

Леснов В. В., канд. техн. наук, доц.,
 Барменков А. С., аспирант,
 Барменкова А. Ю., аспирант,
 Матвиевский А. А., канд. техн. наук, доц.,
 Емельянов Д. В., инж.

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ АКТИВАЦИИ ВОДЫ ЗАТВОРЕНИЯ НА КИНЕТИКУ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ В НАЧАЛЬНЫЕ СРОКИ ТВЕРДЕНИЯ

vvl377mgu@rambler.ru

В статье приводятся результаты оптимизации, по критериям прочности цементных матричных композиций, режимов активации воды затворения. При оптимальных режимах активации электрическим током или магнитным полем прирост прочности на сжатие и изгиб цементных композиций в возрасте твердения 28 сут составил от 5 до 20 % и от 4 до 13 %, а при одновременном воздействии электрическим током и магнитным полем – от 14 до 39 % и от 12 до 13 % соответственно.

Ключевые слова: цементные композиты, активированная вода затворения, режимы активации, аппарат УПОВС2-5,0 «Максмир», прочность композитов.

К основным задачам строительного материаловедения относятся улучшение физико-механических свойств строительных композитов и снижение их материалоемкости. В основном они достигаются за счет использования современных физико-механических приемов воздействия в технологии изготовления и твердения композитов, введения в их состав эффективных модифицирующих химических и минеральных добавок [1-8]. Одним из требований к внедряемым новым технологиям - это незначительное изменение существующего технологического процесса изготовления композитов. Этому требованию наиболее полно отвечают технологии, использующие воздействие электрических и магнитных полей для активации воды затворения цементных композитов.

В настоящее время имеется достаточное количество научных работ по методам активации воды затворения различными типами магнитных и электрических полей, в которых исследовано их влияние на физико-механические свойства цементных композитов [1-5, 8-10]. Также отмечается, что повышение эффективности активации происходит при использовании комплексного воздействия на воду затворения, например, магнитным полем и электрическим током, магнитным полем и модифицирующей добавкой, магнитным полем и механической вибрацией и др. Поэтому исследование влияния комплексной технологии активации на физико-механические свойства строительных композитов является актуальной задачей.

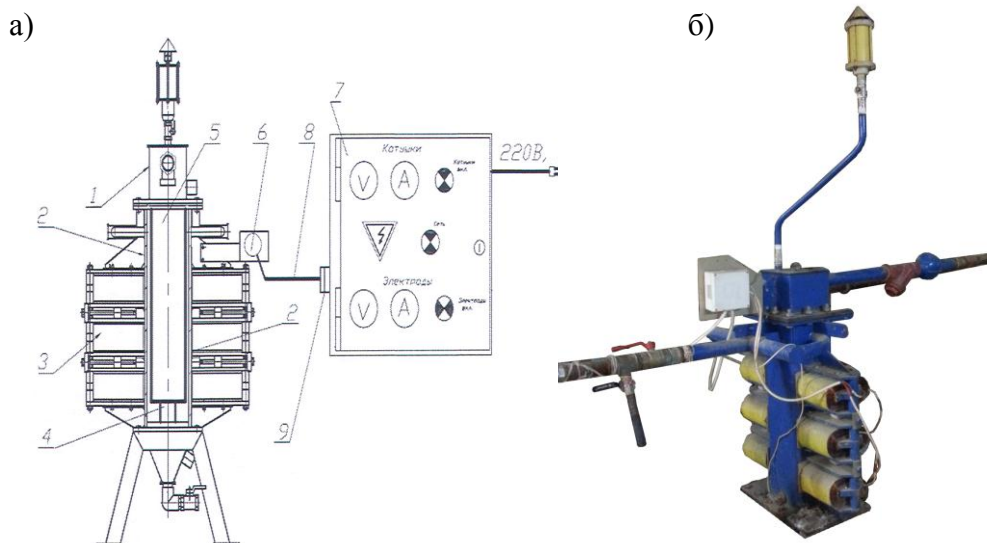


Рис. 1. Установка, применяющаяся для электромагнитной активации воды затворения УПОВС2-5,0 «Максмир»: а) схема установки, б) внешний вид аппарата: 1 – корпус, 2 – канал электродной обработки, 3 – электромагнитная катушка, 4 – анод, 5 – катод, 6 – блок разъемов, 7 – блок управления, 8 – кабель, 9 – вилка с розеткой

В нашей работе для электромагнитной активации воды затворения использовалась установка УПОВС2-5,0 «Максмир» [11]. Данный аппарат позволяет производить активацию воды затворения, воздействуя на нее магнитным полем и электрическим током, как совместно, так при отдельных режимах обработки. Внешний вид аппарата и схема приведены на рис. 1 (а, б), технические характеристики - в табл. 1.

Образцы изготавливали на портландцементе марки ЦЕМ II/A-II производства ОАО «Мордовцемент» (ГОСТ 31108), в качестве воды за-

творения использовали водопроводную питьевую воду (ГОСТ 23732). Время перемешивания композиций в миксере составляло 4 мин, водоцементное отношение было постоянным и равным 0,3. Образцы-балочки имели размеры 20×20×70 мм и твердели при нормальных условиях. Испытание прочности композитов на изгиб и сжатие производили через 7, 14 и 28 сут твердения. За контрольный был принят состав, полученный без воздействия электрического тока и магнитного поля на воду затворения.

Таблица 1

Технические характеристики установки УПОВС2-5,0 «Максмир»

№ п/п	Параметры	Единица измерения	Значения
1	Производительность	м ³ /ч	3,5-8,0
3	Масса	кг	200
4	Напряжение питания	В	220
5	Частота питающей сети	Гц	50
6	Максимальная напряженность магнитного поля в рабочем зазоре	А/м	1,6×10 ⁵
7	Рабочее давление воды	МПа	1,0
8	Напряжение питания постоянного тока	В	7,5-20
9	Максимальный рабочий ток на одну катушку	А	8
10	Максимальная потребляемая мощность	кВт	1,1
11	Количество ярусов для расположения намагничивающих катушек вокруг корпуса аппарата	шт.	3
12	Количество намагничивающих катушек на одном ярусе	шт.	2
13	Напряжение питания электродов	В	1,0-6,0
14	Выходной ток - пульсирующий, скважность 2	А	2,0-5,0
15	Температура обрабатываемой воды	°С	от +5 до +15

Активация воды затворения цементных композиций производилась тремя методами: обработкой воды только электрическим током; обработкой воды только магнитным полем; совместным воздействием магнитного поля и электрического тока. Режимы активации воды затворения приведены в табл. 2, скорость подачи воды была принята постоянной и равной __ расход воды был принят постоянным и равным 8 л/мин. Прочность контрольных образцов в возрасте 7, 14 и 28 сут твердения на сжатие была равна: 14,0, 15,0 и 15,8 МПа, а на изгиб – 45,9, 46,6 и 53,9 МПа соответственно.

На первом этапе исследовалось влияние индивидуальных режимов активации воды затворения на составы. Изменение прочности цементных композитов на сжатие и изгиб в зависимости от времени твердения и индивидуальных режимов активации приведены на рис. 2 (а, б).

Как видно из рис. 2 (а, б), изменение прочности композитов на сжатие и изгиб, относительно контрольного состава, носит достаточно сложный характер и изменяется в течение времени твердения. Так прирост прочности на сжатие композитов в возрасте 7 сут составил 1...15 % (режимы Э1, Э3, Э5 и М3), кроме композита, полученного по режиму М1, где произошло ее снижение на 7 %. Через 14 и 28 сут твердения прирост прочности на сжатие для всех режимов составил соответственно 3...21 % и 5...20 %.

Наиболее интенсивный прирост прочности на сжатие композитов наблюдается через 7...14 суток твердения (режимы Э1, Э3, Э5 и М3), после чего к 28 сут твердения происходит ее более постепенный рост (режимы Э5 и М1) или снижение (режимы Э1 и М3). Более стабильный прирост прочности на сжатие в возрасте 14...28 сут твердения получен для режимов активации Э5, М1 и М3, что составило соответственно 18...20 %, 16..18 % и 21...15 %.

Таблица 2

**Режимы активации воды затворения, используемые для приготовления
цементных композиций**

Режим активации	Режимы активации	
	Плотность электрического тока, А/м ²	Напряженность магнитного поля, кА/м
К	–	–
<i>Индивидуальные режимы активации</i>		
Э1	5,65	–
Э3	22,58	–
Э5	37,15	–
М1	–	24,0
М3	–	75,0
<i>Комплексные режимы активации*</i>		
Э1М3	5,65	75,0
Э3М3	22,58	75,0
Э5М3	37,15	75,0
М3Э1	5,65	75,0
М3Э3	22,58	75,0
М3Э5	37,15	75,0

Примечание *. Для режимов ЭМ активация воды затворения сначала производилась электрическим током (Э), после чего - магнитным полем (М), а для режимов МЭ – наоборот.

Увеличение прочности на изгиб в возрасте 7 сут для всех индивидуальных режимов активации составило 5...19 %. После 14 сут твердения для режимов Э1 и М3 произошло снижение относительного прироста до 1...8 %, а для режимов Э3 и Э5 – прирост прочности на изгиб практически не изменился по сравнению с 7 сут. Для режима М1 увеличение прочности на изгиб через 14 сут твердения составило 16 %. После 28 сут твердения прирост прочности на изгиб для режимов Э1 и М1 составил 2...13 %, наибольший прирост прочности равен 13 % и 10 % соответственно. Наиболее стабильные результаты прироста прочности на изгиб для всего времени твердения были получены для режима активации М1.

На втором этапе было исследовано влияние комплексных режимов на активацию воды затворения, при этом за основу были приняты индивидуальные режимы активации по результатам первого этапа. На рис. 3 (а, б) показаны результаты испытаний образцов на сжатие и изгиб, полученных при активации воды затворения комплексными режимами. При этом также изучалось чередование порядка воздействия электрическим током и магнитным полем. Так, например, для режима активации Э1М3 сначала производилась активация воды затворения электрическим током на уровне 1, а затем – магнитным полем на уровне 3. Для режима М3Э1 активация воды затворения производилась в обратном порядке.

При комплексной активации воды затворения прирост прочности композитов на сжатие в возрасте 7 сут составил 3...18 % (режимы Э3М3, М3Э1 и М3Э3), а у композитов, полученных по

режимам Э1М3, Э5М3 и М3Э5 наблюдалось ее снижение на 5...23 % (рис. 3 а). Через 14 сут твердения у составов, приготовленных по всем режимам, кроме режима М3Э5, прирост прочности составил 3...25 %, а для режима М3Э5 уменьшение прочности составило 22 % по сравнению с контрольным составом. В возрасте 28 сут прочность композита на сжатие, полученного по режиму М3Э3, была примерно равной контрольному составу, а для всех остальных режимов наблюдался прирост прочности на 14...39 %. Наиболее стабильный прирост прочности в возрасте 14...28 сут был у составов, приготовленных по режимам Э1М3 (12...39 %), Э3М3 (25...14 %), М3Э1 (21...27 %).

Как видно из рис. 3 а, очередность воздействия при комплексной активации воды затворения влияет на прочность композитов при сжатии и носит сложный характер. Поэтому, можно говорить лишь о качественных зависимостях изменения характера влияния на прочность от режима активации и времени твердения. Так, например, для режимов Э1М3 и М3Э1, Э5М3 и М3Э5, вид полученных графических зависимостей имеет тенденцию увеличения, а у режимов Э3М3 и М3Э3 наблюдается рост до 14 сут, после чего к 28 суткам происходит снижение величины эффекта активации на прочность композитов при сжатии.

Прирост прочности композитов на изгиб (рис. 3 б) в возрасте 7 сут для всех режимов активации составил 6...21 % по сравнению с контрольными составами. Через 14 сут твердения у составов, приготовленных по режимам Э1М3, Э5М3 и М3Э3, произошло снижение прироста прочности до 10...14 %, для режимов Э3М3 и

МЗЭ5 он практически не изменился (14 % и 5 %), а у режима МЗЭ1 произошло его увеличение до 16 %. В возрасте 28 сут для режимов Э1МЗ, МЗЭ1 и МЗЭ3 прирост прочности на изгиб был равен 12...13 %, а у режимов Э3МЗ, Э5МЗ и МЗЭ5 прочность при изгибе была равна кон-

трольному составу. Наиболее стабильные результаты были получены для режимов активации Э1МЗ, МЗЭ1 и МЗЭ3, прирост прочности на изгиб составил для них в возрасте 7 сут - 21, 11, 14 %, 14 сут - 14, 16, 10 % и 28 сут - 13, 12, 12 % соответственно.

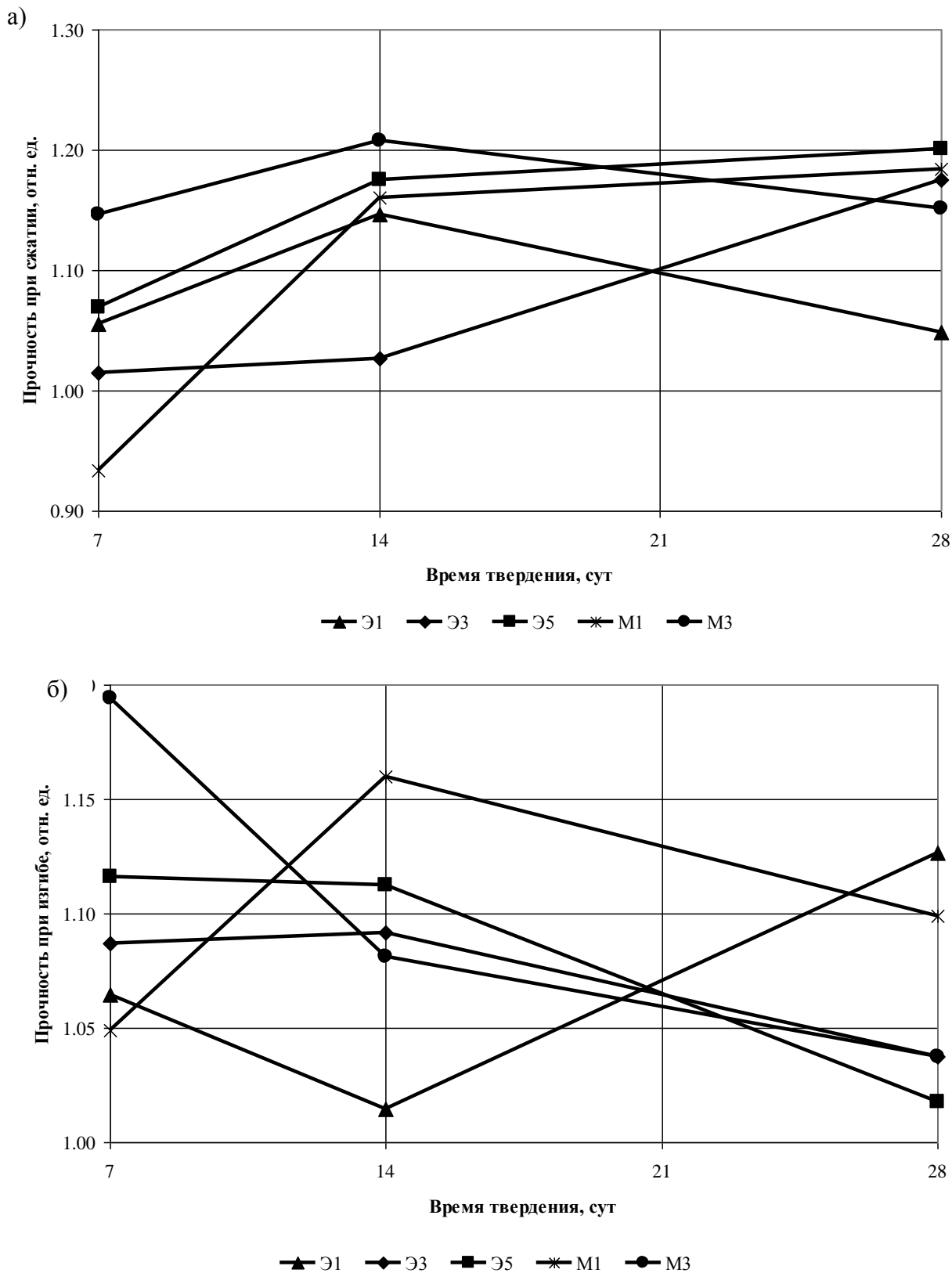


Рис 2. Прочность цементных композитов в зависимости от типа «простого» режима активации воды затворения и времени твердения: а) прочность при сжатии, б) прочность при изгибе

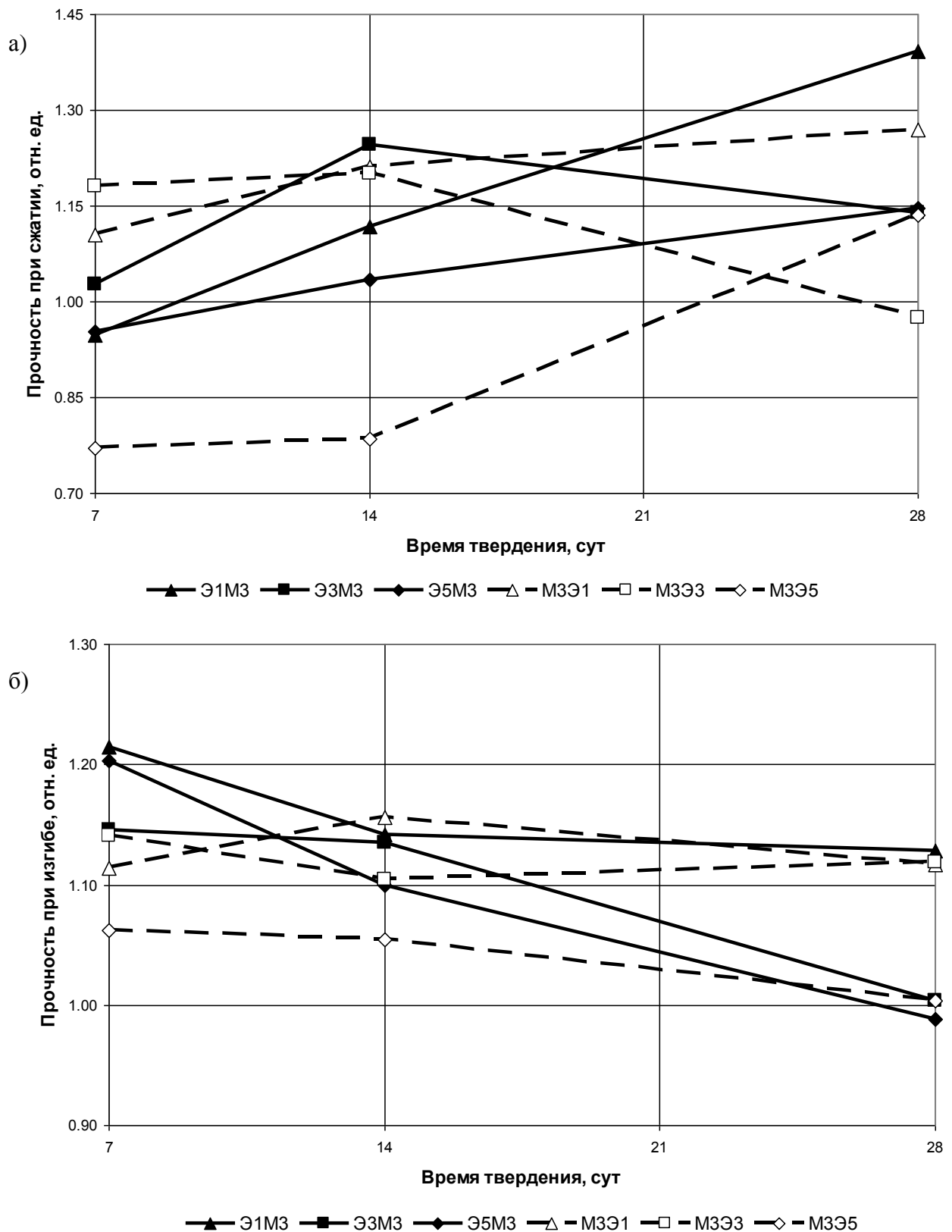


Рис. 3. Прочность цементных композитов в зависимости от типа комплексного режима активации э воды затворения и времени твердения:
 а) прочность при сжатии, б) прочность при изгибе

Очередность воздействия электрического тока и магнитного поля, для режимов Э1М3, М3Э1 и Э5М3 и М3Э5, влияет на начальных сроках твердения композитов (7 сут) и выравни-

вается в последующем (14 и 28 сут), а для режимов Э3М3 и М3Э3 наблюдалась обратная картина. Характер кривых для режимов Э3М3, Э5М3 и М3Э5 имел тенденцию к снижению

прироста прочности при изгибе в течении всего времени твердения образцов, а у остальных режимов наблюдалось стабильное увеличение прочности по сравнению с контрольными составами.

По полученным результатам, проведенных исследований влияния режимов активации воды затворения на прочностные показатели цементных композитов, можно сделать следующие выводы:

- влияние на кинетику изменения прочности цементных композитов как «простых», так и комплексных режимов активации воды затворения, а также порядка воздействия электрического тока и магнитного поля, носит сложный неоднозначный характер;

- в течение времени твердения наблюдалось как положительное влияние эффектов электрической и магнитной обработки воды затворения, так и отрицательное на прирост прочности при сжатии и изгибе цементных композитов;

- качественный характер полученных зависимостей прочности композитов для большинства режимов с ростом продолжительности твердения имеет тенденцию к увеличению прироста прочности на сжатие, а на изгиб – к снижению;

- наиболее стабильные результаты для прироста прочности на изгиб, в течение всего срока твердения, получены для режимов Э1М3, М3Э1 и М3Э3, а для сжатия – Э5, М3, Э3М3 и М3Э1;

- в возрасте 28 сут твердения прирост прочности при сжатии композитов для «простых» режимов Э1, Э3, Э5, М1 и М3 составил 5, 18, 20, 18 и 15 %, а при изгибе – 13, 4, 2, 10 и 4 % соответственно;

- для комплексных режимов Э1М3, Э3М3, Э5М3, М3Э1 и М3Э5 после 28 сут экспонирования прирост прочности на сжатие композитов был равен 39, 14, 15, 27 и 14 %, а для режима М3Э3 – прочность была практически равна контрольному; прирост прочности на изгиб для режимов Э1М3, М3Э1 и М3Э3 составил 13, 12 и 12 %, а у составов, приготовленных по режимам Э3М3, Э5М3 и М3Э5, прочность была равна контрольной;

- технологии, использующие для активации воды затворения воздействие электрических и магнитных полей, являются эффективным средством повышения прочностных показателей цементных матричных композитов и могут использоваться в дальнейшем для приготовления бетонов на крупном и мелком заполнителях, а также изделий и конструкций на их основе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Седова А.А., Емельянов Д.В., Осипов А.К. [и др.] Влияние способов активации на химические и физико-химические свойства воды // Вестник ВРО РААСН. – Вып. 13. – Нижний Новгород, 2010. С. 236 – 240.
2. Вопросы теории и практики магнитной обработки воды и водных систем // сб. Всесоюз. совещ. - Новочеркасск: Изд-во Новочеркас. политех, ин-та. 1975. 265 с.
3. Классен В. И. Омагничивание водных систем. М.: Химия, 1982. 296 с.
4. Михановский Д. С., Леус Э. Л. Применение магнитной обработки воды в производстве бетона // Вопросы теории и практики магнитной обработки воды и водных систем. М., 1971. С. 214 – 217.
5. Матвиевский А. А. Цементные композиты на основе магнитно- и электрохимически активированной воды затворения: Автореф. дис. канд. техн. наук. Саранск, 2010. 24 с.
6. Петров А.Г. Дорожный цементобетон на активированной ультразвуком воде затворения: Автореф. дис. канд. техн. наук. Томск, 2013. – 24 с.
7. Пухаренко Ю. В., Никитин В. А., Летенко Д. Г. Наноструктурирование воды затворения как способ повышения эффективности пластификаторов бетонных смесей // Строительные материалы. Наука. 2006. № 8. С. 11–13.
8. Баженов Ю. М., Федосов С. В, Ерофеев В. Т. [и др.] Цементные композиты на основе магнитно- и электрохимически активированной воды затворения: монография // Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2011. 128 с.
9. Федосов, М.В. Акулова, Т.Е. Слизнева [и др.] Анализ фазовых превращений в мелкозернистом бетоне на механомагнитоактивированной воде затворения в присутствии NA-RVW / C/D // Вестник МГСУ. 2011. Т.1. №1. С. 238-243.
10. Фокин Г.А., Лошканова Я. А. Повышение физико-механических свойств цементных систем акустической активацией воды затворения // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2008. №4. С.16-20.
11. Патент № 2223235 Российская Федерация, МПК С 02 F 1/48 // С02 F 103:02. Устройство для магнитной обработки водных систем и установка для обработки водных систем // Матвиевский, В.Г. Овчинников; заявитель и патентообладатель «Маскмир-М». – 2002120207/15; заявл. 30.07.2002; опубл. 10.02.2004. Бюл. №4. С. 514-515.