

ENGINEER



international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**
Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

16-iyun, 2025



engineer.tstu.uz

“QURILISHDA YASHIL IQTISODIYOT, SUV VA ATROF-MUHITNI ASRASH TENDENSIYALARI, EKOLOGIK MUAMMOLAR VA INNOVATSION YECHIMLAR” MAVZUSIDAGI RESPUBLIKA MIQYOSIDAGI ILMIY-AMALIY KONFERENSIYA TASHKILIY QO‘MITASI

1. Abdurahmonov O.K. – O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi ijtimoiy rivojlantirish departamenti rahbari, Toshkent davlat transport universiteti rektori
2. Gulamov A.A – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
3. Shaumarov S.S – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
4. Suvonqulov A.X. – O‘zsuvta’minoti AJ raisi
5. Xamzayev A.X. – O‘zbekiston ekologik partiyasi raisi
6. Maksumov N.E. – O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi sohasida nazorat qilish inspeksiyasi boshlig‘i o‘rinbosari
7. Baratov D.X. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
8. Turayev B. X – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
9. Norkulov S.T. – Toshkent davlat transport universiteti prorektori
10. Adilxodjayev A.E. – Universitedagi istiqbolli va strategik vazifalarini amalga oshirish masalalari bo‘yicha rektor maslahatchisi
11. Negmatov S.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK ilmiy rahbari, O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Akademigi
12. Abed N.S. – “Fan va taraqqiyot” DUK raisi
13. Merganov A.M – Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo‘limi boshlig‘i
14. Ibadullayev A. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi professori
15. Rizayev A. N. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi professori
16. Xalilova R.X. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi professori
17. Babayev A.R. – “Qurilish muhandisligi” fakulteti dekani
18. Boboxodjayev R.X – Tahririy nashriyot va poligrafiya bo‘limi boshlig‘i
19. Talipov M.M – Ilmiy nashrlar bilan ishslash bo‘limi boshlig‘i
20. Maxamadjonova Sh.I. - Matbuot xizmati kontent-menedjeri
21. Umarov U.V. – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi mudiri
22. Eshmamatova D.B. – Oliy matematika kafedrasi mudiri
23. Muxammadiyev N.R. – Bino va sanoat inshootlari qurilishi kafedrasi mudiri
24. Tursunov N.Q. – Materialshunoslik va mashinasozlik kafedrasi mudiri
25. Shermuxammedov U.Z. – Ko‘priklar va tonnellar kafedrasi mudiri
26. Lesov Q.S. – Temir yo‘l muhandisligi kafedrasi mudiri
27. Pirnazarov G‘.F. – Amaliy mehanika kafedrasi mudiri
28. Teshabayeva E.U. – Tabiiy fanlar kafedrasi professori
29. Chorshanbiyev Umar Ravshan o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi dotsent v.b.
30. Obidjonov Axror Jo‘raboy o‘g‘li – Muhandislik kommunikatsiyalari va tizimlari kafedrasi assistenti

Effectiveness assessment of monofunctional hardening accelerators in low-temperature curing concrete

A.I. Adylkhodjaev¹, A.F. Babajanov¹

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

The article presents an analysis of hardening accelerators for cement concretes, reviewing their types, mechanisms, and effects, and identifying significant limitations and negative side effects. It is shown that monofunctional accelerators are insufficient for comprehensive improvement of concrete properties and durability, which justifies the need for alternative solutions.

Keywords:

hardening accelerators, cement concrete, chemical additives, limitations

Оценка эффективности монофункциональных ускорителей твердения для малопрогревного бетона

Адилходжаев А.И.¹, Бабажанов А.Ф.¹

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация:

В статье приведен анализ ускорителей твердения цементных бетонов, рассмотрены их типы, механизмы и эффекты, а также выявлены существенные ограничения и негативные побочные явления. Показано, что монофункциональные ускорители недостаточны для комплексного улучшения свойств и долговечности бетона, что обосновывает необходимость иных решений.

Ключевые слова:

ускорители твердения, цементный бетон, химические добавки, ограничения.

1. Введение

В современном строительстве, одним из перспективных направлений модернизации технологий производства бетонов без или с минимальным тепловым воздействием является использование разнообразных неорганических и органических катализаторов твердения. При введении в небольших дозировках, как правило, составляющих 1-2% от общей массы цемента, данные вещества оказывают существенное воздействие на кинетику твердения цементного камня и его эксплуатационные характеристики.

В технической литературе [1-4] химические модификаторы подразделяются в зависимости от своего основного функционала. Среди них выделяют регуляторы динамики схватывания растворной смеси и скорости упрочнения материалов. Эта категория включает компоненты, форсирующие схватывание, компоненты, активизирующие упрочнение, а также присадки, обеспечивающие набор прочности в условиях отрицательных температур (так называемые противоморозные добавки), и другие. В соответствии с ГОСТ 24211-2008, добавки, классифицируемые как ускорители твердения, относятся ко второй группе модификаторов, предназначенных для регулирования свойств бетонов и растворов. Их применение нацелено на достижение определенного основного эффекта, а именно, увеличение прочности на сжатие за первые сутки на 30% и больше.

2. Методы

Ранее выполненными исследованиями с использованием ускорителей интенсификации процесса твердения бетона показано, что несмотря на то, что они способствуют ускорению схватывания и набора прочности бетона на начальном этапе, их влияние на водоцементное соотношение (В/Ц) практически отсутствует, и в ряде случаев они могут приводить к снижению относительной прочности на более поздних стадиях твердения. Как правило, ускорители твердения представляют собой водные растворы электролитов. Эффективность их действия определяется не только катионным или анионным составом, но и минералогическим и вещественными особенностями портландцемента [5].

Важно отметить, что применяемые модификаторы, относящиеся к добавкам первого класса, при дозировке от 2,5 до 3% применяются как ускорители твердения, а в количестве до 10% и выше – как противоморозные добавки [6]. Хлорид кальция является чрезвычайно эффективным интенсификатором процессов твердения цемента. Это соединение широко используется в составах бетонов, преимущественно, благодаря своей доступности и относительно невысокой стоимости [7]. Однако, с внедрением новых европейских стандартов на изготовление железобетонных элементов и конструкций, во многих странах применение хлорида кальция в армированных структурах было существенно ограничено, а в некоторых – полностью запрещено. Причиной тому является негативное влияние ионов хлора на стальную арматуру, вызывающие ее интенсивную коррозию [8, 9].

Нитрит кальция способствует ускорению схватывания цемента и нарастанию прочности бетона, особенно заметному в раннем возрасте. Нитрат кальция, в свою очередь, способен вызывать коррозионное растрескивание термически упрочненных арматурных сталей, в особенности при повышенных температурах. Нитрит натрия, напротив, существенно увеличивает гигроскопичность и электропроводность бетона, что, как следствие, ускоряет процесс коррозии арматуры [10]. К числу наиболее эффективных ускорителей твердения также относятся сульфаты натрия и калия. Механизмы воздействия сульфатов на процессы схватывания и твердения цементов были рассмотрены Буттом и Рояком [11]. Согласно их исследованиям, сульфат натрия (или калия) вступает в реакцию с гидроксидом кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, образующимся в процессе гидролиза трехкальциевого силиката (C_3S). Выделяющийся в результате этой реакции высокодисперсный гипс реагирует с трехкальциевым алюминатом (C_3A) быстрее, чем гипс, вводимый в цемент при помоле.

Обобщенный анализ данных о влиянии расхода добавок-ускорителей твердения на прочностные характеристики бетонов представлен в табл. 1.

Таблица 1
Эффективность ускорителей твердения

Хим. добавка	Кол-во, % от масс. Ц	Эффективность
Сульфат натрия	1-2	Сокращение начала сроков схватывания на 68 мин. Увеличение прочности при дозировке 1,5% от масс. Ц – на 34%, 2,0% – 40 % [12, 13]
	1-3*	Увеличение прочности при дозировке 1,0% от масс. Ц – на 9%, при 2,0% – 12 % [14]
Сульфат алюминия	1-2	Сокращение начала сроков схватывания на 109 мин Увеличение прочности при дозировке 1,5% от масс. Ц – на 35%, 2,0% – 44 % [12]
	1-3	Прирост прочности на 1 сут - 20% [15]
Сульфат калия	1-4	Прирост прочности на 1 сут - от 10% до 50% [13]
Тиосульфат натрия	3	Прирост прочности на 1 сут - 20% [15]
Addiment BE2 (Sika)	2-4,5	Прирост прочности на 1 сут - 20%-40% [15]
Хлористый кальций	1-3	Прирост прочности на 1 сут твердения при 1% - 66%, на 28 сутки -16% [Ошибка! Источник ссылки не найден.]
	3	Прирост прочности на 1 сут - 20% [Ошибка! Источник ссылки не найден.]
Хлорид натрия	1-3	Прирост прочности на 1 сутки твердения при 1% - 76%; на 28 сутки - 2% [Ошибка! Источник с ссылки не найден.]

	4	Прирост прочности на 1 сут - 20% [Ошибка! Источник ссылки не найден.]
Хлорид железа	0,75-2,5	Замедление начала сроков схватывания при 0,75 % – на 22 мин, при 1,25% на 240мин, при 2,5 % – на 270 мин [Ошибка! Источник ссылки не найден.]
Хлорид магния	1-2	Сокращение начала сроков схватывания при 1% - на 45 мин, при 2% - на 55 мин. Прирост прочности на 3 сут при 1% составляет 11%. На 28 сут - снижение прочности на 29%. Прирост прочности на 3 сут при 1% - 48%. На 28 сут – снижение прочности на 23% [Ошибка! Источник ссылки не найден.]
Хлористый кальций	0,5-3,5	Прирост прочности на 1 сут твердения при 1% - 55%; на 28 сут - 40% [Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.]
Хлористый алюминий	0,75-5	Сокращение начала сроков схватывания при 0,75% - на 87 мин, при 2,5% - на 270 мин; прирост прочности на 1 сут твердения при 1% - 55%; на 28 сут - 0% [Ошибка! Источник ссылки не найден.]
Нитрат натрия	1	Прирост прочности на 1 сут твердения при 1% - 47%; на 28 сутки - 15% [Ошибка! Источник ссылки не найден.]
	3	Прирост прочности на 1 сут - 20% [Ошибка! Источник ссылки не найден.]
Нитрат кальция	1-2,5	Прирост прочности на 1 сут твердения при 1% - 47%, на 28 сут -14% [Ошибка! Источник ссылки не найден.]
	3	Прирост прочности на 1 сут - 20% [Ошибка! Источник ссылки не найден.]
Нитрит кальция	2-5	Прирост прочности на 1 сут твердения при 2% - 28%; при 5% - 103% [Ошибка! Источник ссылки не найден.]

Примечание: *Прирост прочности при дозировках 1-2% не отвечает критерию эффективности для ускорителей твердения (норма – более 30%).

3. Результаты

Анализ эффективности приведенных выше добавок показывает, что значения расхода ускорителей, приводимые в различных источниках, не отличаются единобразием. В связи с этим, рекомендации по дозировке носят ориентировочный характер и поэтому качество изделий во многом определяются технологической культурой конкретного предприятия по производству железобетонных изделий. Также следует обратить внимание на замечание, приведенное в работе [15], где указывается на необходимость увеличения дозировки ускорителей твердения при повышении водоцементного отношения, что, в свою очередь, связано с увеличением подвижности бетонной смеси. Таким образом, многочисленными исследованиями подтверждено, что ускорители твердения способствуют активизации химических процессов гидратации: при их использовании достигается значительный рост растворимости минеральных составляющих цементного клинкера и значительно интенсифицируется ионообмен.

Вместе с тем, необходимо учитывать, что одним из негативных последствий применения ускорителей твердения в цементных бетонах является возникновение коррозионных процессов, как сульфатной, так и щелочной природы. Устойчивость гидратных фаз, формирующихся в портландцементе, зависит от типа и концентрации сульфатосодержащей среды. Наименьшей стойкостью в условиях воздействия сульфатных сред характеризуется гидроксид кальция. Вступая в реакции обмена с сульфатами, он формирует соединения, которые создают внутренние напряжения в цементном камне, приводя, в конечном итоге, к снижению прочности бетона.

Важно подчеркнуть, что отдельные модифицирующие добавки, демонстрирующие необходимый целевой эффект (увеличение прочности в возрасте 1 сут: нормального твердения на 30%; после тепловой обработки на 20%; при снижении прочности бетона в возрасте 28 сут не более чем 5%), зачастую оказываются неспособными обеспечить комплексное позитивное влияние на все значимые строительно-технические характеристики бетонной смеси и затвердевшего бетона. Более того, в ряде ситуаций их применение может даже привести к ухудшению некоторых из этих характеристик.

4. Вывод

В связи с изложенным, весьма перспективным направлением в производстве бетона, бетонных и железобетонных изделий представляется разработка и внедрение комплексных модификаторов. Основная цель создания таких композиционных материалов заключается в единовременном обеспечении нескольких положительных эффектов, включая повышение пластифицирующих свойств бетонных смесей, управление динамикой процесса твердения бетона, максимальное увеличение прочности и, как следствие, продление срока службы бетонных и железобетонных конструкций.

Использованная литература / References

- [1] Звездов А.И. Технология бетона и железобетона в вопросах и ответах / А.И. Звездов, Л.А. Малинина, И.Ф. Руденко // Москва. НИИЖБ. 2005. –445 с.
- [2] Шихненко И.В. Краткий справочник инженера-технолога по производству железобетона / И.В. Шихненко - К.: Будивельник, 1984. 296 с.
- [3] Волынец Н.П. Справочник инженера-технолога предприятия сборного железобетона / Н.П. Волынец, Н.Г. Дьяченко, В.И. Лошанюк - К.: Будивельник.1983. 224 с.
- [4] Михайлова К.В. Производство сборных железобетонных изделий: Справочник / Под ред. Михайлова К.В., Королёва К.М. – М.: Стройиздат. – 1989. – 447 с.
- [5] Миронов С.А. Ускорение твердения бетона. 2-е издание исправленное и дополненное / С.А. Миронов, Л. А Малинина. – Москва, 1964, –348 с.
- [6] Добролюдов Г, Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Прогнозирование долговечности бетона с добавками / Г. Добролюдов, В.Б. Ратинов, Т.И. Розенберг – М., Стройиздат. 1983. – 212 с.
- [7] Алексеев С.Н. Долговечность бетона в агрессивных средах: Совм. Изд. СССР-ЧССР-ФРГ/С.Н. Алексеев, Ф.М. Иванов, С. Модры, П. Шиссл. – М.:Стройиздат, 1990. –320 с.
- [8] Ратинов В.Б., Оптимизация тепловлажностной обработки бетонов с помощью добавок / В.Б. Ратинов, Т.И. Розенберг, И.И. Крыжановский, Ф.М. Иванов // Бетон и железобетон. 1981. –№8. –18 с.
- [9] Москвин В.М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузеев – М.: Стройиздат. – 1980.
- [10] Алексеев С. Н. Ингибиторы коррозии стали в железобетонных конструкциях / С.Н. Алексеев, В.Б. Ратинов, Н.К. Розенталь, Н. М. Кашурников – М.: Стройиздат, 1985. –272 с.
- [11] Бутт Ю.М. Влияние состава цемента и условий твердения на формирование структуры цементного камня / Ю.М. Бутт, В.М. Колбасов // В кн.: Труды VI Междунар. конгр. по химии цемента – М.: Стройиздат, 1976. Т. 2, кн. 1.
- [12] Изотов В.С., Ибрагимов Р.А. Влияние добавок – ускорителей твердения на свойства тяжелого бетона / В.С. Изотов, Р.А. Ибрагимов // Строительные материалы, 2010. –№3. –С. 35-37
- [13] Курбатова И. И. Химия гидратации портландцемента. –М.–Стройиздат. –1977. –158 с.
- [14] Ружинский С. Ускорители схватывания и твердения в технологии бетонов / Ружинский С. // Популярное бетоноведение №1, – 2005 – 76 с.
- [15] Касторных Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы / Л.И. Касторных // 2-е издание – Рн/Д: Феникс. 2007. –221 с.

Сведения об авторах / Information about the author

Адилходжаев Анвар Ишанович	д.т.н., профессор, Ташкентский государственный транспортный университет E-mail: anvar_1950@mail.ru Tel.:+998933981926 https://orcid.org/0000-0001-5729-5178
Бабажанов Азиз Файзитдинович	докторант кафедры «Строительство зданий и промышленных сооружений», Ташкентский государственный транспортный университет E-mail: babajanov.aziz@gmail.com Tel.:+998909542901 https://orcid.org/0009-0002-7990-0206

CONTEXT / MUNDARUA

M. Miralimov, K. Urazov, K. Juraev	
<i>Calculation of the walls of the Road Bridge Approach lift trailer to strength, located on the 165-km section of the M-39 Highway on the Syrdarya-Jizzakh line</i>	99
F. Abdukodirov, T. Khasanov	
<i>Application of modern computational methods in bridge support modeling: capabilities of the Lira-CAD software tool.....</i>	102
D. Zokirov	
<i>Technology of underwater laying of concrete mortar in the construction of bridge structure foundations</i>	106
A. Adylkhodjaev, A. Babajanov	
<i>Effectiveness assessment of monofunctional hardening accelerators in low-temperature curing concrete</i>	109
A. Adilkhodzhaev, A. Baymurzaev	
<i>Fiber concrete. Prospects for development and application.....</i>	113
J. Jiemuratov	
<i>High-strength fine-grained concrete based on natural zeolite.....</i>	115
O. Mirzakhidova, K. Lesov, A. Uralov	
<i>Organization and technology of manual laying of geosynthetic materials in technological "WINDOWS" without removing the rail grating</i>	119
O. Mirzakhidova, K. Lesov, A. Uralov, M. Kenzhaliyev	
<i>Increasing the stability of the track in areas of rail joints through the use of geosynthetic reinforcing materials</i>	124
Z. Kakharov, I. Purtseladze	
<i>Leak detection methods on main pipelines</i>	127
A. Abdujabarov, M. Mekhmonov	
<i>Development of mobile structures to protect railway tracks from rockfall</i>	130
A. Ilyasov, A. Nazibekov, B. Azirbaev	
<i>Properties of geopolymers concrete using fly ash.....</i>	133
R. Auezbaev, P. Lepesbaeva	
<i>Production and application of ceramovermiculite materials based on layered vermiculite in Uzbekistan</i>	136
D. Mirzajonov, E. Shipacheva	
<i>Multifunctional residential complex as a new type of residential building</i>	139