

УДК 691.537

## УСКОРИТЕЛИ СХВАТЫВАНИЯ И ТВЕРДЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

**Я.А. Олехнович, К. Шукшев**

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
г. Санкт-Петербург (Российская Федерация)*

**Аннотация.** В современном строительстве часто возникает необходимость в ускорении набора прочности бетонных или железобетонных конструкций, вследствие сжатых сроков строительного процесса или влияния неблагоприятных климатических условий на бетонирование. Строительное материаловедение достигло определенных успехов в создании химических добавок, обеспечивающих сокращение времени схватывания бетонной смеси с сохранением всех требуемых технических показателей. В данной статье проанализированы основные химические компоненты, используемые в бетонах. И ни один из них нельзя назвать «универсальным», потому что у каждого наряду с достоинствами, существуют и недостатки. В статье показано, что нет идеального материала, который мог бы применяться для схватывания бетонной смеси. Перед началом строительных работ, необходимо тщательно изучить особенности, положительные и отрицательные качества каждого материала и выбрать тот, который будет наиболее подходить в данном случае.

**Ключевые слова:** химические добавки, бетонная смесь, бетон, multifunctional добавки, ускорители твердения, ускорители схватывания, отвердитель.

**Ссылка для цитирования:** Олехнович Я.А., Шукшев К. Ускорители схватывания и твердения бетонных смесей // Инженерные исследования. 2022. №5 (10). С. 18-24. EDN: GUNUCV

## ACCELERATORS AND HARDENING OF CONCRETE MIXTURES

**Y.A. Olekhnovich, K. Shukshev**

*Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St.Petersburg (Russian Federation)*

**Abstract.** In modern construction, there is often a need to accelerate the curing of concrete or reinforced concrete structures, due to the short time frame of the construction process or the influence of adverse climatic conditions on concreting. Building materials science has achieved some success in the creation of chemical additives that reduce the setting time of the concrete mix while maintaining all the required technical indicators. This article analyzes the main chemical components used in concrete. And none of them can be called "universal", because each along with advantages, there are also disadvantages. The article shows that there is no ideal material that could be used to set the concrete mixture. Before starting construction work, it is necessary to carefully study the features, positive and negative qualities of each material and choose the one that will be most suitable in this case.

**Keywords:** chemical additives, concrete mixture, concrete, multifunctional additives, hardening accelerators, setting accelerators, hardener.

**For citation:** Olekhnovich Y.A., Shukshev K. Accelerators and hardening of concrete mixtures // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. 2022. No.5 (10). Pp. 18-24. EDN: GUNUCV

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день бетон - один из наиболее долговечных и надежных материалов. Однако его обычные свойства могут не всегда соответствовать условиям строительства или требованиям, предъявляемым к некоторым конструкциям [1]. При необходимости получить необходимые свойства при помощи специальных добавок в бетон применяют различные химические соединения. При помощи них возможно решить такие задачи, как выполнение бетонной работы в условиях отрицательных температур и придание цементу высокой пластичности для повышения прочности готовых конструкций [2].

Различные виды бетонных конструкций должны соответствовать определенным требованиям. Одни способны выдержать огромные нагрузки, другие – не разрушаться при постоянном контакте с водой и т.д. Чтобы придать им нужные свойства, используются добавки для бетона. Их используют в самых разных ситуациях [3]:

1. для возведения многоэтажных зданий;
- 2 для устройства пола, который имеет большую нагрузку, лучше использовать специальные материалы;
3. для изготовления тонких или крупноармированных конструкций;
4. строительство гидротехнических сооружений;
5. изготовление мелких изделий, таких как стеновые и облицовочные блоки; тротуарная плитка с бордюрами;
6. если вы планируете провести работы при отрицательных температурах или в сильный жар, то вам необходимо будет приобрести специальные средства защиты.

## ОСОБЕННОСТИ УСКОРИТЕЛЕЙ СХВАТЫВАНИЯ И ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА

Существует множество присадок, которые могут изменять только одно или два свойства бетона, а также комплексные многофункциональные добавки [4]. Выделяют следующие группы добавок:

- Пластифицирующие - благодаря им бетонный раствор улучшает подвижность и пластичность. Уменьшает риск образования усадочных трещин.
- Ускоритель твердения - это добавка в бетон для прочности и уменьшения времени, необходимого для её набора.
- Водоредуцирующие - позволяет сократить количество воды для приготовления бетонной смеси и обеспечить ее высокую плотность, морозостойкость и прочность.
- Противоморозные – поддерживают в бетонном растворе нормальные реакции, необходимые для твердения, при минусовой температуре.
- Регулирующие подвижность - сохраняют текучесть и пластичность бетона при длительной транспортировке или укладке в жаркую погоду.

Мы остановимся на добавках, ускоряющих твердение, такая добавка применяется для того чтобы увеличить прочность бетона и уменьшить время, необходимое для его набора. С целью сократить время строительства, часто требуется решение вопроса о том, как повысить прочность бетона не дожидаясь стандартных 28 дней для начала работ [5]. Существует мнение о том, что обычный бетон набирает марочную прочность только за тот период времени, в течение которого его нельзя нагружать [6]. Эти технологические паузы в работе не выгодны никому. В некоторых случаях требуется сократить скорость твердения. Например, при заливке стяжки и фундаментов, монолитных стен и перекрытий или изготовлении тротуарной плитки и шлакоблоков на цементный раствор [7].

Присадки, которые используются в бетоне для прочности - это активация химических реакций гидратации цемента [8]. Это позволяет:

- Повысить первичную (распалубочную) прочность бетона на 20-40%.
- Для увеличения прочности, необходимо повысить его марочную прочность на 10-20%.
- Увеличить подвижность смеси.

Затвердевание ускоряют составы на основе сернокислых, уголекислоты и аммонийных солей, нитратов и хлоридов кальция и натрия. Выбрать подходящую разновидность зависит от типа заливаемой конструкции, в частности – наличия армирования. При минусовой температуре (до -25 °С) нитраты и поташ не вызывают коррозии и подходят для заливки сборно-монолитных элементов из ж/б. Водорастворимые соли в разы снижают сроки схватывания бетона и требуют незамедлительной подачи готовой смеси, так как быстро теряется пластичность [9].

Ускорители твердения оказывают большое влияние на скорость набора прочности бетона на протяжении первых суток затвердевания бетона, со временем их воздействие ослабевает [10]. К 28-суточному состоянию прочность бетона с добавками и без них становится одинаковой, что наглядно прослеживается по графику набора прочности бетона (рис. 1):

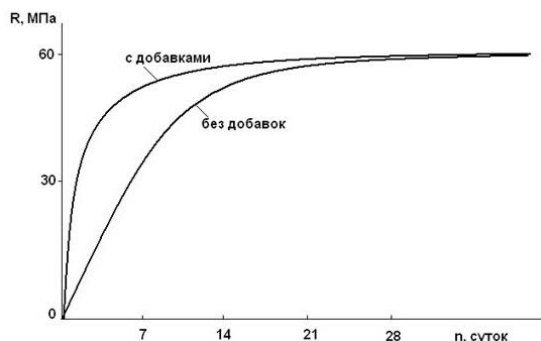


Рис. 1. График набора прочности образцов<sup>1</sup>  
Fig. 1. Graph of curing of specimens

Привлекательные российские марки включают в себя линейки Релакс и Форт, комплексные добавки Универсал П-2 (Асилин-12), Битрон 12-32. Также используются вещества в чистом виде: хлористый кальций, поташ, нитрат калия, сульфаты и алюминаты натрия. Как правило, большинство зарубежных ускорителей относятся к суперпластифицирующим комплексным добавкам для бетона [11].

#### ОБЗОР ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ИНОСТРАННЫХ СОСТАВОВ

Форт УП-2. Ускоритель твердения, комплексный, позволяющий увеличить прочность на 30-70 процентов в строительных растворах на портландцементе с разной степенью подвижности (увеличивая их до П5). Сухой порошок коричневого цвета на основе натриевых солей вводится после предварительного затворения водой. Расход вяжущего сокращается на 8-12 % и увеличивается конечная прочность изделия на 10% (рис. 2).



Рис. 2. Форт УП-2<sup>2</sup>  
Fig. 2. FORT UP-2



Рис. 3. Релаксатор<sup>2</sup>  
Fig. 3. Relaxsator

Конкрит-Ф. Состав: хлоридистый кальций, уменьшающий срок затвердевания. Преимущества его применения: повышение стойкости к поверхностному износу (прочность увеличивается в 1,5 раза и выше), минусовым температурам, ускоренное высвобождение заливочных элементов из форм или опалубки. Вводится при затворении сухих компонентов, полностью растворяется в воде. Отлично подходит для производства тротуарной плитки, также практически полностью исключает образование сколов и пустот на изделиях.

<sup>1</sup>Cementim. Всё о бетоне [Электронный ресурс]. – URL: <https://cementim.ru/nabor-prochnosti-betona/?ysclid=lbdmga69w8711364076> (дата обращения: 12.11.2022)

<sup>2</sup>Stroitel Lab [Электронный ресурс]. – URL: <https://stroitel-lab.ru/uskoriteli-sxvatyvaniya-i-tverdeniya-betonnyx-smesej.html?ysclid=lbdmj9kpx77045938> (дата обращения: 12.11.2022)

Реламикс. В линейке продукции компании Полипласт есть 8 марок с разным составом и целевом назначении. На сегодняшний день все виды являются комплексными, поскольку помимо обеспечения высоких показателей прочности на ранних этапах твердения улучшают такие качества бетона: водонепроницаемость и устойчивость к агрессивной среде. Как правило, максимальный эффект от введения достигается при приготовлении растворов высокого класса (от В40 и выше). Отличительные особенности – экономичность в пределах 1% и стандартная дозировка не превышает 1% (рис. 3).

Addiment. Продукция немецкого производителя Sika, признанного лидера по производству строительной химии. В наличии ускорители в виде порошков и готовых смесей, которые используются для разных целей: машинного нанесения (в зимнее время), сокращения сроков схватывания. К достоинствам относится улучшение структуры бетона и повышение его водонепроницаемости, а к недостаткам – высокая цена. Дозировка примерно от 1 до 5% (рис. 4).

Релаксатор. Продается в виде порошка, пасты или водного раствора. Свойства: ускоряет процесс схватывания и набор прочности, также используется как противоморозная добавка. Используется при заливке монолитных конструкций в комбинации с электропрогреваемыми устройствами. В процентном соотношении уменьшает содержание цемента в изделии на 30% (рис. 5).



Рис. 4. Cementol<sup>3</sup>  
Fig. 4. Cementol



Рис. 5. Релаксатор<sup>3</sup>  
Fig. 5. Relaxer

#### ИЗМЕРЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА НЕРАЗРУШАЮЩИМ КОНТРОЛЕМ СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

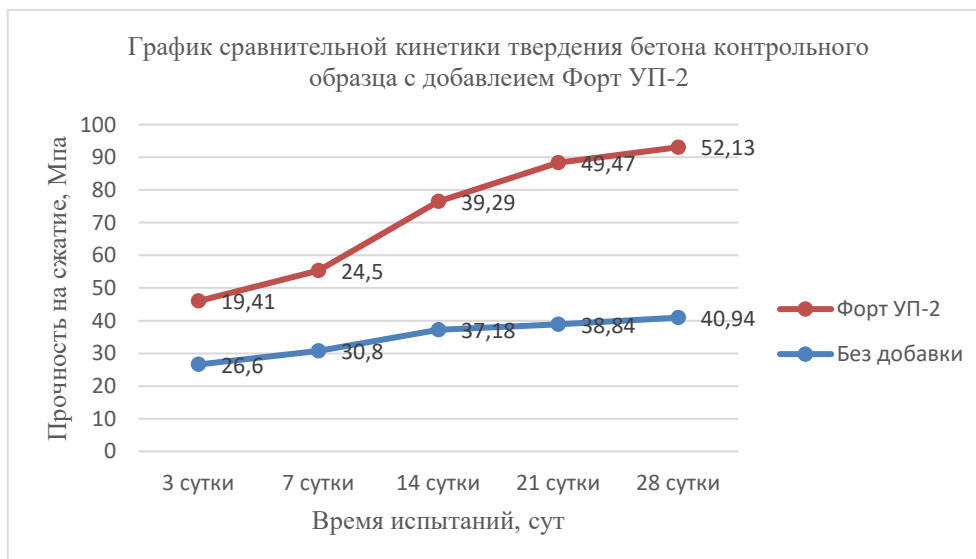
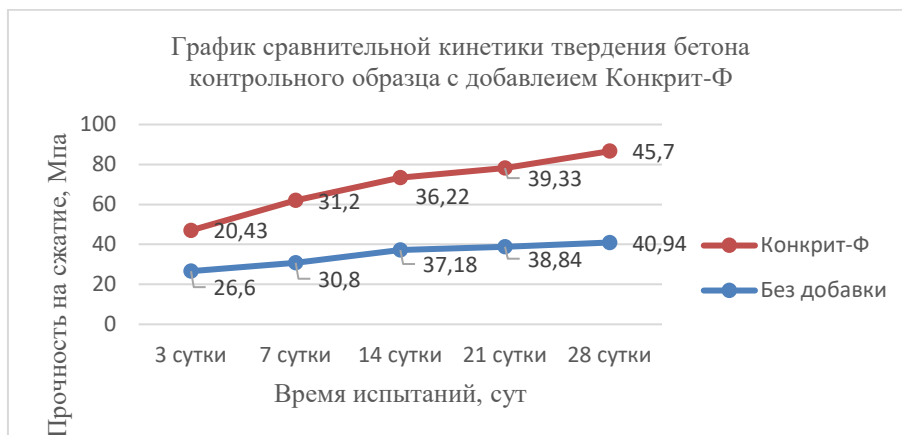
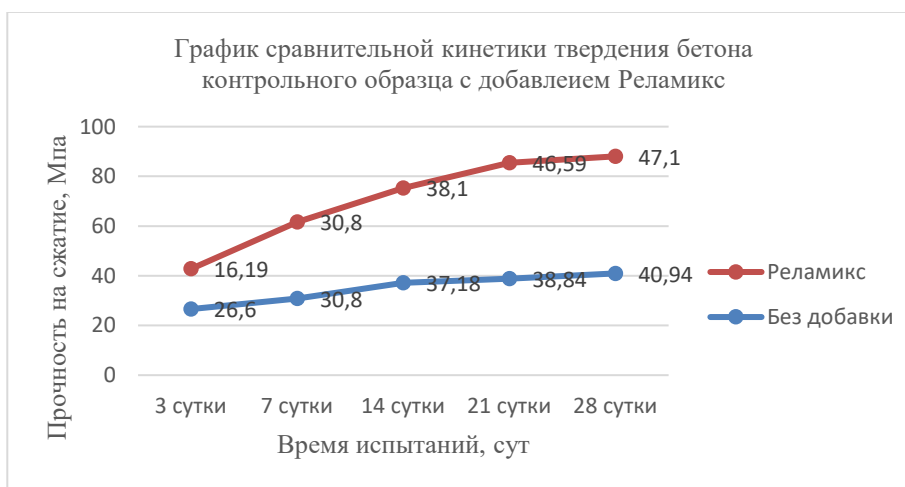


Рис. 6. График сравнительной кинетики твердения бетона контрольного образца с добавлением Форт УП-2  
Fig. 6. Graph of the comparative kinetics of hardening of the concrete of the control sample with the addition of Fort UP-2

<sup>3</sup>Stroitel Lab [Электронный ресурс]. – URL: <https://stroitel-lab.ru/uskoriteli-sxvatyvaniya-i-tverdeniya-betonnyx-smesey.html?ysclid=lbdmj9kpx77045938> (дата обращения: 12.11.2022)



**Рис. 7.** График сравнительной кинетики твердения бетона контрольного образца с добавлением Конкрит-Ф  
**Fig. 7.** Graph of the comparative kinetics of hardening of the concrete of the control sample with the addition of Concrete-F



**Рис. 8.** График сравнительной кинетики твердения бетона контрольного образца с добавлением Реламикс  
**Fig. 8.** Graph of the comparative kinetics of hardening of the concrete of the control sample with the addition of Relamix

Таблица 1. Результаты разрушающего контроля  
 Table 1. Results of destructive testing

Добавка-ускоритель	Метод испытаний	Средняя прочность цементного камня при сжатии, МПа					
		3 сутки	7 сутки	14 сутки	21 сутки	28 сутки	
С добавкой (образцы 3x3x3 см)	Неразрушающий контроль ударно-импульсным методом по ГОСТ 22690-2015	Форт УП-2	16,19	30,8	36,21	46,59	47,1
		Конкрит -Ф	20,43	31,2	36,22	39,33	45,7
		Реламикс	19,41	24,5	30,8	39,29	52,13
Без добавки (образцы 3x3x3 см)	Неразрушающий контроль ударно-импульсным методом по ГОСТ 22690-2015	К	26,6	31,2	36,21	37,84	40,94

### СТОИМОСТЬ УСКОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ БЕТОНА

Каждая из добавок имеет свои функции и особенности. Но важно не только грамотно выбрать нужное средство, но и верно рассчитать необходимое количество. От 0,5 до 15% от общей массы раствора можно добавить в качестве добавки. При этом важно учитывать и тот факт, что в большинстве случаев это 1-3%, но даже одна десятая доля – может сыграть решающую роль. Избыток или чрезмерное содержание вещества в растворах, повлияет на бетон и его характеристики. Изготовление бетона следует доверить специалистам. Тогда у вас есть риск получить конструкцию, которая не имеет нужных свойств. Поэтому вам нужно будет переделать работу. Ниже представлены характеристики ускорителей (рис. 1), опираясь на которые можно подобрать наиболее подходящий ускоритель твердения бетона.

Таблица 2. Характеристики ускорителей  
Table 2. Characteristics of accelerator

№	Наименование, страна-производитель	Типа добавки	Рекомендуемая дозировка, в % от массы цемента	Фасовка, кг	Цена, руб.
1	Форт УП-2, Россия	Комплексная, для ускорения твердения	0,5-0,7	20	1000
2	Конкрит-Ф, Россия	Пластифицирующая, рекомендуемая при изготовлении формовочных изделий	0,5-2	15	2700
3	Релаксор, Россия	Суперпластификатор с противоморозными свойствами	0,5-2,5	25	850
4	Sementrol, Omega P, Словения	Улучшающая водонепроницаемость	1-2,5	50	5350
5	Addiment BE2, Германия	Состав для торкретиванного нанесения смесей	2-4	5	3150

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бетон обладает разнообразными характеристиками в зависимости от качества цемента, дозировки входящих в его состав компонентов, технологии затворения, условий набора прочности. На данные признаки можно влиять используя присадки для бетонной смеси. Введение в раствор количества химических компонентов позволяет сократить производимые работы и заметно увеличить надежность здания из бетона. На основании приведенных результатов испытаний можно заключить, что ускорители схватывания и твердения вызывают резкий подъём тепловыделения и температуры, при этом значительно ускоряют процессы схватывания и твердения. По эффективности действия добавки можно расположить следующим образом: наиболее эффективной является добавка Форт УП-2, на втором месте Реламикс, затем следует Конкрит-Ф. Как видим по таблице самым дорогостоящим считается добавка Sementrol. исходя из таблицы 2, наивысшая цена составляет за ускоритель 5350, с фасовкой в 50 кг и дозировкой в 1-2,5 %, усиливающая водонепроницаемость смеси.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pavlenko A., Mishakova A., Pertseva O., Olekhovich Y., Averchenko G. Feasibility of using of accelerated test methods for determination of frost-resistance of concrete // E3S Web of Conferences. 2020. №. 157. P. 06035. EDN: WGUVVT
2. Barannikov M. V. A multifunctional additive for heavy concretes // Vestnik MGSU. 2022. №918. P012002.
3. Gamayunova O., Spitsov D. Technical features of the construction of high-rise buildings // E3S Web of Conferences. 2020. No164. P. 08008. EDN: VRCCIF
4. Isik E., Ozdemi M. Consistency of concrete material models that used for RC buildings // Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2017. No 4(36). P. 92-105.
5. Перцев В.Т. Свойства цементных систем, модифицированных химическими и минеральными добавками // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2017. № 1. С. 49-52.
6. Тринкер А.Б. Химические добавки для цемента и бетона-достижения и перспективы // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2018. № 2. С. 169-176.
7. Панчина А.А. Высокопрочные бетоны: актуальность использования, способы получения и область применения в современных условиях // XLVI Огарёвские чтения. 2018. С. 28-32.
8. Чивикова Е.В. Применение добавок для бетона // В сборнике: Инновации в строительстве. 2017. С. 165-170.
9. Яковлев Г.И. Высокопрочный бетон с дисперсными добавками // Журнал промышленное и гражданское строительство. 2017. № 2. С. 35-42.
10. Муртазаев С. Ю. Разработка составов высокопрочных самоуплотняющихся бетонов на основе комплексных модификаторов // Устойчивое развитие науки и образования. 2017. № 11. С. 102-108.
11. Пономаренко А.М., Снигирь А.А. К вопросу о монолитном домостроении в современных условиях // В сборнике: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Сборник статей 77-ой всероссийской научно-технической 75 конференции. Под редакцией М.В. Шувалова, А.А. Пищулева, Е.А. Ахмедовой. 2020. С. 352-357.

## ОБ АВТОРАХ

**Янис Айгарсович Олехнович** – старший преподаватель. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: [olehnovich\\_yaa@spbstu.ru](mailto:olehnovich_yaa@spbstu.ru)

**Клим Шукшев** – студент магистратуры. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: [kshukshev@inbox.ru](mailto:kshukshev@inbox.ru)

## ABOUT THE AUTHORS

**Yanis A. Olekhnovich** – Senior Lecturer. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: [olehnovich\\_yaa@spbstu.ru](mailto:olehnovich_yaa@spbstu.ru)

**Klim Shukshev** – Master's student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: [kshukshev@inbox.ru](mailto:kshukshev@inbox.ru)