

doi: 10.5862/MCE.51.3

## О влиянии суперпластификатора на эффективность противоусадочной добавки

*Д.т.н., профессор Ю.Г. Барабанщиков;  
студент А.А. Архарова;  
студент М. В. Терновский,*

*Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

**Аннотация.** Проведены исследования усадки цементного камня с противоусадочной добавкой Estrifan Additive RCL и с той же добавкой в комплексе с суперпластификатором Mugarplast FK48. В составе пасты использовались порошкообразные наполнители: зола уноса Рефтинской ГРЭС и микрокремнезем МКУ-85.

Установлено, что усадка цементного камня в присутствии противоусадочной добавки снижается независимо от наличия или отсутствия минеральных микронаполнителей. При этом сами наполнители не оказывают влияния на усадку. При содержании противоусадочной добавки более 2 % в начальном периоде твердения наблюдается расширение. Период расширения тем продолжительнее, а значение деформации расширения тем выше, чем выше дозировка добавки.

Присутствие суперпластификатора FK48 усиливает эффект начального расширения, вызванного добавкой RCL, а также уменьшает усадочную деформацию, несмотря на то, что при самостоятельном действии эта добавка увеличивает усадку цементного камня. Установлено, что расширение вызвано влиянием добавки на химические процессы гидратации, а также предположительно на рост кристаллов гидросульфата алюмината кальция. Расширение частично или полностью компенсирует усадку, которая развивается в основном за счет удаления влаги. Суперпластификатор FK 48 замедляет испарение воды и тем самым повышает эффективность действия добавки RCL. Однако при равных влаготерях способность добавки FK48 замедлять испарение воды утрачивает свое значение, и действие суперпластификатора оказывается отрицательным.

**Ключевые слова:** цементный камень; воздушная усадка; аутогенная усадка; расширение; добавки; наполнители; синергия; прочность

### *Введение*

Усадка является одной из причин образования трещин в твердеющем бетоне [1]. Сдержанная усадка может вызвать образование трещин при первой же небольшой загрузке [2–4].

Для снижения усадки можно сокращать расход цемента, повышая тем самым содержание заполнителей в бетоне, уменьшать водоцементное отношение ( $V/C$ ), использовать цемент с пониженным содержанием  $C_3A$  и  $C_3S$  [5]. Однако данные факторы обычно жестко детерминированы требованиями по удобоукладываемости бетонной смеси, прочности бетона, другим свойствам и их нельзя изменить без отрицательных последствий для конструкции. Так, например, уменьшение  $V/C$  привело к увеличению напряжений в бетонном настиле моста, и это ускорило возникновение трещин в раннем возрасте [6]. Поэтому для регулирования усадки наиболее приемлемым является использование противоусадочных добавок. В настоящее время широкое применение в бетоне получили добавки суперпластификаторов, которые могут оказать определенное влияние на эффективность других модификаторов [7]. Совместимость добавок различного назначения и их взаимное влияние при использовании в бетоне требует изучения и учета [8–10].

Хорошо известно применение минеральных наполнителей для снижения ползучести и усадки бетона [11]. Согласно работе [12] зола уноса может существенно уменьшить аутогенную усадку в раннем возрасте бетона, в то время как микрокремнезем вызывает увеличение аутогенной усадки. Аутогенная усадка значительно меньше усадки при высыхании, несмотря на это, наблюдалось образование усадочных трещин в хорошо изолированном от высыхания бетоне [13].

Влияние минеральных наполнителей связано с их количеством и тонкостью помола. Считается, что если удельная поверхность летучей золы превышает  $4000 \text{ см}^2/\text{г}$ , аутогенная усадка будет возрастать с увеличением количества добавки. Смесь летучей золы и шлака значительно уменьшает аутогенную усадку и ползучесть бетона [14]. Усадка уменьшается с увеличением

Барабанщиков Ю.Г., Архарова А.А., Терновский М.В. О влиянии суперпластификатора на эффективность противоусадочной добавки

процента замещения цемента золой, но эффект не столь значителен, когда замещение выше 20 %. Шлак также уменьшает раннюю усадку обычного бетона, усадка уменьшается с увеличением замещения, но эффект также снижается, когда замещение составляет менее 20 %. Смесь летучей золы и шлака дает более низкую усадку, чем зола [15]. Эффективной мерой борьбы с усадкой является поддержание твердеющего бетона во влажном состоянии, однако эта мера не всегда осуществима на практике и не исключает аутогенную усадку [16].

Минимизация аутогенной усадки при получении высокопрочных бетонов является важной задачей, которая решается применением низкотермичных белитовых цементов и противоусадочных или расширяющих добавок [17]. В настоящее время достаточно широко изучаются противоусадочные добавки [18]. В работе [19] для компенсации усадки рекомендуется применять наряду с противоусадочной добавкой расширяющий компонент. При этом эффективность компенсации усадки бетона с точки зрения снижения риска трещинообразования в основном зависит от правильного согласования между ростом прочности в раннем возрасте и скоростью расширения. При совместном введении двух и более добавок в бетонную смесь возможно как ослабление, так и усиление их индивидуального действия [20]. Эффективность синергического действия противоусадочных и расширяющих добавок по сравнению с индивидуальным использованием компонентов показана на примере самоуплотняющейся бетонной смеси, имеющей высокую аутогенную усадку, характерную, как правило, для бетонов этого типа с низким В/Ц [21]. В работе [22] испытывались совместно два СНФ-суперпластификатора, один из которых являлся замедлителем схватывания, другой – подавителем воздухоовлечения. Применение этой смеси положительно сказалось не только на прочности, но и на усадке цементного камня, раствора и бетона.

В работе [23] исследовалось влияние пластификаторов на основе нафталина, поликарбоксилатов, замедляющего компонента и противоусадочной добавки на ползучесть бетона. Результаты показали, что по сравнению с нафталин-пластификатором поликарбоксилаты могут значительно уменьшить ползучесть бетона, противоусадочный компонент также уменьшает ползучесть. Включение замедлителя негативно влияет на ползучесть. В последнее время широко разрабатываются наномодифицированные бетоны, в которых действие добавок различного назначения усиливается влиянием наночастиц [24–28].

Целью настоящей работы является исследование влияния противоусадочной добавки Estrifan Additive RCL при совместном использовании с суперпластификатором Muraplast FK48 и порошкообразными наполнителями – золой уноса Рефтинской ГРЭС и микрокремнеземом МКУ-85 – на усадку цементного камня.

### *Методика испытаний*

Для измерения усадки по ГОСТ 24544-81 из цементной пасты готовили образцы размерами 25x25x250 мм. В качестве вяжущего использовался портландцемент ЦЕМ I 42,5Н производства ОАО «Сухоложскцемент». Микронаполнители вводили в качестве замены части цемента. Противоусадочную добавку вводили вместе с водой затворения, а суперпластификатор – непосредственно в смесь после частичного затворения водой. Количество воды подбирали по нормальной густоте цементного теста погружением пестика на приборе «Вика». Водоцементное отношение без пластификатора варьировалось в пределах 0,26...0,28, в присутствии пластификатора – 0,17...0,18. Первые сутки после изготовления образцы хранились в нормальных условиях по ГОСТ 18105-2010 в формах, изолированных полиэтиленовой пленкой. В процессе испытания образцы находились в климатической камере при температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха  $(60 \pm 5)\%$ . Измерение линейной усадки начинали через 1 сутки с момента изготовления образцов.

Усадка, измеряемая в воздушной среде, включает три составляющие: усадку высыхания, аутогенную и карбонизационную усадки.

При надежном изолировании образца от воздушной среды исключаются усадка высыхания и карбонизационная усадка. В этом случае изменение линейных размеров называют аутогенной усадкой. В данной работе измеряли воздушную усадку, отдельно измеряли аутогенную усадку, а также потерю влаги образцами.

Самая значительная потеря влаги происходит в начальном периоде испытания. В этот период в первую очередь удаляется влага, не связанная молекулярными силами адгезии с твердой поверхностью (свободная вода). Испарение свободной воды не вызывает усадки высыхания [29]. Усадка начинает проявляться после удаления свободной воды и обусловлена Барабанчиков Ю.Г., Архарова А.А., Терновский М.В. О влиянии суперпластификатора на эффективность противоусадочной добавки

испарением связанной воды геля. По другим данным, чем больше водопоглощение образца, тем больше усадка [30–31].

### Результаты определения воздушной усадки

На рисунке 1 приведены результаты определения воздушной усадки образцов цементного камня с добавкой Estrifan Additive RCL (в дальнейшем RCL) при различном содержании в процентах от массы цемента. С увеличением содержания добавки деформация усадки снижается.

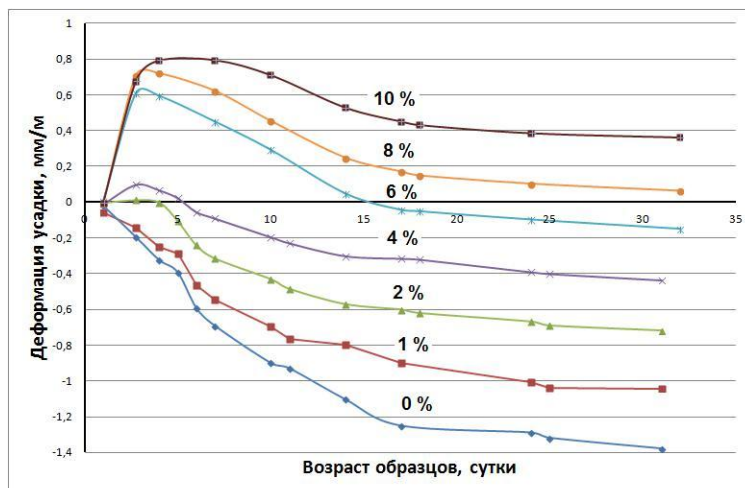


Рисунок 1. Влияние добавки Estrifan Additive RCL на усадку цементного камня

При содержании добавки более 2 % в начальном периоде твердения наблюдается расширение. Период расширения тем продолжительнее, чем выше дозировка добавки. При дозировке 4 % он составляет около 5 суток, а при 6 % – около 15 суток. При дозировке 8 и 10 % этот период не завершился к 32 суткам, и в итоге образцы показали к этому сроку вместо усадки расширение 0,1 и 0,4 мм/м. Наибольший пик расширения 0,8 мм/м имел место у образцов, содержащих 10 % Estrifan Additive RCL в 5-дневном возрасте.

При совместном действии добавок Estrifan Additive RCL и суперпластификатора Muraplast FK48 наблюдается определенная синергетика (рис. 2).

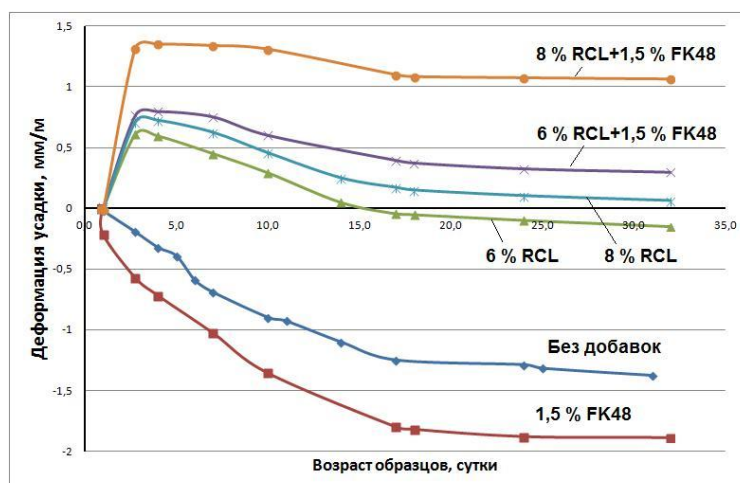
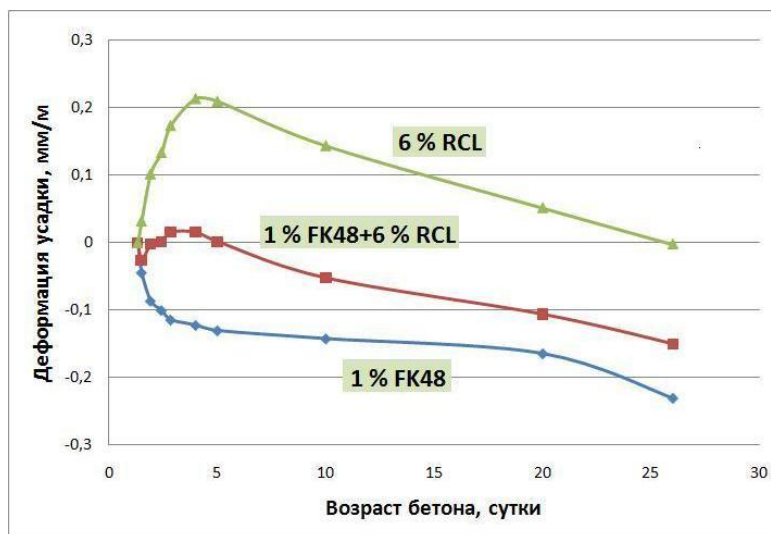


Рисунок 2. Синергетическое действие добавок Estrifan Additive RCL и Muraplast FK48 на усадку цементного камня

Из рисунка 2 видно, что присутствие суперпластификатора FK48 усиливает эффект начального расширения, вызванного добавкой RCL, а также уменьшает усадочную деформацию, несмотря на то, что при самостоятельном действии эта добавка увеличивает усадку цементного камня. Состав без добавок имел к сроку 31 сутки усадку, составляющую  $-1,38$  мм/м без предварительного расширения в начальные сроки. При добавлении 6 % RCL состав на 4 сутки показал максимальное расширение  $+0,58$  мм/м, а затем наблюдалась усадка, которая за 32 суток

составила  $-0,15$  мм/м относительно исходного размера. При введении двух добавок – 6 % RCL+1,5 % FK48 – наблюдалось начальное расширение до  $+0,8$  мм/м, и в итоге деформация к конечному сроку (32 сутки) оказалась положительной  $+0,3$  мм/м. Еще более значительное дополнительное расширение (по сравнению с расширением при содержании только RCL) вызвал суперпластификатор FK48 при содержании добавки RCL 8 %.



**Рисунок 3. Синергетическое действие добавок Estrifan Addictive RCL и Muraplast FK48 на аутогенную усадку цементного камня**

Влияния золы уноса Рефтинской ГРЭС на усадку цементного камня как в случае чисто цементной композиции, так и при введении противоусадочной добавки Estrifan Addictive RCL не обнаружено. Таким образом, эффективность противоусадочной добавки Estrifan Addictive RCL сохраняется неизменной независимо от присутствия или отсутствия золы в цементной пасте. Микрокремнезем (так же, как и зола уноса) не оказывает заметного влияния на усадку цементного камня и не вызывает синергетического действия. В присутствии 5 % (от массы цемента) микрокремнезема, с увеличением содержания противоусадочной добавки Estrifan Addictive RCL начальное расширение образцов возрастает, а последующая усадка уменьшается практически в той же степени, что и при отсутствии микрокремнезема. При одинаковом содержании противоусадочной добавки, составляющем 2 % от массы цемента, как отсутствие микрокремнезема, так и его присутствие в количестве 5 или 10 % не влияет на усадочные деформации.

### *Результаты определения аутогенной усадки*

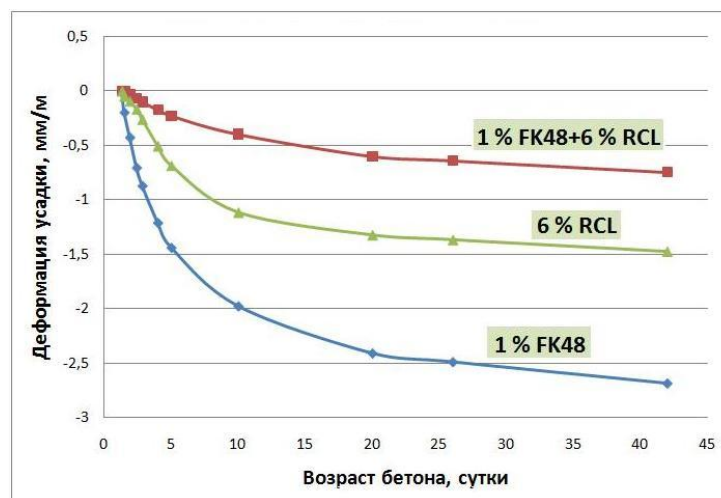
На рисунке 3 показана зависимость аутогенной усадки цементного камня с добавками Estrifan Addictive RCL и Muraplast FK48 по отдельности и при совместном введении.

Образцы для определения аутогенной усадки через 18 ч после изготовления были изолированы от воздушной среды двумя слоями самоклеящейся алюминиевой фольги и двумя слоями гидроизоляционной липкой ленты. Выходы реперов загерметизированы силиконовым герметиком. В процессе испытания масса образцов контролировалась взвешиванием с точностью 0,1 г. Уменьшение массы образцов за весь срок испытания составило в среднем 0,1 г, что лежит в пределах погрешности измерения. Таким образом, можно утверждать, что испарения воды из образцов не происходило.

Как и в случае воздушного твердения образцов, добавка Estrifan Addictive RCL вызывает расширение в начальные сроки. Как было показано выше в опытах по определению воздушной усадки, суперпластификатор FK48 увеличивает усадку цементного камня по сравнению с составом без добавок, но введенный совместно с добавкой Estrifan Addictive RCL он усиливает противоусадочное действие последней. В случае же изолированных образцов действие суперпластификатора FK48 оказывается противоположным: он снижает эффективность противоусадочной добавки. Объяснение такого влияния может заключаться в том, что добавка RCL изменяет механизм образования гидросульфаталюмината кальция, способствуя более полной его гидратации и расширению, в то время как добавка FK48, экранируя новообразования, затормаживает этот процесс.

Барабанщиков Ю.Г., Архарова А.А., Терновский М.В. О влиянии суперпластификатора на эффективность противоусадочной добавки

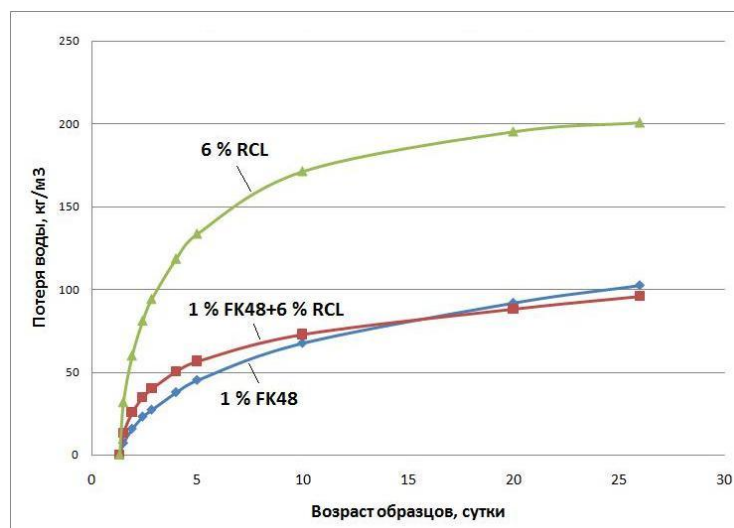
На рисунке 4 показана усадка при высыхании тех же составов, полученная вычитанием аутогенной усадки из общей воздушной усадочной деформации.



**Рисунок 4. Влияние добавок на усадку высыхания цементного камня**

Здесь взаимное расположение кривых отличается от того, что мы видим на предыдущем графике. А именно, кривая для состава с двумя добавками 1 % FK48+6 % RCL располагается выше кривой для состава только с противоусадочной добавкой 6 % RCL. Это согласуется с ранее полученными данными о том, что добавка FK48 усиливает противоусадочное действие RCL, в то время как в отсутствие RCL усадка под действием FK48 увеличивается.

На кривых, представленных на рисунке 4, не наблюдается расширения составов в отличие от аутогенной усадки. Действительно, было бы странно, если бы испарение влаги вызывало расширение образцов. Таким образом, расширение – это следствие химических процессов в системе. Рассмотрим теперь, как влияют эти добавки на испарение влаги из цементного камня. На рисунке 5 показана кинетика потери влаги образцами в процессе твердения.



**Рисунок 5. Влияние добавок на потерю влаги цементным камнем**

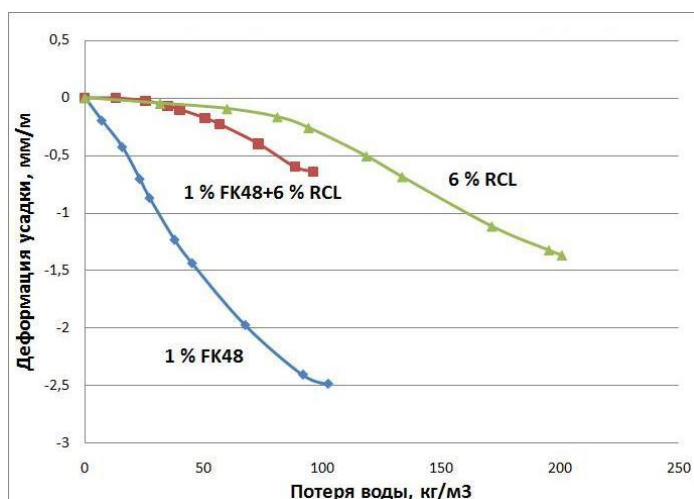
В присутствии пластифицирующей добавки FK48 потеря влаги практически не зависит от добавки RCL. Две кривые – одна для образцов с двумя добавками 1 % FK48+6 % RCL, другая для образцов с одной только добавкой 1 % FK48 – располагаются очень близко. Это говорит о том, что доминирующим с точки зрения отдачи влаги является действие добавки FK48. Отсутствие этой добавки ведет к резкому росту влагопотери – практически в 2 раза.

По сравнению с составом без добавок добавка FK48 замедляет испарение влаги из цементного камня, а добавка RCL, наоборот, ускоряет. Усадка при высыхании образцов, содержащих RCL, частично компенсируется расширением, связанным с влиянием добавки на химические процессы при твердении.

Барабанщиков Ю.Г., Архарова А.А., Терновский М.В. О влиянии суперпластификатора на эффективность противоусадочной добавки

С другой стороны, компенсация усадки за счет влажностной ее составляющей может быть получена при введении пластификатора FK48, задерживающего испарение воды из цементного камня. Таким образом, в случае борьбы с усадкой с помощью добавки Estrifan Additive RCL для повышения ее эффективности целесообразно применять суперпластификатор FK48, замедляющий испарение воды из бетона.

Развитие усадки при высыхании цементного камня в зависимости от потери влаги показано на рисунке 6. При одинаковой потере воды наименьшую усадку обеспечивает добавка Estrifan Additive RCL. Несколько выше усадка у состава с двумя добавками 1 % FK48+6 % RCL. А самую большую усадку имеет цементный камень с добавкой FK48. При условии равных влагопотерь способность добавки FK48 замедлять испарение воды теряет свое значение, и действие этой добавки оказывается отрицательным.



**Рисунок 6. Влияние добавок на зависимость усадки высыхания от потери влаги цементным камнем**

Таким образом, если бетон защищается от испарения влаги, то более эффективно применять одиночную добавку RCL. Если защита бетона от испарения не предусматривается, а требование к усадке привязано к определенному сроку, то целесообразно применить наряду с RCL также и добавку FK48, замедляющую испарение.

### Результаты испытания образцов на прочность

Образцы цементного камня в виде балочек размерами 25x25x250 мм после определения усадочных деформаций в течение 32 суток были испытаны на прочность при изгибе и сжатии. Результаты испытаний приведены в таблице 1, из которой видно, что добавка Estrifan Additive RCL в основном понижает прочность образцов как при изгибе, так и при сжатии. Понижение прочности возрастает с увеличением количества добавки Estrifan Additive RCL. Снижение прочности при изгибе составляет в среднем 4 % на каждый процент введенной добавки Estrifan Additive RCL. В то же время добавка на основе полиспиртов повышает прочность шлакощелочного бетона [32].

**Таблица 1. Результаты испытаний образцов цементного камня на изгиб и сжатие**

№ состава	Содержание добавки Estrifan Additive RCL [%] от массы цемента	Предел прочности [МПа]	
		при изгибе	при сжатии
1	-	17,8	114,6
2	1	16,3	145,7
3	2	14,0	103,1
4	4	13,3	92,2
5	6	14,5	91,8
6	8	10,7	86,3
7	10	9,8	85,4

## Заклучение

Проведены исследования усадки цементного камня и влияния на нее противоусадочной добавки Estrifan Additive RCL как самостоятельно, так и в комплексе с суперпластификатором Muraplast FK48 и порошкообразными наполнителями – золой уноса Рефтинской ГРЭС и микрокремнеземом МКУ-85.

Установлено, что усадка цементного камня в присутствии этой добавки снижается независимо от наличия минеральных микронаполнителей. При этом сами наполнители не оказывают никакого влияния на усадку. С добавкой же FK48 наблюдается определенная синергетика.

При содержании добавки более 2% в начальном периоде твердения наблюдается расширение. Период расширения тем продолжительнее, а значение деформации расширения тем выше, чем выше дозировка добавки. Присутствие суперпластификатора FK48 усиливает эффект начального расширения, вызванного добавкой RCL, а также уменьшает усадочную деформацию, несмотря на то, что при самостоятельном действии эта добавка увеличивает усадку цементного камня.

Установлено, что расширение вызвано влиянием добавки на химические процессы гидратации. Расширение частично или полностью компенсирует усадку, которая развивается в основном за счет удаления влаги. Суперпластификатор FK48 замедляет испарение воды и тем самым повышает эффективность действия добавки RCL. Однако при условии равных влагопотерь способность добавки FK48 замедлять испарение воды утрачивает свое значение, и действие этой добавки оказывается отрицательным.

## Литература

1. Gribniak G., Kaklauskas V., Bacinskas D. Shrinkage in reinforced concrete structures: A computational aspect // *Journal of Civil Engineering and Management*. 2008. Vol. 14 (1). Pp. 49–60.
2. Gribniak V., Kaklauskas G., Kliukas R., Jakubovskis R. Shrinkage effect on short-term deformation behavior of reinforced concrete - When it should not be neglected // *Materials and Design*. 2013. Vol. 51. Pp. 1060–1070.
3. Sprince A., Fischer G., Pakrastinsh L., Korjamins A. Crack propagation in concrete with silica particles // *Advanced Materials Research*. 2014. Vol. 842. Pp. 470–476.
4. Ватин Н.И., Орлов Д.В.. Предельная работа разрушения образца из легкого наномодифицированного бетона // XXXVIII Неделя науки СПбГПУ. Материалы международной научно-практической конференции. 2009. С. 241–243.
5. Тейлор Х. Химия цемента. М.: Мир, 1996. 560 с.
6. Byard B.E., Schindler A.K., Barnes R.W., Rao A. Cracking tendency of bridge deck concrete // *Transportation Research Record*. 2010. Vol. 2164. Pp. 122–131.
7. Киски С.С., Агеев И.В., Пономарев А.Н., Козеев А.А., Юдович М.Е. Исследование возможности модификации карбоксилатных пластификаторов в составе модифицированных бетонных смесей // *Инженерно-строительный журнал*. 2012. № 8. С. 42–46.
8. Runova R.F., Kochevych M.O., Rudenko I.I.. On the slump loss problem of superplasticized concrete mixes // *Proceedings of the International Conference on Admixtures - Enhancing Concrete Performance*, 2005. Pp. 149–156.
9. Palacios M., Flatt R.J., Puertas F., Sanchez-Herencia A. Compatibility between polycarboxylate and viscosity-modifying admixtures in cement pastes // *American Concrete Institute, ACI Special Publication*. 2012. Vol. 288 SP. Pp. 29–42.
10. Jayasree C., Santhanam M., Gettu R. Cement-superplasticiser compatibility - Issues and challenges // *Indian Concrete Journal*. 2011. Vol. 85(7). Pp. 48–60.
11. Котов Д.С. Деформации усадки бетона, модифицированного химическими и тонкодисперсными минеральными наполнителями // *Инженерно-строительный журнал*. 2009. №7. С. 11–21.
12. Xie L. Influence of mineral admixtures on early-age autogenous shrinkage of high-performance concrete // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 457-458. Pp. 318–322.
13. Byard B.E., Schindler A.K., Barnes R.W. Early-age cracking tendency and ultimate degree of hydration of internally cured concrete // *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2012. Vol. 24 (8). Pp. 1025–1033.
14. He Z., Qian C., Gao X. The autogenous shrinkage and creep characteristics of concrete with modified admixtures // *Advanced Science Letters*. 2012. Vol. 12. Pp. 402–406.

15. Zhang L., Lai J., Qian X., Hu D. Influence of mineral admixtures on early shrinkage of ordinary concrete // *Advanced Materials Research*. 2012. Vol. 450-451. Pp. 135–139.
16. Ерышев В.А., Латышева Е.В., Бондаренко А.С. Усадочные деформации в бетонных и железобетонных элементах // *Известия казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2012. № 4. С. 97–101.
17. Tanimura M., Maruyama I., Sato R. Autogenous deformation and resultant induced stress in low-shrinkage high-strength concrete // *Proceedings of the 8th Int. Conference on Creep, Shrinkage and Durability Mechanics of Concrete and Concrete Structures*. 2009. Vol. 2. Pp. 855–862.
18. Lecomte A., Vulcano-Greullet N., Steichen C., Scharfe G. The risk of cracking of fine hydraulic mixtures // *Cement and Concrete Research*. 2003. Vol. 33(12). Pp. 1983–1997.
19. Corcella C.M., Cereda C., Tavano S., Canonico F., Gastaldi D. Parameters influencing the performance of shrinkage-compensating concrete // *American Concrete Institute, ACI Special Publication*. 2012. No.289. Pp. 43–57.
20. Plank J., Tiemeyer C., Buelichen D., Recalde Lummer N. A review of synergistic and antagonistic effects between oilwell cement additives // *Proceedings - SPE International Symposium on Oilfield Chemistry*. 2013. Vol. 2. Pp. 690–702
21. José Oliveira M., Ribeiro A.B., Branco F.G. Combined effect of expansive and shrinkage reducing admixtures to control autogenous shrinkage in self-compacting concrete // *Construction and Building Materials*. 2014. Vol. 52. Pp. 267–275.
22. Wang Y., Yan H. Effect of naphthalene compounded superplasticizer on strength and shrinkage of ready-mixed concrete // *Applied Mechanics and Materials*. 2012. Vol. 174–177. Pp. 488–495.
23. Zhang Y., Qian C.-X., Zhao F., He Z.-H., Qu J., Guo J.-Q., Danzinger M. Influence regularities of chemical admixtures on creep // *Gongneng Cailiao/Journal of Functional Materials*. 2013. Vol. 44(11). Pp. 1620–1623.
24. Kiski S.S., Ponomarev A.N., Ageyev I. V., Cun C. Modification of the fine – aggregate concrete by high disperse silica fume and carbon nanoparticles containing modifiers // *Advanced Materials Research*. 2014. Vol. 941-944. Pp. 430–435.
25. Кривцов Е.Е., Никулин Н.М., Ясинская Е.В. Исследование характеристик наномодифицированных сухих строительных смесей // *Инженерно-строительный журнал*. 2011. №2(20). С. 29–32.
26. Пономарев А. Н. Высококачественные бетоны. Анализ возможностей и практика использования методов нанотехнологий // *Инженерно-строительный журнал*. 2009. № 6. С. 25–33.
27. Бескороваяная О.Н., Бычков Д.С., Гаевская З.А. Быстромонтируемые здания из легкого наномодифицированного бетона // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2014. №1(16). С. 61–71.
28. Фролов А.В., Чумадова Л.И., Черкашин А.В., Акимов Л.И. Экономичность использования и влияние наноразмерных частиц на свойства легких высокопрочных бетонов // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2014. №4(19). С. 51–61.
29. Александровский С.В. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на изменения температуры и влажности с учетом ползучести. М.: Стройиздат, 1973. 432 с.
30. Cortas R., Rozière E., Staquet S., Loukili A., Delplancke-Ogletree M.-P. Effect of the water saturation of aggregates on the shrinkage induced cracking risk of concrete at early age // *Cement and Concrete Composites*. 2014. Vol. 50. Pp. 1–9.
31. Tam C.M., Tam V.W.Y., Ng K.M. Assessing drying shrinkage and water permeability of reactive powder concrete produced in Hong Kong // *Construction and Building Materials*. 2012. Vol.26 (1). Pp. 79–89.
32. Шишкин А.А. Щелочные реакционные порошковые бетоны // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2014. № 2(17). С. 56–65.

*Юрий Германович Барабанщиков, Санкт-Петербург, Россия  
Тел. раб.: +(812)5341286; эл. почта: ugb@mail.ru*

*Анна Андреевна Архарова, Санкт-Петербург, Россия  
Тел. моб.: +7(921)8964407; эл. почта: arharova93@bk.ru*

*Максимилиан Владимирович Терновский, Санкт-Петербург, Россия  
Тел. моб.: +7(931)2345003; эл. почта: maxter93@mail.ru*

© Барабанщиков Ю.Г., Архарова А.А., Терновский М.В., 2014



doi: 10.5862/MCE.51.3

## On the influence on the efficiency of anti-shrinkage additives superplasticizer

**Yu.G. Barabanshchikov***St-Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia  
+78125341286; e-mail: ugb@mail.ru***A.A. Arkharova***St-Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia  
+79218964407; e-mail: arxarova93@bk.ru***M.V. Ternovskii***St-Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia  
+79312345003; e-mail: maxter93@mail.ru*

### Key words

cement stone, air shrinkage, autogenous shrinkage, expansion, additives, fillers, synergy, strength

### Abstract

Cement paste shrinkage and influence of the shrink-resistant additive Estrifan Additive RCL on this process were studied, both when the latter one was used independently, and in a combination with the superplasticizer Muraplast FK48, and powdery fillers - fly ash and silica fume Reftinskaya TPP ISU-85.

It has been revealed that cement shrinkage in the presence of this additive is reduced regardless of the presence or absence of mineral microfillers. Moreover, these fillers have no impact on shrinkage. When the content of additives is more than 2% at the initial stage of hardening expansion was observed. The expansion period is getting longer, and the expansion deformation value is becoming higher with the increased dosage of the additive. Presence of the superplasticizer FK48 strengthens the effect of the initial expansion caused by the RCL additive, and also reduces shrinkable deformation in spite of the fact that this additive increases shrinkage of a cement stone when used independently.

It has been established that the expansion is caused by the additive influencing the chemical processes of hydration, allegedly influencing the growth of crystals calcium гидросульфата. The expansion partially or completely compensates shrinkage which develops generally due to removal of moisture. The superplasticizer FK 48 slows down water evaporation and, thereby, increases efficiency of the RCL additive action. However, under the equal condition of moisture losses, the ability of the FK48 additive to slow down water evaporation loses its value and action of this additive is negative.

### References

1. Gribniak G. Kaklauskas V., Bacinskas. D. Shrinkage in reinforced concrete structures: A computational aspect. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2008. Vol. 14 (1). Pp. 49–60.
2. Gribniak V., Kaklauskas G., Kliukas R., Jakubovskis R. Shrinkage effect on short-term deformation behavior of reinforced concrete - When it should not be neglected. *Materials and Design*. 2013. Vol. 51. Pp. 1060–1070.
3. Sprince A., Fischer G., Pakrastinsh L., Korjakins A. Crack propagation in concrete with silica particles. *Advanced Materials Research*. 2014. Vol. 842. Pp. 470–476.
4. Vatin N.I., Orlov D.V. Predelnaya rabota razrusheniya obraztsa iz legkogo nanomodifitsirovannogo betona [Limiting the work of destruction of the sample from a light nanomodified concrete]. *XXXVIII Nedelya nauki SPBGPU. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [XXXVIII Science Week SPbSPU. Proceedings of the international scientific-practical conference]*. 2009. Pp. 241–243. (rus)
5. Teylor Kh. *Khimiya tsementa* [Chemistry of cement]. Moscow: Mir, 1996. 560 p. (rus)
6. Byard B.E., Schindler A.K., Barnes R.W., Rao A. Cracking tendency of bridge deck concrete. *Transportation Research Record*. 2010. Vol. 2164. Pp. 122–131.
7. Kiski S. S., Ageyev I. V., Ponomarev A.N., Kozeyev A. A., Yudovich M. Ye. Issledovaniye vozmozhnosti modifikatsii karboksilatnykh plastifikatorov v sostave modifitsirovannykh betonnykh smesey [Investigation of carboxylate plasticizer modification potential in modified fine-grained concrete mixes]. *Magazine of Civil Engineering*. 2012. No.8(34). Pp. 42–46. (rus)

8. Runova R.F., Kochevyh M.O., Rudenko I.I.. On the slump loss problem of superplasticized concrete mixes. *Proceedings of the International Conference on Admixtures - Enhancing Concrete Performance, 2005*. Pp. 149–156.
9. Palacios M., Flatt R.J., Puertas F., Sanchez-Herencia A. *Compatibility between polycarboxylate and viscosity-modifying admixtures in cement pastes*. American Concrete Institute, ACI Special Publication. 2012. Vol. 288 SP. Pp. 29–42.
10. Jayasree C., Santhanam M., Gettu R. Cement-superplasticiser compatibility - Issues and challenges. *Indian Concrete Journal*. 2011. Vol. 85(7). Pp. 48–60.
11. Kotov D.S. Deformatsii usadki betona, modifitsirovannogo khimicheskimi i tonkodispersnymi mineralnymi napolnitelyami [Shrinkage deformations of the concrete modified by chemical and fine mineral additives]. *Magazine of Civil Engineering*. 2009. No. 7. Pp. 11–21. (rus)
12. Xie L. Influence of mineral admixtures on early-age autogenous shrinkage of high-performance concrete. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 457–458. Pp. 318–322.
13. Byard B.E., Schindler A.K., Barnes R.W. Early-age cracking tendency and ultimate degree of hydration of internally cured concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2012. Vol. 24 (8). Pp. 1025–1033.
14. He Z., Qian C., Gao X. The autogenous shrinkage and creep characteristics of concrete with modified admixtures. *Advanced Science Letters*. 2012. Vol. 12. Pp. 402–406.
15. Zhang L., Lai J., Qian X., Hu D. Influence of mineral admixtures on early shrinkage of ordinary concrete. *Advanced Materials Research*. 2012. Vol. 450–451. Pp. 135–139.
16. Yeryshev V.A., Latysheva Ye.V., Bondarenko A.S. Usadochnyye deformatsii v betonnykh i zhelezobetonnykh elementakh [Shrinkage deformation in concrete and reinforced concrete elements]. *News of KSUAE*. 2012. No.4. Pp. 97–101. (rus)
17. Tanimura M., Maruyama I., Sato R. Autogenous deformation and resultant induced stress in low-shrinkage high-strength concrete. *Proceedings of the 8th Int. Conference on Creep, Shrinkage and Durability Mechanics of Concrete and Concrete Structures*. 2009. Vol. 2. Pp. 855–862.
18. Lecomte A., Vulcano-Greullet N., Steichen C., Scharfe G. The risk of cracking of fine hydraulic mixtures. *Cement and Concrete Research*. 2003. Vol. 33(12). Pp. 1983–1997.
19. Corcella C.M., Cereda C., Tavano S., Canonico F., Gastaldi D. Parameters influencing the performance of shrinkage-compensating concrete. *American Concrete Institute, ACI Special Publication*. 2012. No. 289. Pp. 43–57.
20. Plank J., Tiemeyer C., Buelichen D., Recalde Lummer N. A review of synergistic and antagonistic effects between oilwell cement additives. *Proceedings - SPE International Symposium on Oilfield Chemistry*. 2013. Vol. 2. Pp. 690–702.
21. José Oliveira M., Ribeiro A.B., Branco F.G. Combined effect of expansive and shrinkage reducing admixtures to control autogenous shrinkage in self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*. 2014. Vol. 52. Pp. 267–275.
22. Wang Y., Yan H. Effect of naphthalene compounded superplasticizer on strength and shrinkage of readymixed concrete. *Applied Mechanics and Materials*. 2012. Vol. 174–177. Pp. 488–495.
23. Zhang Y., Qian C.-X., Zhao F., He Z.-H., Qu J., Guo J.-Q., Danzinger M. Influence regularities of chemical admixtures on creep. *Gongneng Calliao/Journal of Functional Materials*. 2013. Vol. 44(11). Pp. 1620–1623.
24. Kiski S.S., Ponomarev A.N., Ageyev I. V., Cun C. Modification of the fine – aggregate concrete by high disperse silica fume and carbon nanoparticles containing modifiers. *Advanced Materials Research*. 2014. Vol. 941–944. Pp. 430–435.
25. Krivtsov E.E., Nikulin N.M., Yasinskaya E.V. Issledovaniye kharakteristik nanomodifitsirovannykh sukhikh stroitelnykh smesey [Research of characteristics of nanomodified dry building mixes]. *Magazine of Civil Engineering*. 2011. No.2(20). Pp. 29–32. (rus)
26. Ponomarev A.N. Vysokokachestvennyye betony. Analiz vozmozhnostei i praktika ispolzovaniia metodov nanotekhnologii [The high-quality concretes. The analysis of possibilities and the practical use of nanotechnological methods]. *Magazine of Civil Engineering*. 2009. No. 6. Pp. 25–33. (rus)
27. Beskorovaynaya O.N., Bychkov D.S., Gayevskaya Z.A. Bystromontiruemye zdaniya iz legkogo nanomodifitsirovannogo betona [The quickly erected buildings of lightweight nanomodified concrete]. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2014. No. 1(16). Pp. 61–71. (rus)
28. Frolov A.V., Chumadova L.I., Cherkashin A.V., Akimov L.I. Ekonomichnost ispolzovaniya i vliyaniye nanorazmernykh chastits na svoystva legkikh vysokoprochnykh betonov [The economy of use and the impact of nanoparticles on properties of lightweight high-strength concrete]. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2014. Vol. 4(19). Pp. 51–61. (rus)

Barabanshchikov Yu.G., Arkharova A.A., Ternovskii M.V. On the influence on the efficiency of anti-shrinkage additives superplasticizer

29. Aleksandrovskiy S.V. *Raschet betonnykh i zhelezobetonnykh konstruktsiy na izmeneniya temperatury i vlazhnosti s uchetom polzuchesti* [Calculation of concrete and reinforced concrete structures to changes in temperature and humidity with the creep]. Moscow: Stroyizdat, 1973. 432 p. (rus)
30. Cortas R., Rozière E., Staquet S., Loukili A., Delplancke-Ogletree M.-P. Effect of the water saturation of aggregates on the shrinkage induced cracking risk of concrete at early age. *Cement and Concrete Composites*. 2014. Vol. 50. Pp. 1–9.
31. Tam C.M., Tam V.W.Y., Ng K.M. Assessing drying shrinkage and water permeability of reactive powder concrete produced in Hong Kong. *Construction and Building Materials*. 2012. Vol. 26(1). Pp. 79–89.
32. Shishkin A.A. Shchelochnyye reaktsionnyye poroshkovyye betony [Alkaline reaction powder concretes]. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2014. No. 2(17). Pp. 56–65. (rus)

**Full text of this article in Russian: pp. 23–30**