

УДК 539.384.2

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ И
МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ОСНОВНЫЕ ПРОЧНОСТНЫЕ
СВОЙСТВА БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Саденко Денис Сергеевич,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г.Пенза,*

кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика».

Шеин Александр Иванович,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г.Пенза,*

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Механика».

Чуманов Александр Васильевич,

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,
г.Пенза,*

магистрант.

Аннотация

Рассматривается влияние диатомита и хризотила на прочностные характеристики бетонных конструкций. Использование диатомита в количестве 10% и хризотила в количестве 0,5-1,5% могут быть изготовлены бетонные конструкции с классами прочности В30-В40.

Ключевые слова: бетонные конструкции, прочность, хризотил, диатомит.

**INFLUENCE OF MINERAL FILLERS AND MODIFYING ADDITIVES ON
THE BASIC STRENGTH PROPERTIES OF CONCRETE STRUCTURES**

Sadenko Denis Sergeyevich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Mechanics”.

Shein Alexander Ivanovich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Doctor of Sciences, Professor, Head of the department "Mechanics".

Chumanov Alexander Vasilievich

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

Undergraduate.

Abstract

The influence of diatomite and chrysotile on the strength characteristics of concrete structures. The use of diatomite in an amount of 10% of chrysotile in the amount of 0.5-1.5% can be made with concrete constructions strength classes B30-B40.

Keywords: concrete structures, strength, chrysotile, diatomite.

Прочность бетонных конструкций является интегральной характеристикой их свойств и ее регулирование при синтезе новых материалов важная научно-практическая задача. Наибольший эффект при регулировании прочностных характеристик цементных бетонов достигается при активации поверхности минеральных компонентов бетона и применении активированного диатомита и хризотила.

Установлено влияние волокон хризотила в качестве добавки, повышающей прочностные свойства цементно-песчаного раствора. В исследовании был использован центральный композиционный ортогональный трехфакторный план. В качестве варьируемых факторов и уровней варьирования были выбраны: расход хризотилового волокна x_1 ($1,5 \pm 1,5\%$), суперпластификатора x_2 Melflux 5581 ($0,5 \pm 0,3\%$) и водоцементное отношение x_3 ($0,7 \pm 0,1$).

Статистический анализ полученных данных позволил найти математическую модель, описывающую влияние дозировки хризотила (x_2),

суперпластификатора (x_1) и водоцементного отношения (x_3) на прочность при изгибе $R_{и}$ и $R_{сж}$ сжатии:

$$R_{и} = 7,52 - 0,183 \cdot x_1 + 0,188 \cdot x_2 - 0,238 \cdot x_3 - 0,294 \cdot x_1 x_2 - 0,505 \cdot x_1 x_3 - \\ - 1,529 \cdot x_1^2 + 1,329 \cdot x_2^2 + 0,356 \cdot x_3^2 ,$$

$$R_{сж} = 24,81 + 0,920 \cdot x_2 - 6,721 \cdot x_3 - 1,650 \cdot x_1 x_3 - 4,551 \cdot x_2 x_3 - \\ - 2,611 \cdot x_1^2 + 1,889 \cdot x_2^2 + 2,890 \cdot x_3^2 .$$

Построенные по этой математической модели графики приводятся на рисунке 1.

Анализ прочностных характеристик смесей (рисунок 1) показывает, что использование СП Melflux 5581 вызывает замедление твердения через 1 сутки, но через 3 суток прочности составов приблизительно равны. Наибольшей прочностью характеризуются составы с добавкой гиперпластификатора «Хидетал ГП-γ9» и суперпластификатора Melflux 5581.

Анализ результатов показывает, что при низком водоцементном отношении прочность при сжатии при увеличении дозировки СП возрастает, что объясняется улучшением удобоукладываемости и уплотнения смеси. При высоком В/Ц наблюдается противоположная тенденция: при повышении расхода СП прочность снижается. Причиной этой закономерности является, вероятно, повышение расслоения и неоднородности смеси. Для прочности при изгибе отмечено снижение этого показателя при увеличении дозировки СП до 0,5%. Дальнейшее повышение расхода СП приводит к росту прочности (рисунок 1а,в,д).

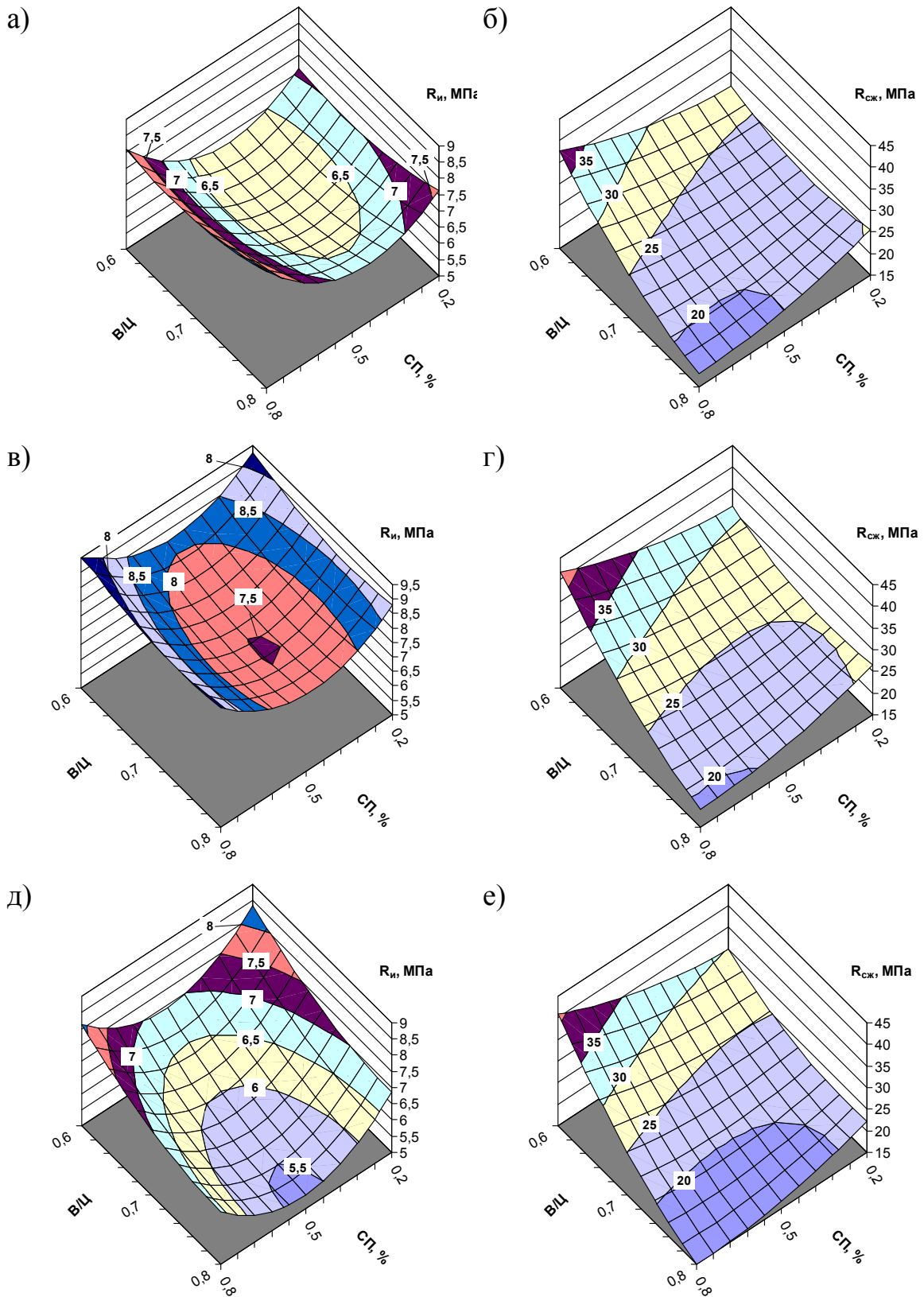


Рисунок 1 – Влияние водоцементного отношения и дозировки СП на прочность при изгибе (а, в, д) и сжатии (б, г, е) при различном расходе хризотила: без добавки (а, б); 1,5 % (в, г); 3 % (д, е)

Проведенные исследования показали, что оптимальная дозировка хризотила в заданном интервале 0-3% – 1,5 %, так как при этом расходе волокон прочность при изгибе на 20...35 %, а при сжатии на 10-11 % выше, чем в составах без хризотила и с 3 % этой добавки. Однако в бетонах нового поколения она может быть снижена с учетом существенного повышения прочности цементно-минеральной матрицы.

Изучено влияние модифицированного и немодифицированного диатомита на среднюю плотность и прочность при сжатии бетонов. При этом, с целью термической активации твердения образцы пропаривали при температуре 85⁰С по режиму: 20 часов. Выдержка при 20⁰С – 2 часа; 4 часа – подъем температуры до 85⁰С; 18 часов – изотермия при 85⁰С; остывание в пропарочной камере. Состав песчаного бетона Ц:П=1:3 при В/Ц=0,6. Осадка конуса на встряхивающем столике составила для состава с модифицированным диатомитом 18 см, с немодифицированным – 14 см.

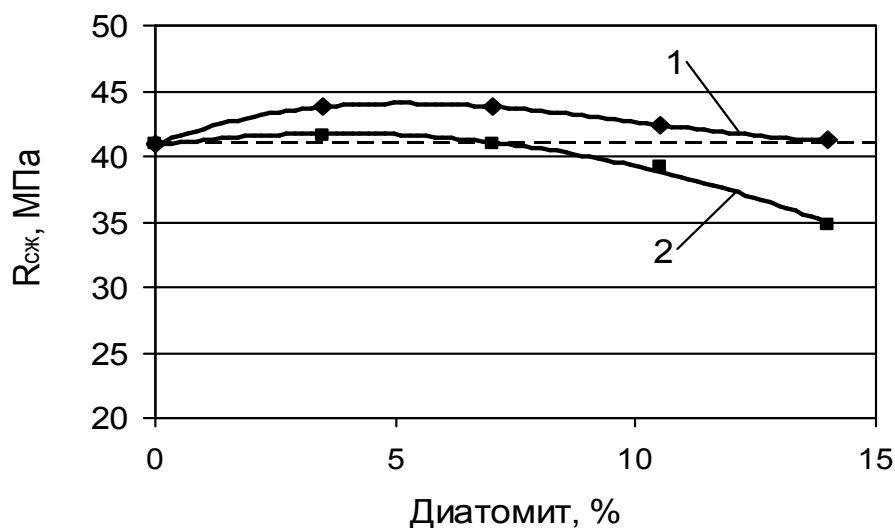


Рисунок 2 – Влияние модифицированного (1) и немодифицированного (2) диатомита на прочность при сжатии (в) после тепловлажностной обработки цементно-песчаного раствора

Выявлено различие в показателях прочности составов с добавкой модифицированного и немодифицированного диатомита. При повышении

дозировке немодифицированного диатомита до 6..7 % прочность практически не изменяется, а при большем расходе добавки заметно снижается. При введении в смесь модифицированного диатомита отмечается повышение прочности на 8...9 % при дозировке добавки 4...6 %. При повышении расхода модифицированного диатомита до 14 % прочность постепенно снижается до показателей прочности контрольного бездобавочного состава. Различия прочностных показателей не более 10%, но статистическая обработка результатов показала, что повышение прочности в составах с модифицированным диатомитом можно считать достоверным.

Таким образом, тепловая обработка при малой температуре несущественно повышает прочность образцов.

Установлено влияние содержания хризотила на прочностные характеристики бетона после тепловлажностной обработки в зависимости от водоцементного отношения и степени наполнения хризотилом (таблица 1). Песчаный бетон изготавливался без пластифицирующих добавок.

Таблица 1 – Прочностные характеристики бетонных образцов в зависимости от содержания хризотила и водоцементного отношения

№ п/п	Цемент	Песок	Хризотил	В/Ц	$R_{сж}$, МПа	$R_{изг}$ МПа
1	300	750	0,5%	0,3	8,4	2,96
2				0,6	42,2	6,03
3			1,0%	0,3	12,2	3,0
4				0,45	55,8	8,1
5				0,6	20,1	4,1
6			1,5%	0,45	40,6	7,5
7				0,6	25,0	4,7

Из таблицы 1 видно, что прочность при сжатии ($R_{сж}$) и при изгибе ($R_{изг}$) зависят как от содержания хризотила, так и от содержания воды. При содержании хризотила 0,5% и В/Ц = 0,3 наблюдаются самые низкие значения $R_{сж}$ и $R_{изг}$ из-за невысокой степени уплотнения образцов. Увеличение содержания воды в 2 раза увеличивает $R_{сж}$ в 5 раз, а $R_{изг}$ в 2 раза. Увеличение содержания хризотила до 1% при минимальном содержании воды несущественно увеличивают $R_{сж}$ и $R_{изг}$. Увеличение содержания только воды в 1,5 раза увеличивает $R_{сж}$ в 6,6 раза, а $R_{изг}$ почти трехкратно. Дальнейшее увеличение В/Ц до 0,45 снижает $R_{сж}$ в 2,9 раза; $R_{изг}$ в два раза. При увеличении хризотила до 1,5% и уменьшении воды в 1,2 раза наблюдается увеличение и $R_{сж}$ и $R_{изг}$. Дальнейшее повышение содержания воды резко уменьшает только $R_{сж}$ почти в 2 раза, $R_{изг}$ не изменяется.

В пескобетонной смеси приведенного состава протекают два параллельных противоположных процесса с участием воды и волокнистого хризотила: разжижение смеси водой и загущение за счет поглощения воды хризотилом. При В/Ц=0,3 воды взято недостаточно, а хризотил поглощает свободную воду и обезвоживает смесь до полусухого состояния. Смесь практически не уплотняется на виброплощадке; при В/Ц=0,6 содержание воды частично сбалансировано с содержанием хризотила, который после связывания необходимого количества воды, оставляет часть ее для поддержания пластичности и удобоукладываемости. Полная сбалансированность достигается при В/Ц=0,45 и оптимальным количеством хризотила равным 1%. Больше количество хризотила связывает и большее количество воды. Таким образом, главным фактором, приводящим к повышению прочности – это строгое соотношение между содержанием воды и количеством хризотила.

Исследована зависимость $R_{изг}$ бетона от степени наполнения бетонной смеси хризотилом в присутствии суперпластификатора Melflux 5581 (рисунок 3).



Рисунок 3 – Зависимость прочности при изгибе от степени наполнения бетонной смеси хризотилом в присутствии суперпластификатора Melflux 5581.

Исследовано действие суперпластификатора Melflux 5581 на песчаном бетоне с расходом Вольского цемента 300 кг/м^3 . Количество СП Melflux 5581 принималось неизменным и составляло 0,5% от массы.

С увеличением степени наполнения образцов бетона хризотилом прочность образцов при изгибе $R_{\text{изг}}$ уменьшается. Нановолокна хризотила собраны в «пачки» и склонны в воде к агрегированию и чтобы диспергировать их нужны большие затраты энергии. Макромолекулы суперпластификатора Melflux 5581 имеют гибкую гребнеобразную форму с боковыми также гибкими ответвлениями. СП типа Melflux 5581 это соли полиэфиров, которые в воде диссоциируют на положительно заряженные катионы и отрицательно заряженные макроанионы, в состав которых входят полиэфирные группы $-\overset{|}{\underset{|}{\text{C}}}-\text{O}-\overset{|}{\underset{|}{\text{C}}}-$, атомы кислорода которых несут неподеленные пары электронов.

Очевидно, что полимеры пластификатора с отрицательно заряженными функциональными группами не адсорбируются на гидросиликаты магния. Лишь при минимальной дозировке хризотила, равной 0,5% бетонная смесь может пластифицироваться при одинаковом количестве воды с контрольной смесью.

Для окончательного заключения о влиянии диатомита и хризотила на реотехнологические свойства бетонных смесей и прочностные показатели бетона использовали рецептуру порошково-активированных песчаных бетонов нового поколения.

Применяли цементы трех заводов с одинаковыми марками, использовали микрокварц ЛГОК с $S_{уд} = 5000 \text{ см}^2/\text{г}$ и два вида пластифицирующих добавок Хидетал ГП $\gamma 9$ и Melflux 5581 российского и германского производства. Составы были изготовлены с использованием рядовых песков, содержащие, по результатам испытаний гранулометрического состава, разное количество тонкой фракции 0-,63 мм и грубой 0,63-5 мм. Составы с индексом «А» изготавливались без диатомита и хризотила, а с индексом «Б» с их использованием. Как следует из анализа, порошково-активированный бетон без диатомита и хризотила имеет самопроизвольный расплыв из конуса Хагерманна 206 мм. Условная реологическая матрица I-рода $I_{ВД}^{ПТ}$ отношение объема водно-дисперсной суспензии $V_{вд}$ к объему тонкого песка $V_{пт}$, равна 1,45. Реологическая матрица II-рода $I_{ЦДП}^{ПЗ}$ – отношение объема воднодисперсно-тонкозернистой суспензии к объему песка заполнителя равна 1,87. Растекаемость смеси из конуса Хагерманна была 206 мм. Бетон имел прочность 39,8 МПа, морозостойкость – 200 циклов.

Введение хризотила в количестве 1,5% и диатомита 11% от массы цемента привело к загущению бетонной смеси. Уплотнение смеси на виброплощадке в течении 3-х минут позволило получить прочность на сжатие 44,3 МПа. Удельный расход цемента на единицу прочности снизился с 10 до 8,1 кг/МПа.

При использовании Вольского цемента при тех же количествах компонентов позволило получить бетонную смесь с растекаемостью 240 мм, с прочностью бетона 38,9 МПа, с морозостойкостью 200 циклов.

Введение хризотила и диатомита, в том же количестве, что и в составе ПАПБ-1Б, так же привело к загущению смеси. Уплотнение бетонной смеси на

виброплощадке позволило достигнуть более высокой прочности $R_{сж}=51,1$ МПа. Удельный расход портландцемента снизился до 7 кг/МПа.

Последние два состава бетона были изготовлены на Красноярском цементе с более эффективным пластификатором германского производства Melflux 5581. Кроме того, использовались фракционированный тонкий песок фракции 0,14-0,63 мм и песок заполнитель фракции 0,63-5 мм с другими соотношениями компонентов к массе цемента. Была получена высокопластичная бетонная смесь за счет не только эффективного пластификатора, но и изменения условных реологических матриц I и II рода. Введение уменьшенного количества хризотила (0,5%) практически не уменьшило растекаемость бетонной смеси и позволило достигнуть более высокой прочности бетона (56 МПа), превышающей на 22% прочности бетона ПАПБ-3А. При этом прочность на растяжение при изгибе повысилась на 14%. Удельный расход цемента был самым наименьшим (6,9 кг/МПа) из всех составов.

Таким образом, с использованием диатомита в количестве 10% и хризотила в количестве 0,5-1,5% могут быть изготовлены бетоны с классами прочности В30-В40.

Библиографический список:

1. Пухаренко Ю.В., Голубев В.Ю. О вязкости разрушения фибробетона // Вестник гражданских инженеров. 2008. № 3 (16). С. 80-83.
2. Каримов И. Механика трещинообразования при разрушении бетона (литературный обзор). URL: <http://www.masterbetonov.ru/content/view/528/239/>.
3. Зайцев Ю.В. Механика разрушения для строителей: учеб. пособие для строит. вузов. М.: Высш. шк., 1991. 288 с.
4. Пащенко А.А. Армирование неорганических вяжущих веществ минеральными волокнами. Наука – строительному производству. М.: Стройиздат. 1988. 382 с.
5. Гучкин И.С. Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций. URL: <http://dwg.ru/dnl/load/9042>.