

УДК 666.972

© Саид М. Эшанзада, аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: tsmm@spbgasu.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-4-86-90

© Said M. Eshansada, post-graduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)
E-mail: tsmm@spbgasu.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ДОБАВОК–УСКОРИТЕЛЕЙ ТВЕРДЕНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОГ В УСЛОВИЯХ АФГАНИСТАНА

APPLICATION OF ADDITIVES–ACCELERATORS OF CEMENT CONCRETE HARDENING IN THE CONSTRUCTION OF ROADS IN AFGHANISTAN

Развитие и совершенствование дорожной сети — стратегическая задача Исламской республики Афганистан. Для освоения малонаселенных территорий страны требуется построить и отремонтировать тысячи километров автомобильных дорог, значительная часть которых расположена в предгорных и горных местностях. Учитывая, что Республика Афганистан характеризуется сухим и жарким климатом, а также разнообразием грунтово-гидрологических условий, одним из основных дорожно-строительных материалов для решения данной задачи является дорожный цементный бетон, который в последнее время становится предметом интенсивных исследований. В данной статье представлены результаты исследования влияния добавки — ускорителя твердения Adinol Rapid 2H на технологические свойства бетонной смеси и прочность цементного бетона.

Ключевые слова: автомобильные дороги, цементный бетон, добавки-ускорители, прочность.

The development and improvement of the road network is a strategic task of the Islamic Republic of Afghanistan. To develop the sparsely populated territories of the country, it is necessary to build and repair thousands of kilometers of highways, a significant part of which is located in the piedmont and mountainous areas. Considering the fact that the Republic of Afghanistan is characterized by a dry and hot climate, as well as a variety of soil and hydrological conditions, one of the main road building materials for solving this problem is road cement concrete, which has recently become the subject of intensive research. This article presents the results of researching the effect of the Adinol Rapid 2H additive (which is a hardening accelerator additive) on the technological properties of the concrete mixture and the strength of cement concrete.

Keywords: highways, cement concrete, accelerating additives, strength.

Введение

Российско-афганское экономическое сотрудничество насчитывает десятки лет, из которых наиболее плодотворным был период 50–80-х годов прошлого столетия, так как в эти годы особое внимание уделялось развитию автомобильной промышленности Афганистана. Данные обстоятельства, а также расширение международных сообщений потребовали развития дорожной сети, и начиная с 1950-х годов в Афганистане построены тысячи километров автодорог, наиболее известные из которых: автодорога из города Кушка в Кабул протяженностью 679 км; дорога Саланг с туннелем, проложенным на высоте более 3 тыс. км; магистрали Пули — Шибера-

наг и Доши — Ширха длиной 329 и 216 км соответственно. В 1961 году введен в эксплуатацию аэропорт Баграм с трехкилометровой посадочной полосой. В следующем году международный аэропорт появился и в Кабуле.

Значительную часть Афганистана занимают горы, что сильно затрудняет транспортное сообщение между регионами страны и требует строительства тысяч километров горных дорог (проложены трасса Кандагар — Шиньдан — Геррад — Серхетабад (Кушка) и трасса через Кабул до узбекского города Термез; железнодорожно-автомобильный «Мост дружбы» (Хайратон); автодорожный тоннель «Саланг»).

Созданная таким образом дорожная инфраструктура оказала заметное влияние на развитие экономики Афганистана, однако в результате длительной эксплуатации значительная часть дорожных покрытий практически износилась и сегодня требует серьезного ремонта. При этом, учитывая непростые условия строительства и мировые тенденции, в качестве основного дорожно-строительного материала для реализации этой задачи рассматриваются дорожные цементные бетоны [1–7].

Известно, что разработка эффективных бетонных смесей и бетонов с необходимыми показателями качества невозможна без применения высокофункциональных добавок различного целевого назначения. Учитывая необходимость ускорения темпов строительства и ремонта дорожных покрытий, которые во многом сдерживает достаточно длительный период твердения цементного бетона, целью данной работы являлась оценка возможности применения в его составе добавки-ускорителя, что является одним из наиболее гибких и эффективных способов регулирования процесса твердения бетона.

Применение данного типа добавок способствует сокращению сроков твердения бетона, ускоряет распалубку железобетонных конструкций, что увеличивает оборачиваемость опалубки. Также появляется возможность проводить бетонирование при пониженных температурах, что приводит к повышению скорости выполнения работ и ввода объектов монолитного строительства в эксплуатацию [8–12].

Исходя из этого, применение добавок — ускорителей схватывания и твердения является эффективным технологическим приемом, позволяющим улучшить физико-механические характеристики изделий и конструкций, а также снизить себестоимость изготавливаемой продукции.

Экспериментальная часть

При проведении экспериментальных исследований в качестве вяжущего вещества для получения лабораторных образцов использовался портландцемент пакистанских цементных заводов, имеющий следующий химический состав: SiO_2 — 21,24 %, CaO — 63,52 %, Al_2O_3 — 5,57 %, SO_3 — 2,54 %, Fe_2O_3 — 3,25 %.

Для изготовления бетонных смесей в качестве мелкого заполнителя применялся кварцевый пе-

сок с модулем крупности 2,3, в качестве крупного заполнителя — щебень из гравия с размерами зерен 12–20 мм Пагманского месторождения. Для ускорения твердения цемента использовали смесь известных модификаторов: Adinol Rapid (Австрия, компания Sika) и «Мобет-1» (ООО «Бийскхимстройматериалы»). Комплексную добавку вводили в бетонную смесь с водой затвердения.

Состав бетонной смеси для изготовления лабораторных образцов представлен в таблице.

Приготовление смесей осуществляли в лабораторном бетоносмесителе принудительного действия. При этом сначала в чашу смесителя засыпали крупный и мелкий заполнители, которые в течение 1 мин перемешивали без добавления воды. Затем добавляли цемент и снова перемешивали в течение 1 мин. После этого осуществляли контроль равномерности распределения сухих компонентов, после чего смесь затворяли водой с растворенной в ней добавкой Adinol Rapid 2Н и перемешивали еще 1 мин. Количество добавки в смеси варьировалось и составляло от 1 до 3 % от массы цемента. Параллельно с основными приготавливали контрольные бетонные смеси без добавок.

Подвижность полученных бетонных смесей определяли по осадке конуса в соответствии с ASTM C143 «Стандартный метод испытаний на осадку конуса цементного бетона», изменение которой служило одним из критериев оценки эффективности исследуемой добавки.

Результаты измерений представлены на рис. 1.

Из приготовленных бетонных смесей изготавливали стандартные образцы-цилиндры диаметром $d = 15$ см и высотой $h = 30$ см, которые до проведения испытаний твердели в нормально-

Состав бетонной смеси для получения бетонных образцов

Компоненты бетонной смеси	Расход компонентов, кг/м ³
Цемент	360
Песок	770
Щебень	1020
Вода	195
Комплексная добавка-ускоритель Adinol Rapid 2Н	3,6–10,8

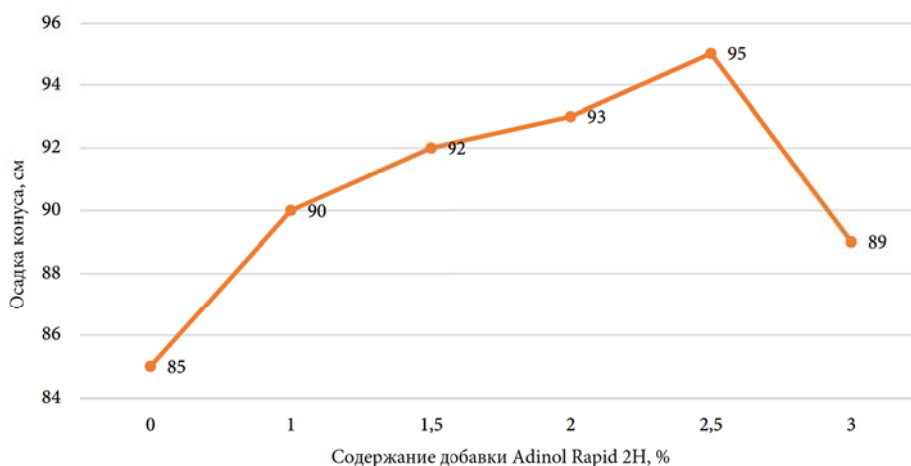


Рис. 1. Влияние добавки — ускорителя твердения на подвижность бетонной смеси

влажностных условиях при температуре $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$ и влажности $(95 \pm 5) \%$.

Прочность бетонных образцов определяли в возрасте 7 и 28 суток в соответствии с ASTM C39/C39M-21 «Стандартный метод испытаний на прочность на сжатие цилиндрических бетонных образцов» и ASTM C496 «Стандартный метод испытаний на прочность на растяжение при раскалывании».

Результаты, полученные в ходе испытаний, представлены на рис. 2–5.

Выводы

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

1. Введение в бетонную смесь добавки — ускорителя твердения Adinol Rapid 2H в опти-

мальных количествах приводит к увеличению прочности бетона на растяжение и сжатие, которая нарастает опережающим темпом и в возрасте 7 суток достигает 90 и 97 % соответственно от прочности бетонных образцов в возрасте 28 суток.

2. Использование в составе бетонных смесей добавки — ускорителя твердения Adinol Rapid 2H оказывает побочное положительное влияние на удобоукладываемость бетонных смесей, которое выражается в увеличении осадки конуса с 8,5 до 9,5 см.

3. Оптимальное содержание в бетонной смеси добавки Adinol Rapid 2H составляет 2,5 % от массы цемента.

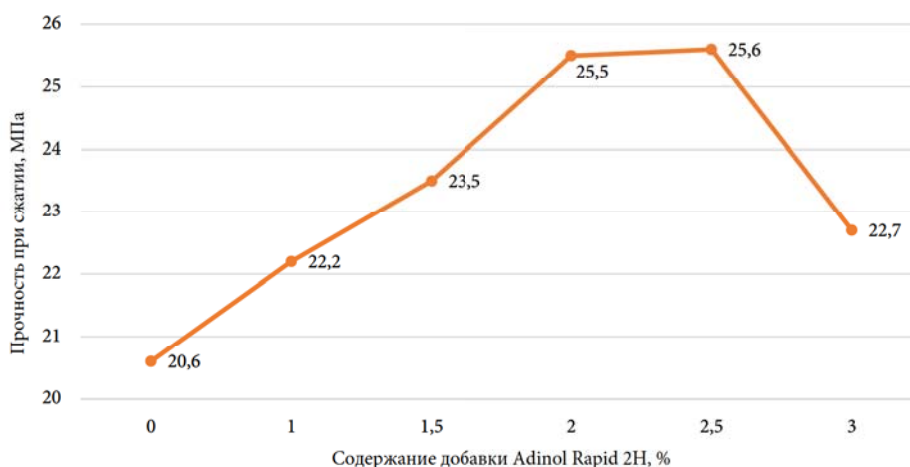


Рис. 2. Влияние добавки-ускорителя на прочность при сжатии бетонных образцов в возрасте 7 суток

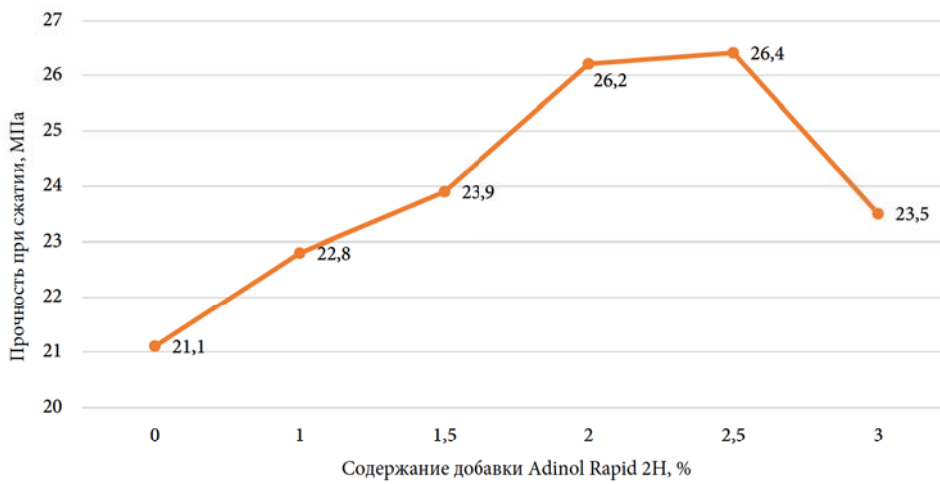


Рис. 3. Влияние добавки-ускорителя на прочность при сжатии бетонных образцов в возрасте 28 суток

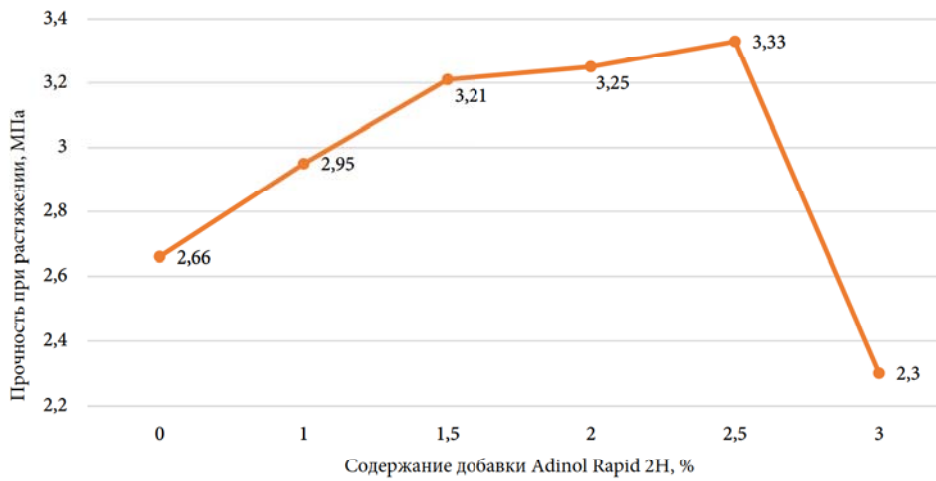


Рис. 4. Влияние добавки-ускорителя на прочность при растяжении бетонных образцов в возрасте 7 суток

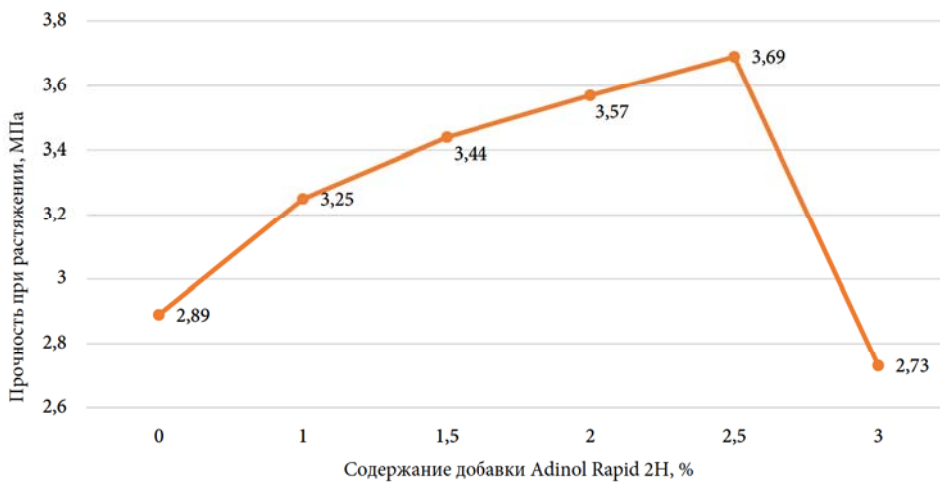


Рис. 5. Влияние добавки-ускорителя на прочность при растяжении бетонных образцов в возрасте 28 суток

Библиографический список

1. Якунина Л. В., Кожухова Е. С. Проблемы дорожного строительства и пути их решения // Молодой ученый. 2016. № 6.3 (110.3). С. 48–51. URL: <https://moluch.ru/archive/110/27178/>.

2. Войлоков И. А. Асфальтобетон или цементобетон? // Еврострой. 2011. № 64. С. 48–50.

3. Лазарев Ю. Г. Транспортная инфраструктура (Автомобильные дороги). Германия: LAP LAMBERT, 2015. 173 с.

4. Товбоев Б. Х., Юзбоев Р. А., Зафаров О. З., Косимова Д. П. Проектирование цементобетонных дорожных покрытий в условиях сухого и жаркого климата // Молодой ученый. 2016. № 6 (110). С. 208–210. URL: <https://moluch.ru/archive/110/26013/>.

5. Гасанов М. А., Магдиев Д. М. Автодороги: экономическая оценка уровня их содержания // Вопросы структуризации экономики. 2001. № 5. С. 89–91.

6. Кожин А. Г. Зарубежный опыт развития дорожного строительства // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. № 2 (9). С. 71–74.

7. Халтурин Р. А. Состояние и опыт строительства дорожной сети в России и за рубежом // Экономические науки. 2011. № 74. С. 223–226.

8. Лазарев Ю. Г., Громов В. А. Анализ условий создания предприятий и организаций производственной базы дорожного строительства // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 1 (42). С. 109–111.

9. Быстров Н. В., Попов В. А. Применение инноваций в дорожно-строительном материаловедении // Строительные материалы. 2011. № 10. С. 4.

10. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Технопроект, 1998. 768 с.

11. Саматов М. А. Выбор наиболее рациональных добавок — ускорителей твердения бетона при производстве работ // Наука без границ. 2017. № 6 (11). С. 104–110.

12. Лангнер Е. А., Шиховцов А. А., Царёв А. А., Петросян В. В. Современные технологии ускорения набора прочности бетона // Вестник евразийской науки. 2020. Т. 12. № 5. С. 36.

References

1. Yakunina L. V., Kozhukhova E. S. *Problemy dorozhnogo stroitel'stva i puti ikh resheniya* [Problems of road construction and ways of solving them]. *Molodoy ucheniy – Young Scientist*, 2016, no. 6.3 (110.3), pp. 48–51. URL: <https://moluch.ru/archive/110/27178/>.

2. Voylokov I. A. *Asfal'tobeton ili tsementobeton?* [Asphalt concrete or cement concrete?]. *Evrostroy – European Construction*, 2011, no. 64, pp. 48–50.

3. Lazarev Yu. G. *Transportnaya infrastruktura (Avtomobil'nye dorogi)* [Transport infrastructure (Highways)]. Germany, LAP LAMBERT Publ., 2015, 173 p.

4. Tovboev B. Kh., Yuzboev R. A., Zafarov O. Z., Kosimova D. P. *Proektirovanie tsementobetonnykh dorozhnykh pokrytiy v usloviyakh sukhogo i zharkogo klimata* [Design of cement-concrete road surfaces in conditions of dry and hot climate]. *Molodoy ucheniy – Young Scientist*, 2016, no. 6 (110), pp. 208–210. Available at: <https://moluch.ru/archive/110/26013/>.

5. Gasanov M. A., Magdiev D. M. *Avtodorogi: ekonomicheskaya otsenka urovnya ikh sodержaniya* [Highways: economic assessment of the level of maintenance]. *Voprosy strukturizatsii ekonomiki – Issues of structuring the economy*, 2001, no. 5, pp. 89–91.

6. Kozhin A. G. *Zarubezhnyy opyt razvitiya dorozhnogo stroitel'stva* [Foreign experience in the development of road construction]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal – International Scientific Research Journal*, 2013, no. 2 (9), pp. 71–74.

7. Khalturin R. A. *Sostoyanie i opyt stroitel'stva dorozhnoy seti v Rossii i za rubezhom* [The condition and experience of road network construction in Russia and abroad]. *Ekonomicheskie nauki – Economic Sciences*, 2011, no. 74, pp. 223–226.

8. Lazarev Yu. G., Gromov V. A. *Analiz usloviy sozdaniya predpriyatiy i organizatsiy proizvodstvennoy bazy dorozhnogo stroitel'stva* [Analysis of the conditions for the creation of enterprises and organizations of the production base of road construction]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2014, no. 1 (42), pp. 109–111.

9. Bystrov N. V., Popov V. A. *Primenenie innovatsiy v dorozhno-stroitel'nom materialovedenii* [Application of innovations in road-building materials science]. *Stroitel'nye materialy – Building Materials*, 2011, no. 10, 4 p.

10. Batrakov V. G. *Modifitsirovannye betony. Teoriya i praktika* [Modified concrete. Theory and practice]. 2-nd ed., revised. Moscow, Tekhnoproekt Publ., 1998, 768 p.

11. Samatov M. A. *Vybor naibolee ratsional'nykh dobavok — uskoriteley tverdeniya betona pri proizvodstve rabot* [Selection of the most rational additives – accelerators of concrete hardening in the production of works]. *Nauka bez granits – Science without Borders*, 2017, no. 6 (11), pp. 104–110.

12. Langner E. A., Shikhovtsov A. A., Tsaryov A. A., Petrosyan V. V. *Sovremennyye tekhnologii uskoreniya nabora prochnosti betona* [Modern technologies for accelerating the strength set of concrete]. *Vestnik evraziyskoy nauki – Bulletin of Eurasian Science*, 2020, vol. 12, no. 5, p. 36.