

**Р. В. Лесовик, Ю. М. Баженов**

**МЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ  
И ТЕХНОГЕННЫХ ПЕСКОВ**

**Белгород  
2013**

УДК 625.85  
ББК 39.311  
Б 16

**Рецензенты:** Академик, доктор технических наук, профессор У.Х. Магдеев (Российская академия архитектуры и строительных наук)  
заведующая кафедрой доктор технических наук, профессор Ю.А. Соколова (кафедра управления проектами в стройиндустрии Государственной академии профессиональной переподготовки и повышения квалификации руководящих работников и специалистов инвестиционной сферы (ГОУ ДПО ГАСИС))

**Лесовик, Р.В.**

**Л 50 Мелкозернистые бетоны на основе композиционных вяжущих и техногенных песков: монография / Р.В. Лесовик. Ю.М. Баженов. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. - 567 с.**

В книге рассмотрены принципы повышения эффективности композиционных вяжущих и мелкозернистых бетонов за счет рационального использования энергетика геологических и техногенных процессов, участвующих в формировании техногенных песков

Рекомендуется для студентов всех строительных специальностей, обучающихся по направлению «Строительство», сотрудников научных и проектных организаций, инженерно-строительных работников.

Данное издание публикуется в авторской редакции.

**УДК 625.85**

**ББК 39.311**

© Лесовик Р.В., Баженов Ю.М., 2013

© Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2013

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	9
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА .....	12
1.1. Специфика свойств и применения мелкозернистых бетонов .....	12
1.2. Традиционная сырьевая база мелкого заполнителя бетонов .....	15
1.2.1. <i>Состояние и перспективы развития сырьевой базы природных песков.</i> .....	16
1.2.2. <i>Генетические особенности месторождения природных песков.</i> .....	22
1.2.3. <i>Форма зерен песков в зависимости от генезиса.</i> .....	28
1.3. Опыт исследования и применения мелкозернистых промышленных отходов как заполнителей бетонов .....	34
1.4. Особенности синтеза матрицы с использованием техногенных песков. ....	41
1.5. Повышение эффективности производства мелкозернистого бетона. ....	47
1.5.1. <i>Интенсификация процессов синтеза цементного камня.</i> . . . .	47
1.5.2. <i>Оптимизация структуры бетона за счет высокоплотных составов зернистого сырья.</i> .....	52
1.6. Выводы. ....	55
2. КЛАССИФИКАЦИЯ И СВОЙСТВА ТЕХНОГЕННЫХ ПЕСКОВ. ....	54
2.1. К проблеме использования техногенных песков при производстве композиционных вяжущих и мелкозернистых бетонов .....	58
2.2. Классификация техногенных песков как сырьевой базы промышленности строительных материалов. ....	62
2.3. Влияние техногенного воздействия на свойства механогенных песков в зависимости от генетических типов исходных пород . . . .	76
2.3.1. <i>Состав и свойства отходов мокрой магнитной сепарации.</i> . . .	77
2.3.2. <i>Особенности отсевов дробления скальных пород в зависимости от их состава.</i> .....	85
2.3.3. <i>Состав и свойства отсевов дробления валунно-песчано-гравийных смесей.</i> .....	89
2.3.4. <i>Свойства отходов алмазобогащения.</i> .....	99
2.4. Морфология зерен и поверхность частиц техногенных песков в зависимости от состава. ....	101
2.5. Активность поверхности техногенных песков, как компонентов вяжущих и бетонов. ....	122
2.5.1. <i>Активные центры на поверхности заполнителей</i> .....	122
2.5.2. <i>Размолоспособность техногенных песков различных генетических типов.</i> .....	132
2.5.3. <i>Влияние термообработки техногенных песков</i> .....	138

	<i>на размолоспособность</i> .....	
2.6.	Водо- и цементопотребность техногенных песков в зависимости от генетических типов исходных пород .....	148
2.7.	Выводы .....	162
<b>3. ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ И ПРОЦЕССОВ</b>		
<b>СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ В</b>		
<b>ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА КОМПОНЕНТОВ</b> .....		
3.1.	Особенности синтеза композиционных вяжущих .....	169
3.2.	Энергоемкость помола компонентов при производстве композиционных вяжущих в зависимости от вида компонентов ВНВ и ТМЦ .....	171
3.3.	Процессы взаимодействия в контактной зоне .....	185
3.3.1.	<i>Сцепление между минеральными компонентами и цементным камнем</i> .....	185
3.3.2.	<i>Пластическая прочность системы «тонкодисперсная минеральная добавка – вяжущее»</i> .....	189
3.3.3.	<i>Адгезия цементного камня в зависимости от состава заполнителя</i> .....	192
3.4.	Зависимость реологических свойств и агрегативной устойчивости композиционных вяжущих от вида минеральной составляющей ..	195
3.4.1.	<i>Выбор пластифицирующих добавок для получения композиционных вяжущих</i> .....	195
3.4.2.	<i>Подбор оптимального содержания добавок в зависимости от типа техногенного песка и состава ТМЦ и ВНВ</i> .....	199
3.4.3.	<i>Предельные напряжения сдвига и пластическая вязкость вяжущих с использованием техногенного сырья</i> .....	203
3.4.4.	<i>Седиментационная и агрегативная устойчивость ТМЦ и ВНВ</i> .....	214
3.4.5.	<i>Влияние суперпластификаторов на электрокинетический потенциал композиционных вяжущих</i> .....	223
3.4.6.	<i>Адсорбция суперпластификатора в композиционных вяжущих в зависимости от метода введения</i> .....	226
3.5.	Состав и свойства композиционных вяжущих .....	231
3.5.1.	<i>Свойства композиционных вяжущих в зависимости от состава</i> .....	231
3.5.2.	<i>Использование термообработанных техногенных песков как компонента ВНВ</i> .....	241
3.5.3.	<i>Особенности твердения композиционных вяжущих с использованием в качестве кремнеземистого компонента техногенных песков</i> .....	245
3.6.	Выводы .....	256

4.	<b>РАЗДЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ</b>	259
4.1.	Выбор кремнесодержащего компонента для получения нанодисперсного модификатора.....	259
4.1.1.	<i>Теоретические предпосылки методики определения характеристик кварца, как кремнесодержащего компонента вяжущих.....</i>	260
4.1.2.	<i>Влияние микроструктурных характеристик кварца различного генезиса на его реакционную активность композиционных вяжущих.....</i>	264
4.2.	Технология производства нанодисперсного модификатора.....	264
4.2.1.	<i>Теоретические предпосылки получения нанодисперсного модификатора.....</i>	268
4.2.2.	<i>Свойства добавки в зависимости от характеристик кварца</i>	270
4.3.	Свойства композиционных вяжущих в зависимости от вида и количества добавки.....	276
4.3.1.	<i>Методика подбора состава композиционных вяжущих.....</i>	276
4.3.2.	<i>Свойства композиционных вяжущих в зависимости от вида нанодисперсного модификатора.....</i>	278
4.4.	Влияние нанодисперсных модификаторов на структуру новообразований.....	281
4.5.	Влияние нанодисперсных модификаторов на пожаростойкость цементного камня.....	284
4.6.	Выводы.....	286
5.	<b>ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА . . . .</b>	288
5.1.	Алгоритм оптимизации процесса проектирования состава мелкозернистого бетона . . . . .	289
5.2.	К проблеме исследования микроструктурных характеристик матрицы. . . . .	295
5.2.1.	<i>Микростроение композитов в зависимости от состава.....</i>	298
5.2.2.	<i>Анализ изменения микроструктурных характеристик матрицы вяжущих в зависимости от состава ТМЦ и ВНВ. . .</i>	304
5.2.3.	<i>Количественный анализ микроструктуры композитов на основе ВНВ и ТМЦ по их изображениям в растровом электронном микроскопе.....</i>	319
5.3.	Повышение эффективности мелкозернистого бетона за счет оптимизации гранулометрии техногенного песка. . . . .	334
5.3.1.	<i>Определение предельной плотности упаковки зерен моно- и полидисперсного заполнителя. . . . .</i>	334

5.3.2.	<i>Зависимость свойств бетонов от системы распределения зерен в смеси.</i> . . . . .	340
5.3.3.	<i>Расчет плотнейшей упаковки мелкого заполнителя на основе отсева дробления кварцитопесчаника.</i> . . . . .	344
5.3.4.	<i>Расчет состава фракций для получения высокоплотной упаковки обогащенных песков.</i> . . . . .	351
5.4.	<b>Расчетно-теоретическое обоснование получения композиционных материалов каркасной структуры с использованием высокопроникающих смесей.</b> . . . . .	354
5.4.1.	<i>Структурные особенности формирования каркасных композитов.</i> . . . . .	354
5.4.2.	<i>Гидравлические аспекты получения каркасных композитов.</i> . . . . .	359
5.4.3.	<i>Обоснование использования модельной системы для определения проникающей способности пропиточных композиций.</i> . . . . .	364
5.5.	<b>Управление структурообразованием с использованием магнитной обработки бетонных смесей.</b> . . . . .	368
5.6.	<b>Выводы.</b> . . . . .	374
6.	<b>МЕЛКОЗЕРНИСТЫЙ БЕТОН ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПЕСКОВ.</b> . . . . .	377
6.1.	<b>Свойства мелкозернистых бетонов в зависимости от состава минеральных добавок</b> . . . . .	378
6.2.	<b>Повышение эффективности мелкозернистого бетона для строительства оснований автомобильных дорог за счет применения композиционных вяжущих.</b> . . . . .	394
6.2.1.	<i>Укатываемый мелкозернистый бетон для устройства оснований.</i> . . . . .	395
6.2.2.	<i>Высокопроникающие смеси для укрепления щебеночных оснований.</i> . . . . .	410
6.3.	<b>Мелкозернистый бетон для строительства покрытий автомобильных дорог с применением композиционных вяжущих.</b> . . . . .	419
6.3.1.	<i>Разработка составов для нижнего слоя покрытий.</i> . . . . .	422
6.3.2.	<i>Высокопрочный бетон для верхнего слоя покрытий.</i> . . . . .	431
6.4.	<b>Выводы.</b> . . . . .	439
7.	<b>ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.</b> . . . . .	441
7.1.	<b>Малые архитектурные формы на основе мелкозернистых бетонов.</b> . . . . .	441
7.1.1.	<i>Роль функционально-художественных элементов благоустройства.</i> . . . . .	442
7.1.2.	<i>Разработка составов мелкозернистого бетона для</i> . . . . .	443

	<i>производства малых архитектурных форм. . . . .</i>	
7.1.3.	<i>Исследование прочности строительных конструкций для малых архитектурных форм. . . . .</i>	447
7.2.	<b>Железобетонные конструкции на основе мелкозернистого бетона</b>	<b>448</b>
7.2.1.	<i>Мелкозернистые бетоны для энергетического строительства. . . . .</i>	451
7.2.2.	<i>Мелкозернистые бетоны для мостовых конструкций. . . . .</i>	454
7.3.	<b>Разработка составов для производства мелкоштучных изделий на основе отсева дробления валунно-песчано-гравийных смесей. . . . .</b>	<b>460</b>
7.3.1.	<i>Требования, предъявляемые к стеновым камням цементным . . . . .</i>	462
7.3.2.	<i>Состав и свойства бетонных смесей в зависимости от модификации стеновых камней цементных. . . . .</i>	464
7.3.3.	<i>Особенности структурообразования мелкозернистого бетона на основе полиминеральных техногенных песков. . . . .</i>	466
7.4.	<b>Выводы. . . . .</b>	<b>472</b>
<b>8.</b>	<b>ВНЕДРЕНИЕ И ТЭО ПРИМЕНЕНИЯ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПЕСКОВ. . . . .</b>	<b>475</b>
8.1.	<b>Внедрение результатов диссертации. . . . .</b>	<b>475</b>
8.1.1.	<i>Внедрение при составлении специального Технического Регламента. . . . .</i>	475
8.1.2.	<i>Внедрение при составлении проектов национального стандарта. . . . .</i>	476
8.2.	<b>Технология производства композиционных вяжущих с использованием техногенных песков. . . . .</b>	<b>480</b>
8.3.	<b>Апробация теоретических и экспериментальных исследований в дорожном строительстве . . . . .</b>	<b>485</b>
8.3.1.	<i>Технология устройства укрепленного щебеночного основания с применением пескоцементной смеси. . . . .</i>	485
8.3.2.	<i>Устройство укрепленного основания автомобильной дороги с использованием высокопроникающих смесей. . . . .</i>	487
8.3.3.	<i>Сравнительная характеристика энергоемкости производства дорожно-строительных материалов с использованием отходов ММС. . . . .</i>	490
8.4.	<b>Расчетно-теоретическое обоснование получения покрытий автомобильных дорог из укатываемого бетона. . . . .</b>	<b>495</b>
8.4.1.	<i>Технология устройства оснований и покрытий автомобильных дорог с использованием укатываемого бетона. . . . .</i>	495
8.4.2.	<i>Расчет вариантов дорожной одежды и экономии материальных затрат при использовании укатываемого</i>	501

	<i>бетона на основе техногенных песков. . . . .</i>	
8.5.	Использование мелкозернистого бетона при производстве малых архитектурных форм. . . . .	507
8.6.	Применение мелкозернистого бетона для производства железобетонных конструкций. . . . .	511
8.6.1.	<i>Мелкозернистые бетоны для производства лотков теплотрасс. . . . .</i>	511
8.6.2.	<i>Мелкозернистый бетон для гидротехнического строительства. . . . .</i>	515
8.7.	Внедрение мелкозернистого бетона при получении мелкоштучных стеновых изделий . . . . .	518
8.7.1.	<i>Технология производства стеновых камней цементных. . . . .</i>	518
8.7.2.	<i>Реализация результатов исследований при производстве стеновых камней цементных. . . . .</i>	521
8.7.3.	<i>Технико-экономическое обоснование внедрения результатов исследований. . . . .</i>	524
8.8.	Внедрение в учебный процесс и при подготовке кадров высшей квалификации. . . . .	529
8.9.	Выводы. . . . .	530
	<b>ОБЩИЕ ВЫВОДЫ . . . . .</b>	<b>533</b>
	<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ . . . . .</b>	<b>536</b>