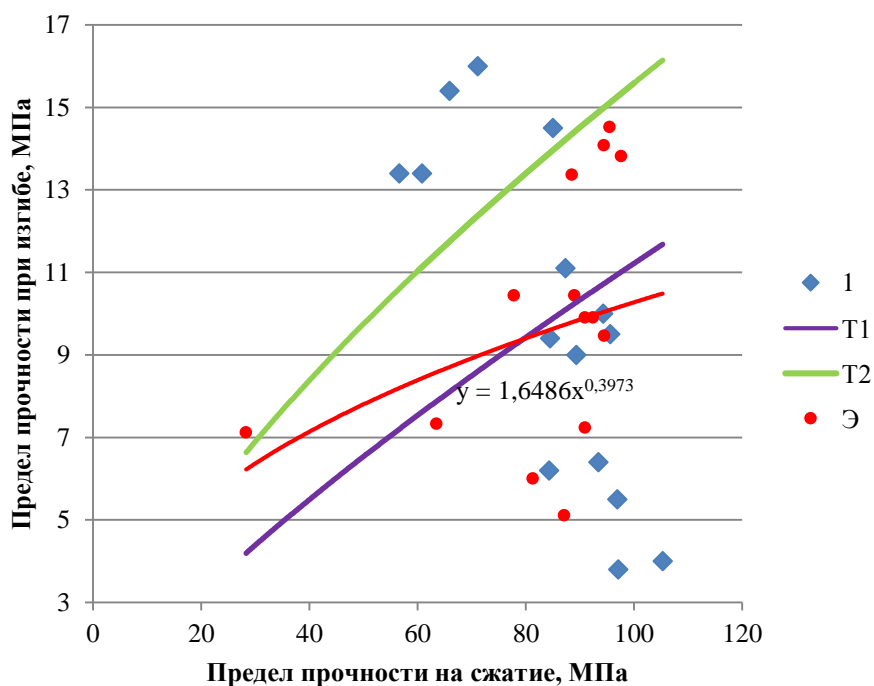


Рис. 13. Зависимость предела прочности при изгибе от предела прочности на сжатие (разработан авторами): 1 – данные авторов; T1 – по ф. $R_f = 0,31 * R^{0,779}$ [13]; T2 – по ф. $R_f = 0,69 * R^{0,677}$ [11]; Э – данные авторов без НТФ

Из представленных на рис. 13 данных видно, что введение РД и НТФ в состав вяжущего приводит к снижению предела прочности от 7,8 до 46,2%. При этом при введении РД в количестве до 24,4% снижение передела прочности составляет до 19,9%, а дальнейшее увеличение количества РД в составе вяжущего снижает предел прочности в большей степени. Также следует отметить, что введение НТФ в составы с РД приводит к увеличению предела прочности на сжатие относительно составов с тем же количеством РД, но без НТФ до 46,9%.

Введение РД и НТФ в состав вяжущего приводит к увеличению предела прочности при изгибе до 3 раз (!). При этом можно выделить три основные группы:

- увеличение предела прочности при изгибе до 60% при снижении предела прочности на сжатие до 19,9% составы с НТФ без РД;
- увеличение предела прочности при изгибе в 1,78 раз при снижении предела прочности на сжатие до 19,9% составы с НТФ с РД в количестве до 24,4%;
- увеличение предела прочности при изгибе до 3 раз при снижении предела прочности на сжатие до 46,2% составы с НТФ и РД в количестве 27,7%, а так же составы с РД без НТФ.

Полученные данные свидетельствуют о влиянии НТФ на процессы структурообразования цементного камня и процесс набора прочности скелета посредством регулирования согласованности данных процессов между собой.

На рис. 14, 15 представлены данные об изменении динамического модуля упругости в зависимости от собственных свободных деформаций в день замера, максимальных деформаций собственного расширения и продолжительности твердения.

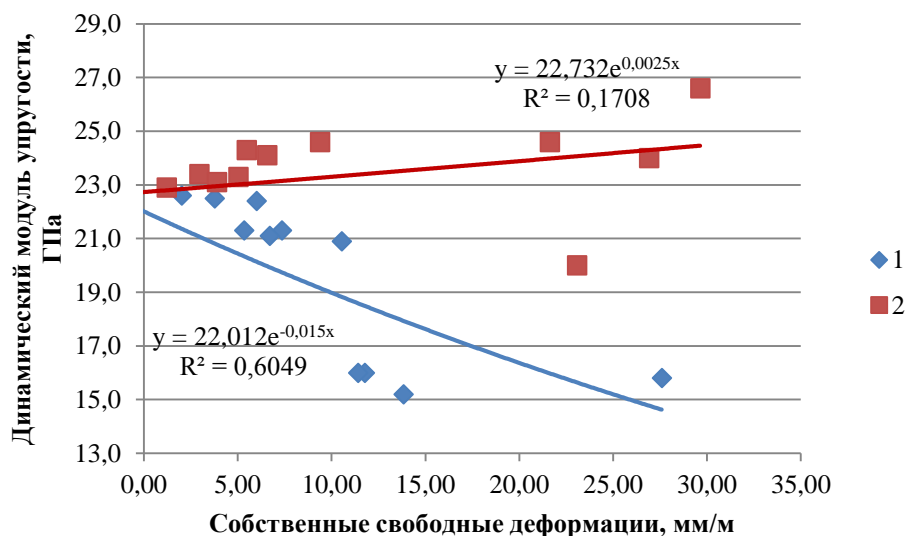


Рис. 14. Зависимость динамического модуля упругости от собственных свободных деформаций в день замера (разработан авторами): 1 – 49 суток; 2 – 120 суток

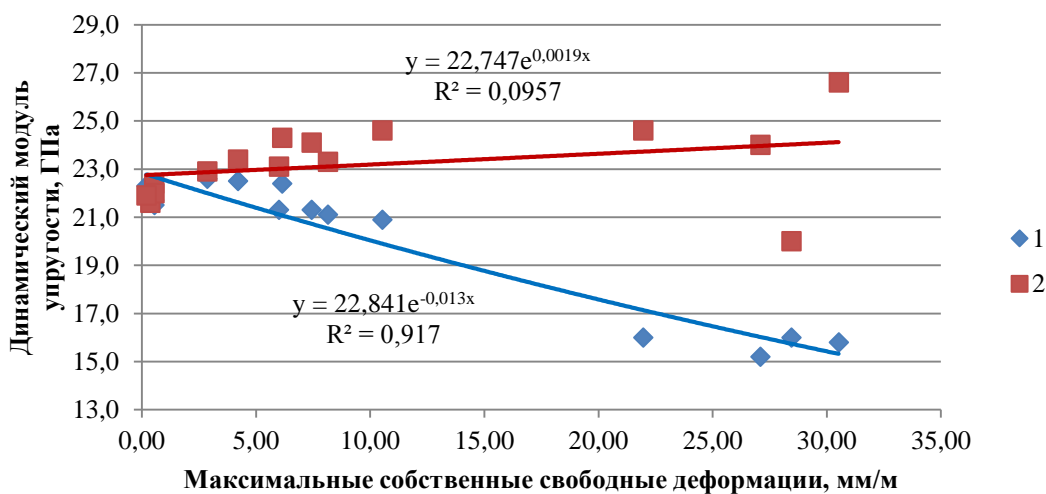


Рис. 15. Зависимость динамического модуля упругости от максимальных собственных свободных деформаций (разработан авторами): 1 – 49 суток; 2 – 120 суток

Вследствие несогласованности кинетики прочности и расширения в структуре цементного камня в период до окончания стабилизации процесса расширения с ростом собственных свободных деформаций в формирующейся структуре будут появляться дефекты в виде пор и трещин, что негативно влияет на прочность цементного камня и подтверждается снижением динамического модуля упругости. При благоприятных температурно-влажностных условиях после стабилизации расширения вследствие продолжения гидратации формируются новообразования, обеспечивающие уменьшение пористости и «зарастание» трещин. Представленные на рис. 14, 15 данные подтверждают наличие эффекта, известного как «самозалечивание» структуры цементного камня [9]: при расширении 30 мм/м происходит увеличение объема до 9%, что при неизменной массе эквивалентно повышению полной пористости на 9%. Поскольку модуль упругости бетона, как известно, изменяется

примерно на 2% на процент изменения пористости, то повышение пористости до 9% должно вызвать снижение модуля упругости до 20% (фактически – до 26%). В результате «самозалечивания» структуры при выдерживании более двух месяцев в благоприятных условиях произошло повышение модуля упругости до 20%, что связано с «зарастанием» трещин и уменьшением пористости вследствие гидратации. Авторами получена формула соотношения динамических модулей упругости от максимальных собственных свободных деформаций:

$$\frac{E_{\varepsilon}}{E_0} = \exp(b \cdot \varepsilon) \quad (5)$$

где $b = - 0,015$ в момент стабилизации расширения и $0,0025$ после длительного выдерживания в благоприятных условиях.

Поскольку при отсутствии расширения (ПЦ без РД) при длительном выдерживании в благоприятных условиях отмечается незначительное повышение динамического модуля упругости, а с ростом расширения, т.е. фактически с ростом содержания РД, повышение модуля со временем возрастает более значительно, очевидно, что определяющим фактором роста модуля является не снижение пористости вследствие гидратации, а «зарастание» трещин, обусловленное формированием этtringита, количество которого пропорционально количеству РД.

Таким образом, НТФ позволяет регулировать согласованность кинетики процессов нарастания собственных свободных деформаций и набора прочности скелета, что дает возможность увеличения деформаций расширения без снижения прочностных показателей.

Выводы

1. Повышение дозы НТФ от 0,1 до 0,225% при содержании РД от 20,4 до 27,7% в составе НЦ интенсифицирует рост собственных свободных деформаций расширения в возрасте 28 суток от 33,5 до 100%, повышает предел прочности при изгибе до 1,78 раза вследствие положительного влияния НТФ на согласованность кинетики нарастания собственных свободных деформаций и формирования прочности цементного камня.
2. При одинаковых дозировках РД НТФ уменьшает максимальное значение собственных свободных деформаций расширения от 41,60 до 80,34%, что сопровождается ростом прочности, поскольку расширение в условиях свободного развития деформаций сопровождается увеличением пористости цементного камня до 9% и закономерным снижением прочности цементного камня на сжатие до 19,3%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моделирование набора прочности бетоном при гидратации цемента / С.В. Федосов, В.И. Бобылев, А.М. Ибрагимов, В.К. Козлова, А.М. Соколов // Строительные материалы. - 2011. - №11. С. 38-41.
2. Звездов А.И. Еще раз о природе расширения бетонов на основе напрягающего цемента // Бетон и железобетон. – 2001. - №4. С. 3-5.
3. Лебедев А.О., Сидоренко И.Л., Посысаев Т.В. Напрягающие цементы и сухие смеси на их основе // Бетон и железобетон. – 2001. - №4. – С. 30-33.
4. Несветаев Г.В., Потапова Ю.И. Управление собственными деформациями цементного камня изменением состава и количества расширяющей добавки // Научное обозрение. – 2013. - №11. С. 46-49.
5. Виноградова Е.В. Высокопрочный быстротвердеющий бетон с компенсированной усадкой: автореф. дис. канд. техн. наук. / РГСУ. Ростов-на-Дону. 2006. 24 с.
6. Дробященко И.М. Исследование некоторых свойств напрягающего цемента (НЦ) на основе сталерафинированного шлака // Сборник научных трудов: Исследование и применение напрягающего бетона и самонапряженных железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1984. – С. 5-15.
7. Красильников К.Г., Никитина Л.В., Скоблинская Н.Н. Физико-химия собственных деформаций цементного камня. – М.: Стройиздат, 1980. – 255 с.
8. Кузнецова Т.В. Алюминатные и сульфоалюминатные цементы. М.: Стройиздат, 1989. – 209 с.
9. Михайлов В.В., Литвер С.Л. Расширяющийся и напрягающий цементы и самонапряженные железобетонные конструкции. М.: Стройиздат, 1974. - 312 с.
10. Моргун В.Н. Структурообразование и свойства фибропенобетонов неавтоклавного твердения с компенсированной усадкой: автореф. дис. канд. техн. наук. / РГСУ: Ростов-на-Дону. 2004. 25 с.
11. Несветаев Г.В. Бетоны: учебное пособие. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2011. – 381 с.
12. Чмель Г.В. Модифицирование расширяющихся вяжущих веществ с целью управления собственными деформациями и прочностью бетонов: автореф. дис. канд. техн. наук. / РГСУ: Ростов-на-Дону, 2004. 24 с.
13. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. М.: Стройиздат, 1981. С. 464.
14. J. Stark, I. Chartschenko Entwicklung der Quellzemente für die Baupraxis, «75 Jahre Quellzement» Internationales Symposium – Weimar, 1995. – S. 47-48.
15. J. Stark, I. Chartschenko Theoretische Grundlagen zur Anwendung von Quellzementen in der Baupraxis, «75 Jahre Quellzement» Internationales Symposium – Weimar, 1995. – S. 48-49.

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 nitrilotrimetilfosphonic acid on processes of structure formation straining cements

Abstract. In the compressive strength as one of the most important exponent of normalized long-quality concrete, the most influence renders the consistency of the processes of increase its own free deformation and strength development of the skeleton. One way to control the consistency of these processes is a modification of the composition straining cement additive to influence the process of hardening cement stone. In this paper the authors used as an additive retarder of solidification nitrilotrimethylphosphonic acid. The additive of nitrilotrimetilfosphonic acid is a weak unwatering in the initial period of hardening, it inhibits the formation of calcium hydrosilicates, i.e. a hardening retarder. As is known, nitrilotrimethylphosphonic acid has a selective effect on the hydration kinetics of the various minerals; in this connection, adjusting these factors, it is possible to ensure consistency of the formation and expansion of strength cement stone to minimize the effects of the structural stresses associated with the extension. On the basis of compositions of straining cements with nitrilotrimetilfosphonic acid authors studied the effect of the presence of nitrilotrimetilfosphonic acid, as well as its own number on the kinetics of free deformation and strength properties of the cement stone. The authors obtained depending on the maximum rate of increase of its own free strain of the number nitrilotrimetilfosphonic acid expands additive and a part of straining cement, as well as obtained a formula ratio of dynamic elasticity modules of the maximum its own free deformations.

Keywords: the process of growing its own free strain; set of strength of the skeleton; retarder of solidification; straining cement; expanding agent; structure formation of cement stone; dynamic elastic modulus.

REFERENCES

1. Modelirovanie nabora prochnosti betonom pri gidratatsii tsementa / S.V. Fedosov, V.I. Bobylev, A.M. Ibragimov, V.K. Kozlova, A.M. Sokolov // Stroitel'nye materialy. - 2011. - №11. S. 38-41.
2. Zvezdov A.I. Eshche raz o prirode rasshireniya betonov na osnove napryagayushchego tsementa // Beton i zhelezobeton. – 2001. - №4. S. 3-5.
3. Lebedev A.O., Sidorenko I.L., Posysaev T.V. Napryagayushchie tsementy i sukhie smesi na ikh osnove // Beton i zhelezobeton. – 2001. - №4. – S. 30-33.
4. Nesvetaev G.V., Potapova Yu.I. Upravlenie sobstvennymi deformatsiyami tsementnogo kamnya izmeneniem sostava i kolichestva rasshiryayushchey dobavki // Nauchnoe obozrenie. – 2013. - №11. S. 46-49.
5. Vinogradova E.V. Vysokoprochnyy bystrotverdeyushchiy beton s kompensirovannoy usadkoy: avtoref. dis. kand. tekhn. nauk. / RGSU. Rostov-na-Donu. 2006. 24 s.
6. Drobyashchenko I.M. Issledovanie nekotorykh svoystv napryagayushchego tsementa (NTs) na osnove stalerafinirovannogo shlaka // Sbornik nauchnykh trudov: Issledovanie i primeneniye napryagayushchego betona i samonapryazhennykh zhelezobetonnykh konstruksiy. – M.: Stroyizdat, 1984. – S. 5-15.
7. Krasil'nikov K.G., Nikitina L.V., Skoblinskaya N.N. Fiziko-khimiya sobstvennykh deformatsiy tsementnogo kamnya. – M.: Stroyizdat, 1980. – 255 s.
8. Kuznetsova T.V. Alyuminatnye i sul'foalyuminatnye tsementy. M.: Stroyizdat, 1989. – 209 s.
9. Mikhaylov V.V., Litver S.L. Rasshiryayushchiysya i napryagayushchiy tsementy i samonapryazhennyye zhelezobetonnyye konstruksii. M.: Stroyizdat, 1974. - 312 s.
10. Morgun V.N. Strukuroobrazovanie i svoystva fibropenobetonov neavtoklavnogo tverdeniya s kompensirovannoy usadkoy: avtoref. dis. kand. tekhn. nauk. / RGSU: Rostov-na-Donu. 2004. 25 s.
11. Nesvetaev G.V. Betony: uchebnoe posobie. – Rostov-na-Donu: Feniks, 2011. – 381 s.
12. Chmel' G.V. Modifitsirovanie rasshiryayushchikhsya vyazhushchikh veshchestv s tsel'yu upravleniya sobstvennymi deformatsiyami i prochnost' betonov: avtoref. dis. kand. tekhn. nauk. / RGSU: Rostov-na-Donu, 2004. 24 s.
13. Akhverdov I.N. Osnovy fiziki betona. M.: Stroyizdat, 1981. S. 464.
14. J. Stark, I. Chartschenko Entwicklung der Quellzemente fur die Baupraxis, «75 Jahre Quellzement» Internationales Symposium – Weimar, 1995. – S. 47-48.
15. J. Stark, I. Chartschenko Theoretische Grundlagen zur Anwendung von Quellzementen in der Baupraxis, «75 Jahre Quellzement» Internationales Symposium – Weimar, 1995. – S. 48-49.