

між модулями спрощує експериментування і імпровізацію всередині модуля. При цьому про непередбачений вплив на інші частини системи можна не турбуватися. Таким чином, завдяки ослабленню зв'язків на рівні ІТ потенціал оперативних ітераційних інновацій зростає за рахунок застосування стратегії слабких зв'язків на рівні бізнес-процесів.

Як результат, у статті були викладені засоби для створення слабкозв'язаних компонентів програмного забезпечення. Розкрито особливості концепцій цих програмних продуктів і області їх застосування.

Список літератури:

1. Бертран Портъе, Обзор терминологии SOA: Часть 1. Сервис, архитектура, управление и бизнес-термины - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ws-soa-term1/>

2. А.В. Богданов, Е.Н. Станкова, В.В. Мареев Сервис-ориентированная архитектура: новые возможности в свете развития GRID-технологий - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.ict.edu.ru/ft/005639/62316e1-st03.pdf>

3. Библиотека VihvLCC– современные методы web - разработки - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://docs.vihv.org/doku.php/ru:vihvlcc>

КЕРАМЗИТОБЕТОН НА МЕХАНОАКТИВИРОВАННОМ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЕ С ДОБАВКОЙ БАЗАЛЬТОВОЙ ФИБРЫ

Щербина Олег Сергеевич

аспирант кафедры городского строительства и хозяйства,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Барабаш Иван Васильевич

доктор технических наук, профессор
кафедры городского строительства и хозяйства,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Ксеншкевич Любовь Николаевна

кандидат технических наук, доцент
кафедры городского строительства и хозяйства,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры

CLAYDITE-CONCRETE ON MECHANICALLY ACTIVATED PORTLAND CEMENT WITH THE ADDITION OF BASALTFIBER

Sherbina Oleg Sergeevich

graduate student

of the department urban construction and economy

Odessa state academy of civil engineering and architecture

Barabash Ivan Vasilevich

doctor of technical sciences, professor

of the department urban construction and economy

Odessa state academy of civil engineering and architecture

Ksenshkevich Lybov Nikolaevna

candidate of technical sciences, docent

of the department urban construction and economy

Odessa state academy of civil engineering and architecture

Summary: The problems of the basalt fiber's effect to a change in the strength characteristics of claydate-concrete mechanically activated binder are considered in the article. It was found that the introduction of basalt fibers in mechanically activated binder can intensify the process of curing concrete in the early stages of hardening (3 days), and to increase the strength of 28 day-old-age. A positive impact of basalt fiber abrasion keramsit.

Key words: claydate-concrete, mechanically activated, basalt fiber/

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы влияния базальтовой фибры на изменение прочностных характеристик керамзитобетона на механоактивированном вяжущем. Установлено, что введение базальтовой фибры

в механоактивированное вяжущее позволяет ускорить процесс набора прочности бетона в ранние сроки твердения (3 сут), а также повысить прочность в 28-ми суточном возрасте. Выявлено положительное влияние базальтовой фибры на истираемость керамзитобетона.

Ключевые слова: керамзитобетон, механоактивация, базальтовая фибра

Развитие производства легких бетонов приобретает особое значение по целому ряду признаков. Прежде всего применение таких бетонов позволяет снизить массу зданий и конструкций до 30%, что позволяет достигнуть ряда положительных технико-экономических показателей. В качестве пористого заполнителя для легкого бетона в основном применяется керамзитовый гравий, обладающий сравнительно низкой насыпной плотностью 400...800 кг/м³ [13,14].

Одним из направлений внедрения прогрессивных методов в бетоноведении является применение литьевой технологии, которая позволяет резко снизить трудоемкость и энергоемкость процесса укладки бетонной смеси, повысить уровень механизации работ, значительно улучшить условия труда за счет снижения шумовых и вибрационных воздействий. Крайне важным является обеспечение высоких темпов роста строительства объектов, что требует интенсивного набора прочности бетона, а также повышения его механических характеристик [8,15]. Более интенсивный набор прочности бетона может быть осуществлен путем целенаправленного изменения структуры цементной матрицы как за счет активации зерен цемента в условиях интенсивных гидродинамических воздействий на них, так и за счет модификации их ПАВ [1, 2, 9]. Возможность ускорения процессов структурообразования приобретает особое значение для монолитных бетонов, твердеющих в условиях площадки.

Управление структурообразованием цементного камня в бетоне и получения материалов заданного качества основывается на оптимизации технологических процессов их изготовления [3, 4, 10]. Это, в свою очередь, подразумевает установление зависимостей, определяющих влияние на прочность легкого бетона рецептурных и технологических факторов [5, 7].

В последнее время делаются попытки применения дисперсного армирования цементной матрицы с помощью базальтовых волокон. Базальтовые волокна существенно снижают риск деформации цементного теста (2-6 часов после укладки), а также резко уменьшают опасность образования усадочных трещин на ранней стадии твердения [6].

Основным объектом исследований были выбраны литые керамзитобетонные смеси, для приготовления которых в качестве вяжущего использовался портландцемент с добавкой молотого доменного

шлака ($S_{уд.} = 350 \text{ м}^2/\text{кг}$) в количестве 45%. Вяжущее подвергалось механической активации в скоростном трибосмесителе.

Исследовалось влияние механоактивации вяжущего и концентрации базальтовой фибры в нем на кинетику набора прочности керамзитобетона, твердеющего в нормальных условиях. Базальтовая фибра представляла собой волокна длиной 12 мм, диаметром 20 мкм. Для снижения водопоглощения базальтовая фибра обрабатывалась кремнийорганическим гидрофобизатором ГКЖ-11. Расход базальтового волокна варьировался в количестве от 0% до 1% массы вяжущего.

Исследования проводились по стандартному трехфакторному плану, содержащему 15 экспериментальных точек. Независимыми рецептурно-технологическими факторами были приняты:

$X_1 - 450 \pm 100 \text{ кг/м}^3$ – количество вяжущего;

$X_2 - 1 \pm 0,5\%$ – количество пластификатора Супер-ПК;

$X_3 - 0,5 \pm 0,5\%$ – количество базальтовой фибры.

В качестве заполнителя применялись кварцевый песок с $M_{кр} = 2.2$ и керамзитовый гравий, предварительно обработанный гидрофобизатором ГКЖ-11. Расход кварцевого песка колебался в диапазоне от 727 до 812 кг/м³, керамзитового гравия от 630 до 715 л/м³

Приготовление бетонной смеси осуществлялось как по отдельной (с применением механоактивации вяжущего в трибоактиваторе), так и по традиционной технологии. При приготовлении бетонных смесей по отдельной технологии, суспензия вяжущего, предварительно полученная совместным смешением последовательно вводимых в скоростной трибосмеситель воды, добавки Супер-ПК, портландцемента и базальтовой фибры смешивалась с песком и керамзитовым гравием в тихоходной бетономешалке. Традиционная технология предусматривала приготовление бетонных смесей в тихоходной бетономешалке без предварительной активации вяжущего.

Следует отметить, что подвижность бетонной смеси определялась по распылу конуса Абрамса. Для этого перевернутый конус заполнялся свежеприготовленной бетонной смесью без уплотнения. Не позже 90 секунд после наполнения конус поднимался вверх.

Подвижность бетонной смеси в каждой строчке плана эксперимента (как по раздельной так и по традиционной технологии) принималась равной 50 см

Заданная подвижность смеси достигалась корректировкой количества воды затворения. Формование образцов осуществлялось путем заливки легкобетонной смеси в формы-тройчатки с размером ребра 10 см. Влияние рецептурных факторов на прочность керамзитобетона в возрасте 3-х, 7-ми и 28-ми суток (индекс 3, 7 и 28 соответственно) для приготовленного по раздельной (индекс «м») и традиционной (индекс «к») технологиям описывают приведенные ниже экспериментально-статистические модели:

$$f_{ck.cube3}^M = 14,4 + 3,6x_1 - 0,7x_1^2 + 0,1x_1x_2 + 0,9x_2 - 0,3x_2^2 + 0,1x_2x_3 + 0,8x_3 - 0,4x_3^2$$

$$f_{ck.cube3}^k = 10,1 + 2,5x_1 - 0,4x_1^2 + 0,1x_1x_2 + 0,7x_2 - 0,2x_2^2 + 0,1x_2x_3 + 0,6x_3 - 0,3x_3^2$$

$$f_{ck.cube7}^M = 22,5 + 5,4x_1 - 0,5x_1^2 + 1,4x_2 - 0,8x_2^2 + 0,3x_2x_3$$

$$+ 1,3x_3 - 0,9x_3^2$$

$$f_{ck.cube7}^k = 18,7 + 4,7x_1 - 0,9x_1^2 + 1,3x_2 - 0,2x_2^2 + 0,1x_2x_3 + 0,9x_3 - 0,8x_3^2$$

$$f_{ck.cube28}^M = 22,7 + 5,9x_1 - 0,1x_1^2 + 0,1x_1x_2 - 0,1x_1x_3 + 1,5x_2 - 0,5x_2^2 + 0,1x_2x_3 + 1,1x_3$$

$$f_{ck.cube28}^k = 20,8 + 5,7x_1 - 0,7x_1^2 + 0,1x_1x_2 - 0,3x_1x_3 + 5,7x_2 - 0,3x_2^2 + 1,0x_3$$

Средняя плотность керамзитобетона в заданном факторном пространстве колебалась от 1700 до 1800 кг/м³.

Анализ моделей показывает, что прочность бетонов приготовленных по раздельной технологии выше прочности бетонов, приготовленных по традиционной технологии за весь исследуемый период твердения на 10-30%.

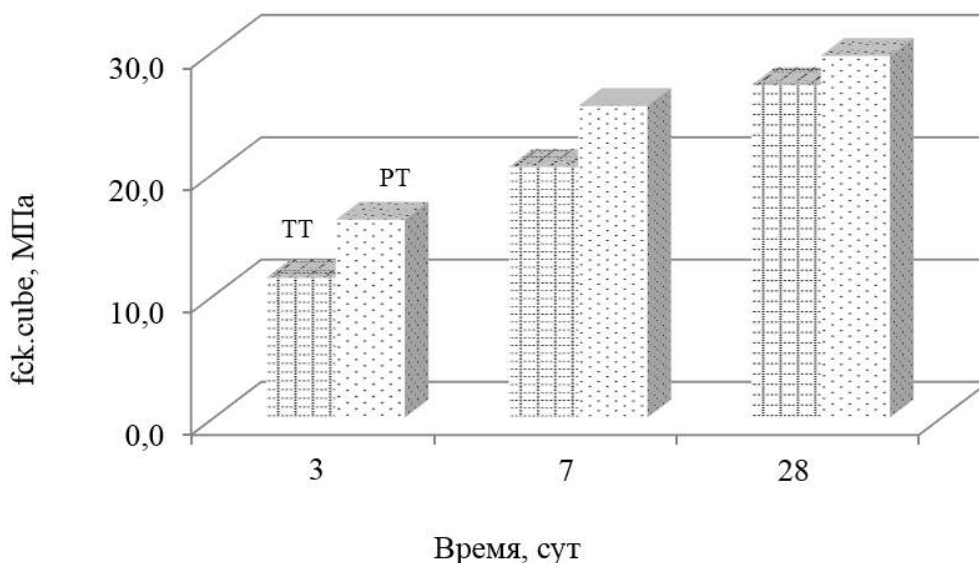


Рис.2. Влияние времени твердения на кинетику набора прочности керамзитобетона состава: цемент - 550 кг/м³; песок - 727 кг/м³; кер. гравий₅₋₁₀ - 385 л/м³; кер. гравий₁₀₋₂₀ - 245 л/м³; В/Ц_{РТ} = 0,42; В/Ц_{ТТ} = 0,43; СПК - 1,5%; фибра - 1%

ТТ - традиционная технология;

РТ - раздельная технология

Экспериментально установлено, что прочность бетонов, смеси которых готовились по раздельной технологии, на 3-и сутки твердения в 1,5 раза выше, чем у контрольных образцов (вяжущее механоактивации не подвергалось). В дальнейшем скорость набора прочно-

сти керамзитобетона на механоактивированном вяжущем замедляется и к 28-ми суточному возрасту прирост прочности не превышает 10-15% (рис.2).

Графическая интерпретация модели (5), описывающая влияние рецептурных факторов на прочность бетонов, твердеющих в нормальных условиях на механоактивированном вяжущем, представлена на рис.3.

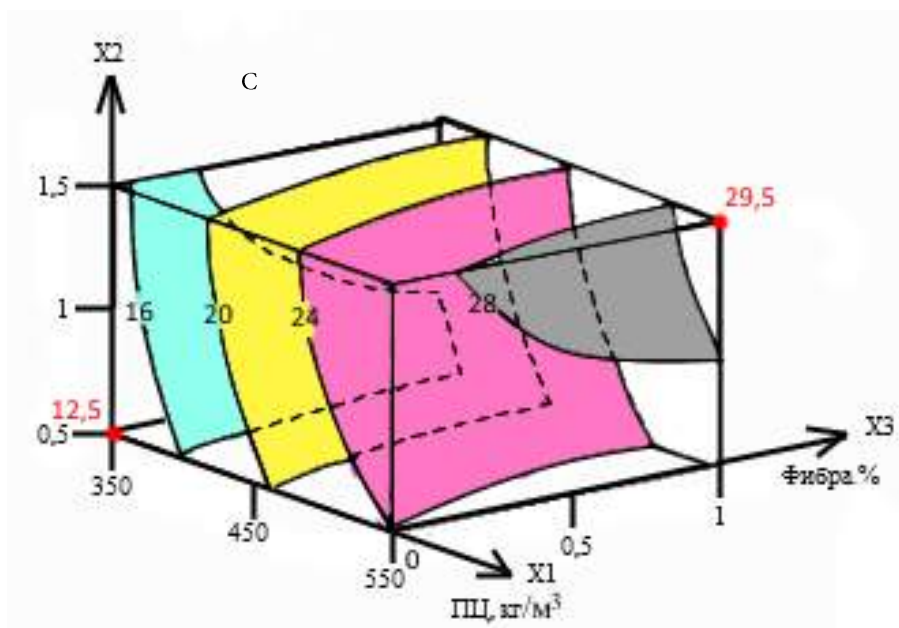


Рис.3. Влияние рецептурных факторов на прочность бетона (МПа), приготовленного по отдельной технологии.

Анализ графических зависимостей свидетельствует о значительном влиянии расхода вяжущего на прочность бетона. С увеличением содержания вяжущего от 350 до 550 кг/м³ прочность бетона повышается с 17,8 до 29,5 МПа, т.е. более чем в 1,5 раза.

Следует отметить влияние на прочность бетона количество вводимого пластификатора Супер-ПК. Так, увеличение его концентрации от 0,5 до 1,5% приводит к увеличению прочности с 24,2 до 27,5 МПа, т.е. почти на 13%.

Совместное воздействие на портландцемент механоактивации, добавки Супер-ПК и базальтовой фибры приводит к повышению прочности в 28-ми суточном возрасте бетона по сравнению с контролем (бетон на немеханоактивированном портландцементе, Супер-ПК и базальтовая фибра отсутствуют) с 11,3 до 29,5 МПа, т.е. более чем в 2,5 раза.

Важным свойством бетонов является их истираемость.

ЭС-модели, отображающие влияние рецептурных факторов состава керамзитобетона в возрасте 28-ми суток, приготовленного по отдельной (индекс «м») и традиционной (индекс «к») технологиям, на уровень его истираемости, имеют вид:

$$G_{1,м} \text{ (г/см}^2\text{)} = 0.243 - 0.033x_1 + 0.002x_1^2 + 0.008x_1x_3 - 0.010x_2 - 0.003x_2^2 - 0.107x_3 + 0.032x_3^2$$

$$G_{1,к} \text{ (г/см}^2\text{)} = 0.274 - 0.033x_1 + 0.008x_1x_3 - 0.01x_2 - 0.006x_2^2 - 0.108x_3 + 0.034x_3^2$$

Максимальной истираемостью $G_{1,к-max} = 0,46 \text{ (г/см}^2\text{)}$, $G_{1,м-max} = 0,43 \text{ (г/см}^2\text{)}$ согласно данных ЭС-моделей (7) и (8) характеризуются составы в точке с координатами $x_1 = x_2 = x_3 = -1$, т.е. при минимальном количестве пластификатора, портландцемента и без фибры. Минимальной истираемостью соответственно $G_{1,к-min} = 0,16 \text{ г/см}^2$ и $G_{1,м-min} = 0,13 \text{ г/см}^2$ характеризуются составы в точке с координатами $x_1 = x_2 = x_3 = 1$, т.е. при максимальном количестве добавки Супер-ПК, портландцемента и базальтовой фибры.

На рис.3 показаны построенные по ЭС-моделям (7) и (8) совмещенные диаграммы, отображающие влияние количества вяжущего и базальтовой фибры на истираемость керамзитобетона.

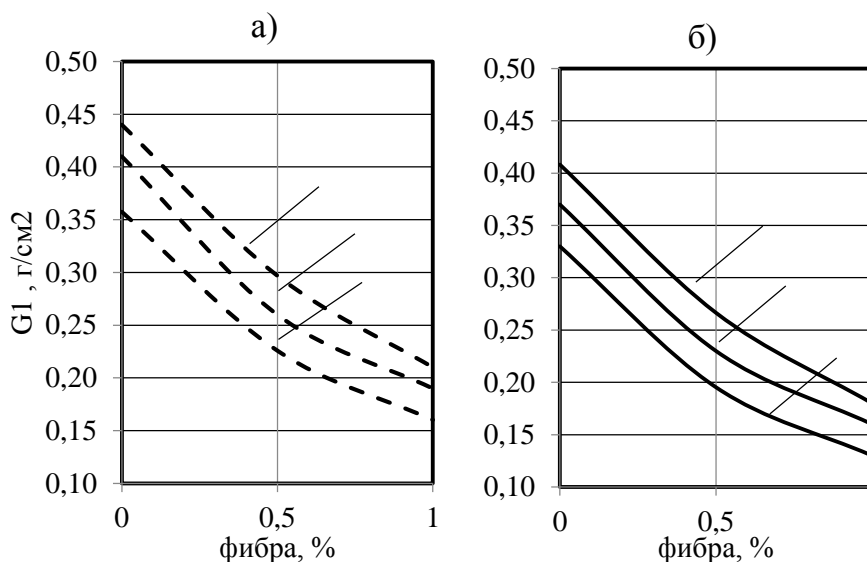


Рис. 4. Влияние содержания базальтовой фибры в вяжущем на истираемость керамзитобетона: 1,2,3 – расход вяжущего на 1 м³ бетона 350, 450 и 550 кг/м³ соответственно.

а) контроль (механоактивация вяжущего отсутствует);

б) бетон на механоактивированном вяжущем

Анализ экспериментальных данных свидетельствует о том, что увеличение количества вводимой базальтовой фибры в бетон приводит к снижению истираемости с 0,44 г/см² (фибра отсутствует) до 0,16 г/см² (количество фибры 1%), то есть более чем в 2,5 раза. Снижение истираемости, на наш взгляд, объясняется армирующими свойствами волокна, удерживающими отдельные блоки хрупкой цементно-песчаной матрицы при истирающих воздействиях. Аналогичное

влияние базальтовой фибры на истираемость бетона отмечено в работах [11,12].

Следует отметить, что влияние дозировки фибры на уровень G₁ имеет нелинейный характер: при введении 0,5 % волокна от массы вяжущего истираемость снижается на 30..36%, тогда как введение ее в количестве 1 %, приводит к снижению G₁ на 50..60%.

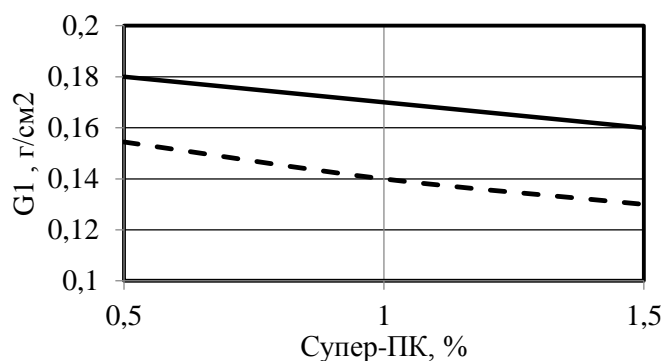


Рис. 5. Влияние количества пластификатора Супер-ПК на истираемость керамзитобетона:

--- контроль (механоактивация отсутствует);

— бетон на механоактивированном вяжущем

Установлено, что в рамках проведенного эксперимента эффективность применения фибры в незначительной степени зависит от количества добавки – пластификатора (рис.4).

Как видно из диаграммы (рис.5), при повышении количества добавки Супер-ПК с 0.5 до 1.5 % от массы вяжущего истираемость бетона снижается на 0.02-0.03 г/см², что объясняется общим упрочнением

структуры за счет снижения В/Ц смеси равной подвижности. При этом по мере увеличения количества базальтовой фибры эффективность повышения дозировки добавки возрастает.

Керамзитобетон на механоактивированном вяжущем показывает большую эффективность, с точки зрения повышения износостойкости бетона по сравне-

нию с традиционной технологией приготовления бетонной смеси, за счет снижения водопотребности. В целом, за счет повышения количества добавки пластификатора поликарбоксилатного типа в механоактивированный портландцемент, расхода вяжущего и введения базальтовой фибры износостойкость керамзбетона может быть повышена более чем в 3 раза.

Вывод

Установлено, что механоактивация вяжущего приводит к повышению прочности бетона в 3-х суточном возрасте с 11,4 до 16,2 МПа, т.е. более чем на 40% по сравнению с контролем. Введение базальтовой фибры в количестве 1% от массы механоактивированного вяжущего обеспечивает дальнейший рост прочности бетона на 10-15%, а так же снижает показатель истираемости керамзитобетона в 2-3 раза.

Литература

- 1.Иванов И.А. Технология легких бетонов на искусственных пористых заполнителях. – М.: Стройиздат, 1974. – 287 с.
- 2.Исследование прочностных и деформативных характеристик керамзитовых гранул в бетоне [Текст] / Б. С. Комиссаренко // Известия вузов Строительство. - 2013. - N 4. - С. 21-26. - Библиогр. в конце ст. . - ISSN 0536-1052
- 3.Барабаш І.В. Механохімічна активація мінеральних в'язучих речовин. – Навч. посібник. – Одеса: Астропрінт, 2002. – 100 с.
- 4.Барабаш И.В. Моделирование механизмов структурообразования механоактивированных грубодисперсных систем. – Материалы к 39-му международному симпозиуму по моделированию и оптимизации композитов. МОК-39. – Одесса, 2000. – С.75.
- 5.Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. - М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.

6.Дворкин Л.И., Соломатов В.И., Выровой В.Н., Чудновский С.М. Цементные бетоны с минеральными наполнителями. – Киев: Будивельник, 1991. – 137 с.

7.Соломатов В.И., Выровой В.Н. Физические особенности формирования структуры композиционных строительных материалов. – Изв. вузов. Строит. и арх., № 8, 1984. – С. 59-64.

8.Пащенко А. А., Сербин В. П. Армирование цементного камня минеральным волокном - К: УкрНИИ-ИНТИ, 1970, с.78-79.

9.Choi Yun Wang, Kim Yong Jic, Shin Hwa Cheol, Moon Han Young An experimental research on the fluidity and mechanical properties of high – strength lightweight self – compacting concrete [Текст] // Cement And Concrete Research, - 2006, (36), № 9, P.1595 – 1602.

10. Орентлихер Л. П. XXI век – век легких бетонов // Актуальные проблемы современного строительства: Материалы Всероссийской 31-й научно-технической конференции, Пенза, 25-27 апреля, 2001, ч.4. Строительные материалы и изделия – Пенза: изд-во ПГАСА, 2001, с. 76-77.

11. Довжик В.Г., Дорф В.А., Петров В.П. Технология высоко- прочного керамзитобетона. М.: Стройиздат, 1976. 136 с.

12. Okamura Hajime, Ouchi Masahiro Self-Compacting Concrete // Journal of Advanced Concrete Technology, - vol. 1(2003), №1, P. 5-15.

13. Рабинович Ф. Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции : моногр. / Ф. Н. Рабинович. – М. : АСВ, 2004. – 560 с.

14. Пухаренко Ю.В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов : автореф. дисс. док. техн. наук. СПб., 2004. 46 с.

15. Бужевич Г.А. Легкие бетоны на пористых заполнителях. / Г.А. Бужевич. - М.: Стройиздат, 1976. – 236 с.