

УДК 625.861

И.М. БАРАНОВ¹, канд. техн. наук (emitpb@mail.ru); Ю.М. ЕГОРОВ², вед. научн. сотрудник¹ ООО «НТЦ ЭМИТ» (109316, г. Москва, Остаповский пр-д, 13, стр. 2)² МКБ «Горизонт» (140091, Московская обл., г. Дзержинский, ул. Энергетиков, 7)

Новые композиционные минералполимеры и термопластобетон для применения в дорожном и специальном строительстве

Представлены результаты исследований физико-технических свойств разрабатываемых минералполимеров и термопластобетона, а также данные об изменении прочностных свойств этих бетонов в зависимости от содержания полимерной составляющей. При анализе результатов установлено, что увеличение содержания полимерного связующего в составах композитов сопровождается снижением прочности при сжатии и повышением прочности при изгибе. При этом повышается эластичность бетона, которая в виде соотношения $R_{изг}/R_{сж}$ имеет следующие показатели: для бетонов с прочностью при сжатии 75–85 МПа – 0,20–0,23, а для бетонов с прочностью при сжатии 45–55 МПа – 0,4–0,5. Установлено также что эластичные минералполимербетоны с их закрытой пористостью по сравнению с цементными бетонами имеют меньшие значения водопоглощения, меньшее снижение прочности при увлажнении и значительно более высокую морозостойкость.

Ключевые слова: минералполимеры, термопластобетон, полимерное связующее, композиты, бетон.

I.M. BARANOV¹, Candidate of Sciences (Engineering) (emitpb@mail.ru), General Manager; Yu.M. EGOROV², Leading Researcher

¹ ООО «NTTS EMIT» (Structure 2, 13, Ostapovsky Drive, Moscow, 109316, Russian Federation)

² МКБ «Gorizont» (7, Energetikov Street, Dzerzhinsky, 140091, Moscow Region, Russian Federation)

New Composite Mineral-Polymers and Thermoplast-Concrete for Using in Road and Special Construction

Results of the study of physical-technical properties of mineral-polymers and thermoplast-concrete under development, as well as the data on changes in the strength properties of these concretes depending on the content of the polymer component in their compositions, are presented. In the course of the analysis of results it is established that the increase in the content of polymer binder in composite composition is accompanied by the decrease in compressive strength and by increase in bending resistance. Along with this, there is an increase in the concrete elasticity which as the ratio of $R_{bending}/R_{compression}$ has the following values for concretes with the compressive strength of 75–85 MPa – 0.20-0.23 and for concretes with the compressive strength of 45-55 MPa – 0.40-0.50. It is also established that elastic mineral-polymer-concretes with their closed porosity in comparison with cement concretes have smaller values of water absorption, smaller decrease in the strength in the course of humidification and significantly higher frost-resistance.

Keywords: mineral-polymers, thermoplast-concrete, polymer binder, composites, concrete.

В связи с возросшими в настоящее время грузоперевозками, грузоподъемностью автомобилей и скоростью их движения возникла острая необходимость в создании автодорог, которые отвечали бы современным требованиям безопасности и комфорту движения. Современный подход к строительству автомобильных дорог требует создания не только высокопрочных и трещиностойких покрытий, но и значительного повышения их долговечности, а также снижения затрат на их

ремонт. Улучшить физико-механические характеристики дорожных бетонов на основе цемента и повысить их долговечность, как это требуется, сегодня уже проблематично. Гораздо проще решать эти задачи с помощью принципиально новых композиционных материалов. Минералполимеры и термопластобетон, по нашему мнению, могут соответствовать этим требованиям. Перечень таких материалов и их назначение приведены в табл. 1.

Таблица 1

Вид материала	Эластичность, $R_{изг}/R_{сж}$	Назначение материала	Вид продукции и изделий
Минерал-полимер-бетон	0,2–0,3	Бетон для изготовления изделий дорожных и специальных сооружений	Блоки разделительных полос, отбойники, ограждения и др.
	0,4–0,5	Бетон для устройства дорожных покрытий, взлетных полос аэродромов, изготовления шпал для скоростных железных дорог, строительства и ремонта гидротехнических сооружений	Шпалы для скоростных железных дорог, плиты, монолит, штукатурки, ремонтные смеси
Песчаный эластичный бетон	–	Бетон для устройства полов в гаражах, складах, производственных и сельскохозяйственных помещениях	Монолит, штукатурки
Герметик	–	Герметик для гидроизоляции пролетных строений мостов и в качестве заменяемой защиты строительных конструкций от радиоактивного излучения	Наливная гидроизоляция, безрулонная наливная кровля
Термопласто-бетон	0,2–0,3	Композит для устройства износостойких дорожных покрытий, решеток для полов животноводческих помещений, применения при строительстве АЭС и могильников радиоактивных отходов	Монолитные и сборные конструкции, плиты, изделия, смеси для устройства и ремонта дорожных покрытий

Таблица 2

Показатель	Значения показателей					
	Бетон для изготовления изделий дорожных и специальных сооружений		Бетон для устройства дорожных покрытий, изготовления шпал для скоростных железных дорог и применения в гидротехническом строительстве		Эластичные композиты	
	Мелко-зернистый бетон	Бетон с крупным заполнителем	Мелко-зернистый бетон	Бетон с крупным заполнителем	Песчаный бетон	Герметик
Содержание полимера, % к цементу	10	10	30	30	100	100
Консистенция смеси по: – погружению конуса СтройЦНИЛа, см – осадке стандартного конуса, см	8–10 –	– 12–15	8–10 –	– 12–15	8–10 –	– –
Прочность при сжатии в пределах 15% деформаций сухих образцов после 28 сут твердения $R_{сж}$, МПа	78–83	74–76	$\frac{51-55}{60-70}^*$	46–48	20–30	–
Прочность при изгибе до наступления упругоэластических деформаций образцов $R_{изг}$, МПа	16–19	15–17	$\frac{25-27}{30-35}^*$	20–23	8–10	2,5–4,5
Эластичность $R_{изг}/R_{сж}$	0,21–0,23	0,2–0,21	0,49–0,5	0,43–0,48	–	–
Адгезия к бетону, МПа	2–2,5	1,5–2	2,5–3,5	2–3	3–4	5–6
Водопоглощение сухих образцов, %	2,1–3,6	2,5–3,5	0,8–1,9	1,8–2,7	0,6–1,2	0,5–0,8
Снижение прочности при увлажнении, %	8–12	10–15	4–5	7–8	2–3	1–1,5
Морозостойкость, циклы	350–500 (в воде)	300–350 (в воде)	>300 (в солях)	300 (в солях)	–	–
Ориентировочная стоимость материалов в 1 м ³ бетона	19060	–	29400	–	51000	63000

Примечание. * Значения прочностных свойств бетона с базальтовой фиброй.

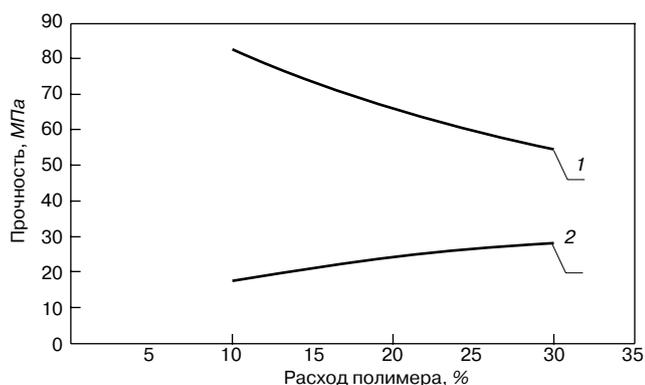


Рис. 1. Влияние расхода полимера в составе мелкозернистого минералполимербетона на прочность (после 28 сут твердения): 1 – прочность сухих образцов при сжатии; 2 – прочность сухих образцов при изгибе

Задача разработки эластичных бетонов с высокими физико-механическими свойствами и водостойкостью решалась путем использования акриловых сополимеров в виде эмульсий в качестве полимерного связующего, которое в отвержденном состоянии придает бетону необходимые свойства. Эта работа является продолжением ранее проведенных исследований [1].

Минералполимерные бетоны в зависимости от их назначения готовят по рецептурам, включающим: портландцемент, полимерное связующее, комплексный отвердитель полимера, пластификатор, противоусадочную добавку, песок, щебень, тонкомолотый наполнитель, дисперсное волокно и при необходимости воду. Выбор полимерного связующего и его расход в составах



Рис. 2. Опытная мобильная установка с СВЧ-нагревателями для прогрева горизонтальной поверхности. Техническая характеристика: потребляемая мощность 30 кВт; мощность СВЧ-излучателя 20 кВт; частота излучения 2450 МГц; площадь излучателя 1,5–1 м²

минералполимерного бетона назначаются в зависимости от области применения изделий, изготовленных из этого бетона. При этом в бетоне для изготовления блоков разделительных полос и отбойников расход полимерного связующего составляет 8–12% от расхода цемента, а в бетоне для устройства дорожных покрытий может составлять до 20–30%. Эластичные композиции – песчаный бетон и герметик для гидроизоляции пролетных строений мостов готовятся без применения цемента.

Основные физико-технические свойства и стоимость разработанных минералполимерных бетонов и эластичных композитов для оценки актуальности этих материалов приведены в табл. 2, а на рис. 1 показаны графические зависимости изменения прочностных свойств минералполимербетона от расхода полимера. Полученные результаты испытаний минералполимер-

ных бетонов показывают, что увеличение содержания полимерной составляющей в их составе сопровождается снижением прочности при сжатии и повышением прочности при изгибе. При этом повышается эластичность бетона, снижается водопоглощение, а водостойкость и морозостойкость возрастают.

Термопластобетон — это композиционный бетон, получаемый по совершенно новой технологии, отличающейся от известных технологий получения, например, серобетона, приготовление которого производится в специальных смесителях путем перемешивания расплава серы с наполнителями или горячих заполнителей с серой. Термопластобетон получают путем замены части мелкого заполнителя (песка) в цементном бетоне на порошковый термопласт. Затем после приобретения этим бетоном необходимой прочности прогревают его с помощью мобильных установок с СВЧ-нагревателями (рис. 2, 3).

Таблица 3

Наименование термопласта	Температура плавления, °С	Водопоглощение остывшего расплава, %
Полиэтилен	210	1,89
Сэвилен	130	0,11
Полистирол	190	0,43
Этилен-акрил	190	0,78
Затвердевшие акриловые сополимеры	200–260	0,65–2,74
Сера	119	0,27

Таблица 4

Показатель	Значения показателей для:	
	бетонных образцов	образцов из термопластобетона
Плотность, кг/м ³	2346	2310
Предел прочности, МПа:		
	– при сжатии	78
– при изгибе	16,6	21,4
Эластичность, R _{изг} /R _{сж}	0,21	0,24
Водопоглощение, %	5,8	1,8
Снижение прочности при увлажнении, %	12	5
Адгезия к бетону, МПа	—	5–6 (при применении адгезивной акриловой грунтовки)

Перечень порошковых термопластов, пригодных для использования в технологии производства термопластобетона, приведен в табл. 3.

В работе при проведении экспериментальных исследований в качестве полимерной составляющей термопластобетона использовали сэвилен — сополимер этилена с винулацетатом.

Качественные показатели выбранной марки сэвилена 11808–340:

Плотность, г/см³ 0,950
 Текучесть расплава при 125°С, г/10 мин. 28–40
 Прочность при разрыве, МПа 11,3
 Относительное удлинение при разрыве, %, не менее 600
 Адгезионная прочность, кг/см², не менее 3,5

Исследования проводили на образцах размером 200×150×100 мм и балочках размером 40×40×160 мм. Бетон имел следующий расход основных сухих компонентов (мас. ч.):

Портландцемент М500 1
 Песок фр. 0,1–0,4 мм 0,43
 Песок фр. 0,4–0,8 мм 0,57
 Микрокремнезем 0,2
 Диабазовая мука 0,3
 Сэвилен 0,25

Образцы твердели 28 сут в нормально-влажностных условиях и имели прочность при сжатии 78 МПа при влажности 7%.

Прогрев образцов производили на стеновой установке «Вертикаль» (рис. 3).

Температуру в образцах определяли с помощью хромель-копелевой термопары.

Время прогрева образцов с сэвиленом до температуры 140°С составляло 5 мин.



Рис. 3. Опытная стеновая установка «Вертикаль» с СВЧ-нагревателями для прогрева вертикальной поверхности. Технические характеристики: излучающая система на базе резонатора с 6 магнетронами; потребляемая мощность 10 кВт; мощность СВЧ-излучателя 5 кВт; частота излучателя 2450 МГц; 1 – модуль СВЧ-нагрева; 2 – тележка; 3 – направляющая с приводом перемещения тележки



Рис. 4. Лабораторный смеситель с переменной скоростью вращения рабочего органа 0–1000 об/мин, возможностью вакуумирования и выгрузки бетонной смеси с помощью сжатого воздуха

При пробном прогреве бетонных образцов до температуры 200°C со скоростью нагрева 30°C/мин разрушений не наблюдалось, что объясняется высокой прочностью бетона.

Результаты испытаний опытных образцов после их прогрева (термопластобетона) приведены в табл. 4.

Разработка минералполимербетонных композитов на основе акриловых сополимеров производилась в конце 90-х гг. прошлого столетия. Тогда были разработаны: песчаный бетон, штукатурный раствор и цементный клей. Свойства этих строительных материалов приведены в статье «Композиционные гипсополимерные материалы» (см. табл. 7 [2]). Эти материалы применялись тогда в опытном порядке при ремонте эстакад московских путепроводов в Отрадном и Северяние.

Разработка термопластобетона производится в инициативном порядке.

Для приготовления относительно качественной бетонной смеси можно применять стандартное смесительное оборудование с высокими оборотами рабочего органа. Однако высокой прочности бетона из-

вестные смесители не обеспечивают, поэтому в данной работе задачу получения особо прочных бетонов (прочность при сжатии до 170 МПа) нам помогали решать опытный образец специально разработанного лабораторного смесителя с объемом замеса 35 л и высокоэнергетическим воздействием на перемешиваемую смесь (рис. 4). В настоящее время разрабатываются образцы смесителей промышленного назначения с объемом замеса 300 и 1000 л. Другое новое оборудование – СВЧ-нагреватели в виде мобильной установки для прогрева горизонтальной поверхности и в виде стеновой установки для прогрева вертикальной поверхности разрабатывалось специалистами МКБ «Горизонт».

Таким образом, полученные результаты испытаний новых композиционных материалов, разработанных в виде различных мелкозернистых бетонов, бетонов с крупным заполнителем и штукатурок, показывают, что технологии их получения, а также новое оборудование, специально разработанное для их приготовления, смогут обеспечить эффективное использование этих материалов в соответствии с назначением.

Список литературы

1. Баранов И.М. Композиционные минералполимерные строительные материалы на основе акриловых сополимеров // *Строительные материалы*. 2012. № 2. С. 68–74.
2. Баранов И.М. Композиционные гипсополимерные материалы // *Строительные материалы*. 2008. № 8. С. 25–29.

References

1. Baranov I.M. Composite mineral-polymer construction materials on the basis of acrylic copolymer. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 2, pp. 68–74 (In Russian).
2. Baranov I.M. Gypsum polymeric composite materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2008. No. 8, pp. 25–29. (In Russian).

VII Международная конференция

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

21–23 марта 2015 г.

Шарм-эль-Шейх, Египет

Организаторы конференции

Египетско-российский университет (ERU)

Национальный исследовательский центр жилья и строительства (НБРС)

Ижевский государственный технический университет

им. М.Т. Калашникова



Тематика конференции

- Нанокompозиты в строительных материалах
- Нанотехнологии в строительстве
- Защита от пожара с помощью наночастиц
- Нанотехнологии в кондиционировании воздуха
- Наноструктурирующие материалы в архитектуре
- Производство лакокрасочных материалов с нанодобавками
- Нанотехнологии в стеклах и керамике
- Нанотехнологии для энергоэффективности в зданиях
- Моделирование нанокompозитов
- Модификация минеральных вяжущих наносистемами

Информационная поддержка – журнал «Строительные материалы»®



Сайт конференции: http://inter.istu.ru/russian/nano_r.html

Контактная информация в Египте

Профессор Шериф Солиман Хелми
Египетско-российский университет
Cairo High Road, Bard City-Suez
E-mail: president@eruegypt.com

Тел.: +20(02)28643349, (02)28643341. Факс: +20(02)28643332

Контактная информация в России

Профессор Григорий Иванович Яковлев
ИжГТУ им. М.Т. Калашникова
426069 Ижевск, ул. Студенческая, 7
E-mail: gyakov@istu.ru

Тел.: 8-91285666688. Факс: +7(3412)59 25 55