

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>  
Russian journal of transport engineering

2018, №2, Том 5 / 2018, No 2, Vol 5 <https://t-s.today/issue-2-2018.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/10SATS218.pdf>

DOI: 10.15862/10SATS218 (<http://dx.doi.org/10.15862/10SATS218>)

Статья поступила в редакцию 19.04.2018; опубликована 15.06.2018

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Воронин В.В., Шувалова Е.А., Одинцов А.А., Архангельский Е.А. Применение добавок для ускорения набора прочности как альтернатива тепловлажностной обработке бетона // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №2, <https://t-s.today/PDF/10SATS218.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/10SATS218

**For citation:**

Voronin V.V., Shuvalova E.A., Odincov A.A., Arkhangelskiy E.A. (2018). The use of additives to accelerate the gain in strength as an alternative to the steam treatment of concrete. *Russian journal of transport engineering*, [online] 2(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/10SATS218.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/10SATS218

**УДК 691**

**ГРНТИ 67.09.33**

**Воронин Виктор Валерианович**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
Москва, Россия  
Консультант кафедры «Технологии вяжущих веществ и бетонов»  
Доктор технических наук  
E-mail: tvvib@mail.ru

**Шувалова Елена Александровна**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
Москва, Россия  
Ассистент кафедры «Технологии вяжущих веществ и бетонов»  
E-mail: Sh.Elena@list.ru

**Одинцов Артём Андреевич**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
Москва, Россия  
Бакалавр кафедры «Технологии вяжущих веществ и бетонов»  
E-mail: artemka.981@yandex.ru

**Архангельский Егор Алексеевич**

ООО «БАСФ Строительные системы», Москва, Россия  
Менеджер  
E-mail: ea.arkhangelskiy@gmail.com

## **Применение добавок для ускорения набора прочности как альтернатива тепловлажностной обработке бетона**

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по определению эффективности применения добавок Master Glenium ACE 430 и Master X-Seed 100 на ускорение кинетики набора прочности бетона. Для производства железобетонных изделий для дорожного строительства и аэродромных плит наибольшее распространение получил способ тепловой обработки железобетонных изделий насыщенным паром в камерах различных модификаций. Поскольку процесс тепловлажностной обработки является энергозатратным и трудоемким,

требует больших капиталовложений на установку и обслуживание оборудования, авторами был предложен альтернативный способ производства железобетонных изделий для транспортного строительства. Для проведения испытаний были изготовлены две партии образцов из бетона класса В30, одна из которых с применением добавки Master X-Seed 100, а вторая без применения. Партия образцов без добавок была помещена в камеру тепловлажностной обработки, общая продолжительность работы которой составляла 12 часов, а вторая партия образцов с использованием добавок была помещена в камеру нормального твердения при постоянной температуре 20 °С и относительной влажности 95 %. В процессе проведения испытаний отслеживалась динамика набора прочности образцов из каждой партии. Показатели прочности на сжатие были измерены по истечению 12 часов, 24-х часов, 3-х суток и 28-ми суток на универсальной электромеханической машине Form+Test MEGA 6-3000-100. В результате проведенных испытаний авторами было установлено, что применение указанных добавок в количестве 0,5 % на 1 куб. м бетонной смеси от массы цемента, ускоряет набор прочности образцов на 3-4 % и обеспечивает необходимые прочностные характеристики для соответствующего класса бетона.

**Ключевые слова:** тепловлажностная обработка; добавки; поликарбоксилаты; Master Glenium ACE 430; Master X-Seed 100; кинетика набора прочности бетона; камера нормального твердения

Исторически сложилось, что на территории постсоветского пространства в связи с имеющимися в Советском Союзе большими производственными площадями и достаточным количеством горючих полезных ископаемых для производства железобетонных изделий и, в частности, изделий для дорожного строительства и плит ПАГ наибольшее распространение получил способ тепловой обработки железобетонных изделий, насыщенным паром в камерах различных модификаций. Этот способ позволяет создать влажностные условия нагрева и сохранения необходимой влаги для прохождения процессов гидратации. Достоинством тепловлажностной обработки (ТВО) является увеличение скорости твердения бетона в 1,2 раза по сравнению с нормальным режимом твердения. Но обработка бетонных и железобетонных изделий высокотемпературным насыщенным паром приводит к формированию значительных остаточных деформаций и усадок в структуре бетона. Все это отражается как на прочностных, так и на качественных характеристиках изделия. Кроме того, тепловлажностная обработка негативно сказывается на долговечности работы формоснастки и создает зависимость от энергоносителя.

Поскольку процесс ТВО является достаточно энергозатратным и трудоемким, а также требует больших капиталовложений на установку и обслуживание оборудования, научным строительным сообществом начался поиск альтернативного способа производства железобетонных изделий для транспортного строительства. В течение долгого периода времени специалистами строительной области предлагались различные варианты решения, такие как: применение добавок ускорителей твердения на основе хлоридов, «нано» цемента, намагничивание воды, и многие другие. Но все эти способы либо работали только в лабораторных условиях, либо не работали вовсе.

В целях исключения недостатков, получаемых в результате тепловлажностной обработки, было проведено исследование, целью которого являлось определение влияния добавок на ускорение кинетики набора прочности бетона.

Существует несколько способов ускорения кинетики набора прочности бетона, такие как: использование быстротвердеющего цемента, повышение расхода цемента, увеличение температуры прогрева бетона, применение ускорителей твердения. Все эти методы имеют свои

недостатки. Быстротвердеющий цемент имеет большую стоимость по сравнению с нормально твердеющим. Он обладает большей экзотермией, что приводит к тому, что бетон на быстротвердеющем цементе сильнее разогревается, что может привести к появлению трещин при неправильном уходе за конструкцией.

Увеличение расхода цемента может вызвать повышение риска появления усадочных трещин. Также увеличение расхода цемента требует дополнительных ёмкостей для его хранения. Кроме того, это не всегда оправдано с экономической точки зрения.

Солевые добавки ускорители твердения оказывают негативное действие на арматуру и запрещены к применению в транспортном строительстве.

Во всем мире широко используются современные суперпластифицирующие добавки на основе эфиров поликарбоксилатов. Во время исследования были использованы следующие типы добавок: Master Glenium ACE 430 и Master X-Seed 100.

Master Glenium ACE 430 – суперпластифицирующая добавка для производства сборных железобетонных изделий, которая позволяет изготавливать бетонные смеси любой подвижности от жестких до высокоподвижных, в том числе самоуплотняющиеся.

Master X-Seed 100 – суспензия активных наночастиц, разработанная для ускорения процесса гидратации цемента на ранних сроках (6-12 часов), основана на уникальной инновационной технологии ускорения кристаллизации Crystal Speed Hardening™. Данная добавка значительно ускоряет рост кристаллов гидросиликатов кальция, образует дополнительные центры кристаллизации гидросиликатов кальция между зёрнами цемента, что значительно ускоряет развитие ранней прочности, пока окончательная микроструктура не достигнет схожих или улучшенных показателей. Данная добавка не содержит в своем составе солей и не оказывает негативного влияния на арматуру.

Целью проведённой работы ставилась задача определить эффективность применения добавки Master X-Seed 100 в бетоне, твердеющем в нормальных условиях в сравнении с бетоном без добавки Master X-Seed 100, подверженному тепловлажностной обработке по режиму, представленному ниже. Для испытаний были изготовлены две партии образцов стандартного размера 100x100x100 мм в количестве 8 образцов в каждой партии. Одна партия образцов была изготовлена с применением добавки Master X-Seed 100, а вторая без применения. Расчётный состав бетона на 1 куб. м для класса В30 представлен в табл. 1.

**Таблица 1**

**Расход сырья**

Сырьевые материалы	Расход на 1 куб. м бетона, кг	
	Состав с применением добавок	Состав без применения добавок
Вода по ГОСТ 23732-2011	130	130
Портландцемент: ПЦ500-Д0-Н по ГОСТ 31108-2003	385	385
Щебень гранитный фракции фракции Ø 5-10 мм по ГОСТ 8269.0-97	157	157
Щебень гранитный фракции фракции Ø 5-20 мм по ГОСТ 8269.0-97	870	870
Песок речной, М <sub>кр</sub> = 2,3 по ГОСТ 8736-2014	800	800
Суперпластификатор Master Glenium ACE 430	1,93	1,93
Ускоритель кристаллизации Master X-Seed 100	1,93	-

*Составлено авторами*

Партия образцов без добавок была помещена в камеру ТВО, режим работы которой общей продолжительностью 12 часов (2 часа выдержка при температуре 20 °С, 2 часа подъём температуры с 20 °С до 60 °С, 7 часов изотермия при 60 °С и 1 час остывание). Вторая партия

образцов с использованием добавок была помещена в камеру нормального твердения при постоянной температуре 20 °С и относительной влажности 95 %. В процессе проведения испытаний отслеживалась динамика набора прочности образцов из каждой партии. Показатели прочности были измерены по истечению 12 часов, 24-х часов, 3-х суток и 28-ми суток. Из каждой партии были отобраны по два образца для проведения испытаний на определение прочности на сжатие в данный период времени. Испытания проводились на базе НИУ МГСУ на универсальной электромеханической машине Form+Test MEGA 6-3000-100, обеспечивающие максимальную испытательную нагрузку 3000 кН, с погрешностью измерений  $\pm 0,5$  % (рис. 1).



**Рисунок 1.** Общий вид проведения испытаний: а – образец до проведения испытаний; б – образец после проведения испытаний (составлено авторами)

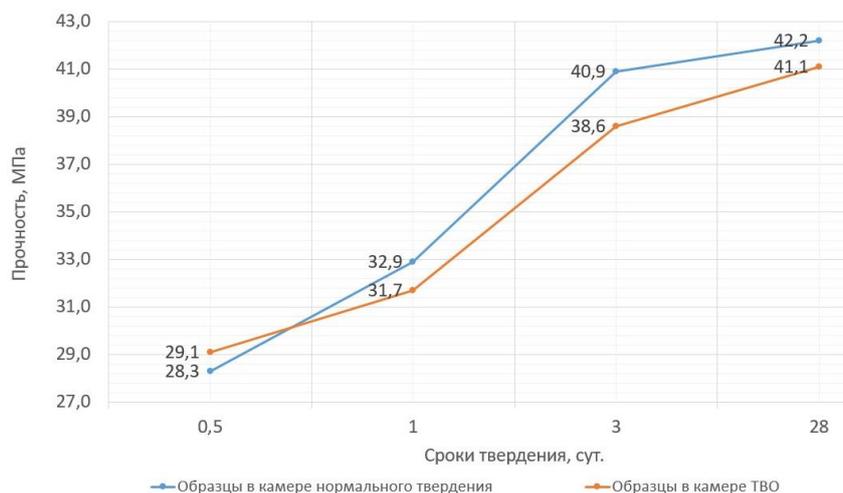
В результате испытаний было установлено, что показатели прочности на сжатие кубиков в камере нормального твердения выше показателей кубиков, находящихся в камере ТВО. Уже через сутки прочность образцов, находящихся в камере нормального твердения, была выше, чем прочность образцов, находящихся в камере тепловой обработки, на 4 %, а на 28 суток – на 3 % (табл. 2). Зависимость показателей прочности образцов от их сроков твердения представлено на рисунке 2.

**Таблица 2**

**Результаты испытаний**

Время	Без ТВО, с добавкой		ТВО, без добавки		
	Вес кубика, г	Прочность, МПа	Вес кубика, г	Прочность, МПа	
12 часов	2400	27.46	2405	29.42	29.1
	2410	29.12		28.81	
24 часа	2400	33.34	2415	31.38	31.7
	2405	32.46		2400	
3 суток	2408	40.20	2407	39.22	38.6
	2400	41.58		2407	
28 суток	2410	42.17	2400	40.70	41.1
	2403	42.17		2410	

Составлено авторами



**Рисунок 2.** Графики зависимости показателей прочности от сроков твердения (составлено авторами)

На основании проведённых исследований установлено, что применение добавок Master Glenium ACE 430 и Master X-Seed 100 в количестве 0,5 % от массы цемента на 1 куб. м бетонной смеси позволяет обеспечить необходимые прочностные характеристики для класса бетона В30 и избежать недостатки, сопровождающие тепловлажностную обработку.

Отказ от тепловлажностной обработки приведет к снижению себестоимости изделий за счет увеличения оборачиваемости форм, сокращению штата сотрудников предприятия и увеличению срока межремонтного интервала оборудования, снижению рисков образования вторичного этtringита, улучшению таких характеристик бетона как водонепроницаемость и морозостойкость, что способствует повышению долговечности железобетонных конструкций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 500 с.
2. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции / В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов: Общий курс. Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. – М.: Стройиздат, 1985. – 728 с., ил.
3. Гуриненко Н.С., Батяновский Э.И. Кинетика твердения и свойства цементного камня с ускоряющими твердения бетона добавками / Н.С. Гуриненко, Э.И. Батяновский // Автомобильные дороги и мосты. – 2014. – №2. – С. 90-98.
4. Кирсанова А.А., Крамар Л.Я., Рузавин А.А. Высокофункциональные тяжёлые бетоны нормального твердения / А.А. Кирсанова, Л.Я. Крамар, А.А. Рузавин // Архитектура, градостроительство и дизайн. – 2017. – №15. – С. 32-38.
5. Лагойда А.В., Королев Н.А. Введение добавок путь к сокращению энергозатрат / А.В. Лагойда, Н.А. Королев // Бетон и железобетон. – 1982. – №3, – С. 13.
6. Микульский В.Г. Строительные материалы (материаловедение и технология) / В.Г. Микульский: Учебное пособие. – М.: ИАСВ, 2002. – 536 с.
7. Москвин В.М. Добавки – ускорители твердения бетона / В.М. Москвин – М.: Издательство ГРСЛ, 1937. – 188 с.
8. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон / В.Б. Ратинов, Т.И. Розенберг – М.: Стройиздат, 1989. – 188 с.
9. Саматов М.А. Выбор наиболее рациональных добавок-ускорителей твердения бетона при производстве работ / М.А. Саматов // Наука без границ. – 2017. – №6 (11). – С. 104-110.
10. Солнцева В.А. Добавки в бетон / В.А. Солнцева. – Лениздат, 1965. – 108 с.

**Voronin Viktor Valerianovich**

Moscow state university of civil engineering, Moscow, Russia  
E-mail: tvvib@mail.ru

**Shuvalova Elena Alexandrovna**

Moscow state university of civil engineering, Moscow, Russia  
E-mail: Sh.Elena@list.ru

**Odincov Artem Andreevich**

Moscow state university of civil engineering, Moscow, Russia  
E-mail: artemka.981@yandex.ru

**Arkhangelskiy Egor Alekseevich**

LLC «BASF Construction systems», Moscow, Russia  
E-mail: ea.arkhangelskiy@gmail.com

## **The use of additives to accelerate the gain in strength as an alternative to the steam treatment of concrete**

**Abstract.** The article presents the results of studies to determine the effectiveness of the use of Master Glenium ACE 430 and Master x-Seed 100 additives to accelerate the kinetics of the concrete strength gain. For the production of reinforced concrete products for road construction and aerodrome smooth slabs, the most common method was the heat treatment of reinforced concrete products with saturated steam in chambers of various modifications. Since the process of steam treatment is energy-consuming and time-consuming, it requires a large investment in the installation and maintenance of the equipment, the authors proposed an alternative method of production of concrete products for transport construction. For testing were manufactured two batches of samples of concrete class B30, one of which is with the use of additive Master X-Seed 100 and the second without the use. A batch of samples without additives was placed in a heat-moisture treatment chamber, the total running time of which was 12 hours, and the second batch of samples with additives was placed in a normal hardening chamber at a constant temperature of 20 °C and a relative humidity of 95 %. During the testing process, the dynamics of strength gain of samples from each batch was monitored. Compression strength indicators were measured at the expiration of 12 hours, 24 hours, 3 days and 28 days on the Multi-purpose Electromechanical machine Form+Test MEGA 6-3000-100. As a result of the tests, the authors found that the use of these additives in an amount of 0.5 % per 1 cubic meter of concrete mixture by weight of cement, accelerates the gain of strength of samples by 3-4 % and provides the necessary strength characteristics for the corresponding class of concrete.

**Keywords:** steam treatment; additives; polycarboxylate; Master Glenium ACE 430; Master X-Seed 100; kinetics of concrete strength gain; moisture chamber

## REFERENCES

1. Bazhenov Yu.M. (2002). Tekhnologiya betona [*Concrete technology.*] Moscow: Izd-vo ASV, p. 500.
2. Bajkov V.N., Sigalov Eh.E. (1985). Zhelezobetonnye konstrukcii. [*Reinforced concrete structure.*] Moscow: Strojizdat, p. 728.
3. Gurinenko N.S., Batyanovskij Eh.I. (2014). Hardening kinetics and properties of cement stone with accelerating concrete hardening additives. *Roads and bridges*, 2, pp. 90-98. (in Russian).
4. Kirsanova A.A., Kramar L.Ya., Ruzavin A.A. (2017). Highly functional heavy normal hardening concretes. *Architecture, town planning and design*, 15, pp. 32-38. (in Russian).
5. Lagojda A.V., Korolev N.A. (1982). Introduction of additives way to reduce energy costs. *Concrete and Reinforced Concrete*, 3, p. 13. (in Russian).
6. Mikul'skij V.G. (2002). Stroitel'nye materialy (materialovedenie i tekhnologiya). [*Building materials (materials science and technology).*] Moscow: IASV, p. 536.
7. Moskvин V.M. (1937). Dobavki – uskoriteli tverdeniya betona. [*Additives-concrete hardening accelerators.*] Moscow: Izdatel'stvo GRSL, p. 188.
8. Ratinov V.B., Rozenberg T.I. (1989). Dobavki v beton. [*Additive in concrete.*] Moscow: Strojizdat, p. 188.
9. Samatov M.A. (2017). The choice of the most rational additives-concrete hardening accelerators in the production of works. *Science without borders*, 6(11), pp. 104-110. (in Russian).
10. Solnceva V.A. (1965). Dobavki v beton. [*Additive in concrete.*] Lenizdat, p. 108.