Нгуен Тхе Винь. Высокопрочные бетоны с органоминеральным модификатором, содержащим расширяющий компонент : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.05 / Нгуен Тхе Винь; [Место защиты: Моск. гос. строит. ун-т].- Москва, 2012.- 124 с.: ил. РГБ ОД, 61 12-5/3455

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

На пр^зЪс рукописи

НГУЕН ТХЕ ВИНЬ

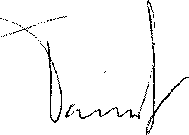
ВЫСОКОПРОЧНЫЕ БЕТОНЫ С ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫМ МОДИФИКАТОРОМ, СОДЕРЖАЩИМ РАСШИРЯЮЩИЙ КОМПОНЕНТ

Специальность 05.23.05 - Строительные материалы и изделия

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель - доктор технических наук профессор,



<\_

Баженов Ю.М.

Москва - 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

1. СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ С КОМПЕНСИРОВАННОЙ УСАДКОЙ 9
   1. [Усадка бетонной смеси и бетона 9](#bookmark2)
   2. Суперпластификаторы: классификация и механизм

действия 13

* 1. Особенности получения высокопрочных бетонов 16
     1. Развитие технологии высокопрочных бетонов 16
     2. Структурообразование высокопрочных бетонов 19
     3. Кинетика твердения и деформативные свойства 21

высокопрочных бетонов 22

* 1. Способы получения безусадочных и расширяющихся бетонов... 26
     1. Расширяющиеся цементы 26
     2. Расширяющие добавки для бетонов 29
     3. Факторы, влияющие на расширение бетона 36
  2. [Рабочая гипотеза, цель и задачи исследований 40](#bookmark5)

1. МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ В РАБОТЕ. МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ 43
   1. Материалы, использованные в работе 43
   2. Методики исследований 48

3 РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ

МОДИФИКАТОРОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ВЛИЯНИЯ НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ 60

1. Обоснование выбора компонентов органоминеральных модификаторов 60
2. Разработка составов органоминеральных модификаторов 64
3. Исследование влияния органоминеральных модификаторов на расширение цементного камня 69
4. Исследование влияния органоминеральных модификаторов на

прочностные свойства цементного камня 74

1. [5 Выводы 77](#bookmark13)
2. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕТОННЫХ СМЕССЕЙ И БЕТОНОВ С ОРГАНО­МИНЕРАЛЬНЫМИ МОДИФИКАТОРАМИ 79
   1. Свойства бетонных смесей 79
   2. Кинетика твердения бетонов 81
   3. Исследование деформаций бетонов 84
   4. Прочностные характеристики бетонов 87

4.5. Модуль упругости 89

1. [Водонепроницаемость 91](#bookmark14)
2. [Выводы 92](#bookmark15)
3. ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БЕТОНОВ С КОМПЛЕКСНЫМ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫМ МОДИФИКАТОРОМ 94
   1. Технология бетонов с комплексным органоминеральным модификатором 94
   2. [Опытно-промышленное опробование 99](#bookmark16)
   3. Технико-экономическая эффективность 102
   4. [Выводы 105](#bookmark17)

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ 106

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 109

ПРИЛОЖЕНИЕ. АКТ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС 122

ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** По объемам производства, эксплуатационно­строительным свойствам бетон и железобетон являются основными конст­рукционными материалами. Только в России в XX веке в строительстве было использовано около 10 миллиардов кубометров бетона и железобетона. Ми­ровой объем производства этой продукции достигает трех миллиардов ку­бометров в год.

Современные высокопрочные (ВПБ) и высококачественные (ВКБ) бе­тоны, отвечая задачам технологического прогресса, позволяют существенно снизить материалоемкость и повысить эффективность строительства. Вместе с тем, сегодня предъявляется новый уровень требований к бетонам. Это обу­словлено применением их не только в обычных, но и в особых экстре­мальных условиях, в конструкциях новых архитектурных форм, оболочках, трубах, резервуарах, покрытиях дорог, аэродромов, защитных элементов и т.д., где необходимы повышенная трещиностойкость, прочность на растя­жение, высокая ударная вязкость и изностойкость. Усадка цементного камня, твердевшего на воздухе в течение 5 лет, может достигать 3 мм на 1 м. Для бетонов этот показатель составляет примерно 0,4 - 0,5 мм на 1 м и зависит от вида и свойств заполнителя. Так усадка бетона, содержащего мелкозерни­стый песок и пористый заполнитель, больше по сравнению с усадкой бетона, изготовленного на основе гравия и щебня.

Железобетон имеет в 2 раза меньшую усадку, чем обычный бетон, но усадка железобетонных конструкций полностью не заканчивается даже через 15 лет. При этом отмечено уменьшение предварительного напряжения у бето­нов, твердеющих на воздухе, на 38-45 % от исходной величины. Повышение эксплуатационных свойств бетона достигается в последние годы за счет низ­ких В/Ц отношений, комплексного использования органоминеральных доба­вок, содержащих в своем составе высокоэффективный суперпластификатор (СП) и тонкоизмельченный минеральный наполнитель. Введение расши­ряющей добавки в процессе приготовления бетонной смеси регулирует энер-

4

гию расширения вяжущего, что позволяет получать бетоны для сборного и монолитного строительства как с компенсированной усадкой, так и напря­гающие с различной энергией самонапряжения, обеспечивая высокое каче­ство изделий.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ МГСУ по программе «Архитектура и Строительство».

**Цель и задачи исследования.**

Целью работы является получение высокопрочных бетонов с прочно­стью от 40 МПа до 60 МПа с улучшенными деформативными характеристи­ками с использованием органоминеральных модификаторов, содержащих расширяющие компоненты.

В соответствии с поставленной целью работы определены следующие

задачи:

1. Изучить влияние вида, степени дисперсности и дозировки наполни­телей, как составной части цементной матрицы, на физико-механические свойства, усадку и усадочную трещиностойкость цементного камня и бетона
2. Разработать составы новых органоминеральных модификаторов, бетонов которые будут отличаться улучшенными физико-техническими свойствами за счёт введения расширяющего компонента, эффективностью действия, расширенной сырьевой базой.
3. Исследовать влияние разработанных органоминеральных модифи­каторов на усадку и прочностные свойства цементного камня.
4. Исследовать влияние органоминеральных модификаторов с расши­ряющим компонентом на усадку, прочностные и деформативные характери­стики разработанных бетонов.
5. Осуществить внедрение разработанных модифицированных тяжё­лых бетонов с оценкой их технико-экономической эффективности.

**Научная новизна работы.** Научная новизна работы определяется решением проблемы снижения усадки и повышения усадочной трещино- стойкости высокопрочных бетонов с использованием ультрадисперсных ми­неральных наполнителей низкой водопотребности на основе сульфоалюми- ната кальция, который в результате реакции с водой образует эттрингит и расширяются. Полагают, что образование эттрингита не происходит в жид­кой фазе цемента. Соединение C4A3S и оксид кальция реагируют с образова­нием твердого раствора, состоящего из пластинчатых кристаллов гексаго­нального типа моносульфата и гидрата алюмината кальция типа С4АНІ3. При последующей реакции моносульфата с гипсом образуются игольчатые кри­сталлы эттрингита. Очевидно, что моносульфат не содействует расширению, в то время как образование эттрингита обеспечивает расширение.

Расширение наряду с увеличением прочности вызывает сжимающие усилия в бетоне, уменьшающие растягивающие напряжения, связанные с усадкой от высыхания. Поэтому как трещинообразование, так и усадка при высыхании уменьшаются.

**Практическая значимость работы:**

Варьирование количеством расширяющей композиции в составе ми­неральной части модификатора позволил управлять деформациями расшире- ния-усадки и получать бетоны из высокоподвижных смесей с улучшенными деформационными свойствами - повышенным модулем упругости и пони­женной ползучестью, с компенсированной усадкой или расширением.

Используя комплексные органоминеральные модификаторы можно получать высокопрочные (в том числе мелкозернистые) бетоны, обладающие высокими деформационными характеристиками, пониженным трещинообра- зованием и высокими эксплуатационными и технологическими свойствами. Применение данных видов бетонов позволит существенно снизить трудоза­траты и стоимость работ при строительстве массивных бетонных объектов и сооружений, а также повысить их качество и долговечность.

**Внедрение результатов исследований:**

Разработана технологическая схема и рекомендации по производству изделий из бетонных смесей с комплексным модификатором и сделан расчет технико-экономической эффективности в сравнении с аналогичным произ­водством изделий из обычных смесей. Разработаны технические условия на модификатор бетона серии ЭМБЭЛИТ, позволяющий получать бетоны с компенсированной усадкой.

Результаты исследований внедрены при строительстве «Дворца вод­ных видов спорта» в г. Казань. В результате использования разработанного модификатора ЭМБЭЛИТ 1,5-100.Л. экономический эффект составил 4,594 млн. рублей, при этом значительно упростилась технология укладки смеси, ее технологические свойства, была обеспечена термическая трещиностой- кость конструкции и достигнута высокая прочность бетона в конструкции (в возрасте 32 суток прочность бетона в конструкции составляла 46,6...70,6 МПа, что выше значения требуемого регламентом RTp=46 0 МПа).

**Апробация работы.** Основные положения и результаты диссертаци­онной работы представлялись и докладывались на кафедре Строительных материалов МГСУ.

**На защиту выносится:**

* составы разработанных комплексных модификаторов для бетонов, позволяющие получать высокопрочные бетоны с компенсированной усадкой;
* составы высокопрочных бетонов содержащих комплексный моди­фикатор, позволяющий компенсировать их усадку и повышать дефформа- тивные свойства;
* установленные зависимости влияния разработанных модификато­ров на свойства бетонных смесей и бетонов;
* прочностные и дефформативные свойства высокопрочных бетонов с комплексным модификатором;
* технологическая схема и рекомендации по производству изделий из высокопрочных бетонов с комплексным модификатором.

7

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, основных выводов, списка использованной литературы из 150 наименований, изложена на 123 страницах машинописного текста, со­держит рисунков 20, таблиц 31 и 2 приложения.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. С помощью выбранных методов исследования произведена оценка влияния микронаполнителей на свойства цементного теста и камня по определяющим механизм их действия параметрам: подвижность, усадка- расширение и индекс активности. Установлено, что наиболее эффективным микронаполнителем является смесь гипса и метакаолина в соотношении 1:1, который значительно увеличивает пластичность цементного теста, прочность цементного камня и способствует его расширению до 0,26 мм/м.
2. Разработаны оптимальные органоминеральные композиции — модификаторы, содержащие в минеральной части выбранный комплексный микронаполнитель, а в органической части суперпластификатор (С-3 или JICT) в следующих соотношениях:

* ЭМБ 8-100 [ 8% СП С-3 + 92% ( гипс + метакаолин) ]
* ЭМБ 1,5-ЮО.Л [ 1,5% ЛСТ + 98,5% (гипс + метакаолин) ]

1. Исследовано влияние разработанных органоминеральных модификаторов на усадку и прочность цементного камня. Установлено, что при введении модификатора ЭМБ 8-100 в количестве 10,15 и 20 % от массы цемента, расширение цементного камня после 28 суток твердения в нормальных условиях составляет 0,62, 2,17 и 2,85 мм/м, а прочность от 67,0 до 61,2 МПа. При введении в состав цемента ЭМБЭЛИТ 1,5-100.Л в количестве 15%, прочность образцов цемента достигает максимального значения 70 МПа, за счет снижения количества дефектов, возникающих в цементном камне в процессе гидратации, по сравнению со значениями прочности при дозировке модификатора 10% и 20% - 66,4 и 50,2 МПа соответственно.
2. В результате исследований установлено, что кинетика набора

прочности бетонов с разработанными модификаторами ЭМБ 8-100 и ЭМБ

1. 100.Л незначительно отличается и позволяет достигать прочности в

первые сутки твердения от 29,8 до 36,5 МПа, а на 28 сутки от 77 до 85,1 МПа.

При этом необходимо отметить, что применение модификатора ЭМБ 8-100

106

целесообразно в высокоподвижных (марок по подвижности ПЗ-П5) бетонных смесях, а модификатора ЭМБ 1,5-100.Л в бетонных смесях марок П1-ПЗ, либо в высокоподвижных бетонах с прочностью до 50 МПа.

1. В результате проведенных исследований установлено, что у бетонов с модификатором ЭМБ 8-100 расширение в процессе твердения развивается по логарифмическому закону и составляет 0,375 мм/м на 28 сутки. Для бетонов с модификатором ЭМБ 8-100 расширение в процессе твердения также развивается по логарифмическому закону и составляет 0,292 до 0,333 мм/м на 28 сутки. В результате исследований установлено, что значение расширения увеличивается при увеличении водотвердого отношения за счет более интенсивных реакций, протекающих при твердении бетона и способствующих образованию эттрингита и расширению цементного камня.
2. Установлены, что прочность при сжатии бетонов с органоминеральным модификатором ЭМБ 8-100 достигает значений 85,1 МПа, прочность на растяжение при изгибе - до 7,9 МПа, призменная прочность - до 61,4 МПа. Прочность при сжатии бетонов с органоминеральным модификатором ЭМБ 1,5-ЮОл достигает значений от
3. до 77,0 МПа, прочность на растяжение при изгибе от 5,3 до 7,9 МПа, призменная прочность от 41,2 до 59,3 МПа. Водонепроницаемость бетонов, определенная по ГОСТ 12730.5-84 по методу мокрого пятна, с разработанными органоминеральными модификаторами соответствует марке W16.
4. В результате проведенных исследований определено, что модуль

упругости бетонов с органоминеральным модификатором ЭМБ 8-100

1. 103 МПа, что превышает нормативное значение на 13 %. Модуль

упругости бетонов с органоминеральным модификатором ЭМБ 1,5-ЮОл

1. 103 МПа, что превышает нормативное значение на 9 %. Более высокие

экспериментальные значения модуля упругости высокопрочного бетона с

органоминеральными модификаторами, превышающие на 9... 13%

107

нормативные значения для обычного тяжелого бетона естественного твердения, являются следствием применения расширяющих компонентов в составе органоминеральных модификаторов.

1. Разработан технологический регламент по производству бетонных и арматурных работ, в котором предусмотрено использование бетонных смесей с компенсированной усадкой и осуществлено опытно-промышленное внедрение разработанных бетонов при строительстве «Дворца водных видов спорта» в г. Казань. Установлено, что использование разработанного модификатора ЭМБЭЛИТ 1,5-100.Л. для бетонов позволяет достигнуть следующих технических эффекты: упрощения технологии укладки смеси и высоких технологических свойств смеси, обеспечения термической трещиностойкости конструкции, высокой прочности бетона в конструкции (в возрасте 32 суток прочность бетона в конструкции составляла 46,6...70,6 МПа, что выше значения требуемого регламентом 11^=46 0 МПа). Общий экономический эффект от использования разработанного модификатора ЭМБЭЛИТ 1,5-100.Л. в качестве замены модификатору ЭМБЭЛИТ 1,5-
2. Л. при возведении «Дворца водных видов спорта» в г. Казань, составил 4,594 млн. рублей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуль P.O. Пути обеспечения трещиностойкости бетона в климатических условиях Египта. Дисс. .к.т.н.,-СПб., 1995,113 с.
2. Абрамова Р.С. Исследование бетонной смеси и бетона с водорастворными органическими добавками. //Автореферат кандидатской диссертации. - Ташкент. - 1976 г.
3. Агаджанов В.И. Эффективность применения добавок в бетон // Науч. тр. 2-й Всерос. (Междунар.) конф. по бетону и железобетону. - М.: Дипак, 2005.
4. Афанасьев Н.Ф., Целуйко М.К. Добавки в бетоны и растворы. - Киев.: Изд-во Будивэльнык. - 1989. - 128 с.
5. Ахвердов И.Н. Высокопрочный бетон. М., Госстройиздат, 1961 г. - 162 с.
6. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона, -М.: Стройиздат 1981 - 464с.
7. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: Изд. АСВ 2007. 528с.
8. Баженов Ю.М. Бетоны повышенной долговечности.//Строительные материалы, №7-8, 1999, стр.21-22.
9. Баженов, Ю. М. Применение мелких песков в бетоне для сборных железобетонных конструкций. Применение мелких песков в бетоне и методы подбора состава бетона. М.: Госстройиздат . - 1961. - С. 103-109
10. Баженов, Ю.М. Улучшение свойств гипса добавкой суперпластификатора /Ю.М. Баженов, В.А. Даева, К.Н. Рожкова, Л.В. Серебрякова // Строительные материалы. 1979. - № 11.