

ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии»


ПРАКТИКУМ

по выполнению лабораторной работы
по дисциплине

«Добавки для производства строительных материалов»

Влияние химических и минеральных добавок на свойства тяжелых и мелкозернистых бетонов

для обучающихся очной формы
по направлению 08.04.01 «Строительство»
профиль «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»



Автор
Касторных Л.И.

Ростов-на-Дону, 2021

Аннотация

Практикум регламентирует правила выполнения и оформления лабораторной работы по дисциплине «Добавки для производства строительных материалов», выполняемой обучающимися по направлению 08.04.01 «Строительство» профиль «Производство строительных материалов, изделий и конструкций».

Содержит методику, правила выполнения и оформления результатов испытаний, построения графических моделей модифицированных бетонных смесей в лабораторных условиях.

Автор



доцент, канд. техн. наук,
доцент кафедры «Технологический
инжиниринг и экспертиза в
стройиндустрии»
Касторных Любовь Ивановна



Оглавление

Введение	4
1 Аналитический обзор	5
2 Материалы для приготовления бетонных смесей	6
3 Методика исследований	9
4 Влияние минеральных и химических добавок на основные свойства бетонных смесей и бетонов	12
Выводы по работе	16
Ссылочные нормативные документы	17

ВВЕДЕНИЕ

«Добавки – ключ к решению технологических проблем!» – так утверждает выдающийся ученый в области технологии бетонов В.Г. Баграков. В современных условиях строительного производства неотъемлемой составляющей бетонных смесей и бетонов являются химические, минеральные и органо-минеральные добавки. Высокая эффективность добавок достигается за счет повышения их функциональности – способности осуществлять конкретные технологические функции. Концепция высокой функциональности добавок заложена в основу создания высокофункциональных саморегулируемых бетонов – «УМНЫХ» бетонов (SMART MATERIALS AND COMPOSITES). К ним относятся бетоны:

- самоуплотняющиеся (Self-Compacting Concretes),
- самоочищающиеся (Self-cleaning Concretes),
- самозалечивающиеся (Self-healing Concretes),
- самодиагностирующие (Self-sensing Concretes).

Самоуплотняющиеся бетоны (СУБ) прочно заняли свою нишу за счет хорошо регулируемых, высоких, длительно сохраняемых реологических и технологических функций на стадиях перемешивания, транспортирования, формования и твердения.

Самоочищающиеся бетоны наделены уникальной функцией защиты от возможных загрязнений путем осуществления фотокаталитической реакции диоксида титана (TiO_2) в составе цемента или на поверхности бетона под действием ультрафиолета.

Самозалечивающиеся бетоны основаны на концепции восстановления и поддержания заданных свойств с помощью размещения в зонах ожидаемых напряжений и деформаций бетона микрокапсул со специальными реагентами, способными к самопроизвольным реакциям полимеризации (смолы, силикаты натрия), осмотического набухания (глины), биотического формирования карбоната кальция (бактерии) и др.

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Современные добавки для бетонов и строительных смесей в зависимости от основного эффекта действия подразделяют на 4 класса:

- А. Добавки, регулирующие свойства бетонных и растворных смесей;
- Б. Добавки, регулирующие свойства бетонов и растворов;
- В. Добавки, придающие бетонам и строительным растворам специальные свойства;
- Г. Минеральные добавки и органо-минеральные модификаторы.

Минеральные добавки - дисперсные неорганические материалы природного или техногенного происхождения, вводятся в бетонную или растворную смесь в процессе их приготовления в целях направленного регулирования их технологических свойств и физико-механических характеристик бетонов, а также для придания им новых свойств.

Активные минеральные добавки (АМД) вступают в химическое взаимодействие с продуктами гидратации цемента и могут быть заменителями цемента.

АМД по механизму проявления активности подразделяют на следующие группы:

- обладающие самостоятельными вяжущими свойствами;
- обладающие пуццолановой активностью;
- обладающие одновременно вяжущими свойствами и пуццолановой активностью;
- обладающие расширяющими свойствами.

Инертные минеральные добавки (ИМД) не вступают в химическое взаимодействие с продуктами гидратации цемента и являются микронаполнителями.

Цель работы – исследовать влияние минеральных и химических добавок на основные свойства бетонных смесей и бетона.

2 МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Для приготовления модифицированных бетонных смесей используются следующие материалы.

Вяжущее – цемент общестроительный, изготавливаемый на основе портландцементного клинкера, соответствующий требованиям ГОСТ 31108.

Минералогический состав цемента приводится в таблице 1, а основные характеристики вяжущего – в таблице 2.

Таблица 1 – Минералогический состав цемента

Класс	Минералогический состав, %						
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	SO_3	MgO	R_2O

Таблица 2 – Основные характеристики цемента

Показатели, единица измерения	Завод-изготовитель
Класс	
Прочность на сжатие в возрасте 28 сут., МПа	
Истинная плотность $\rho_{цц}$ г/см ³	
Насыпная плотность $\rho_{нцц}$ кг/м ³	
Нормальная густота цементного теста $НГ_{цц}$ %	
Удельная поверхность $S_{удц}$ см ² /г	
Сроки схватывания, час-мин: начало / конец	
Минеральная добавка, %	
Коэффициент эффективности при ТО K_n	

Мелкий заполнитель:

– песок природный кварцевый карьера,

соответствующий требованиям ГОСТ 8736:

истинная плотность $\rho_n = \dots\dots\dots$;

насыпная плотность $\rho_{нп} = \dots\dots\dots$;

модуль крупности $M_k = \dots\dots\dots$;

пустотность $V_{пп} = (1 - \rho_{нп}/\rho_n) \cdot 100 = \dots\dots\dots$

– песок из дробленого бетона по ГОСТ 32495-2013:

– исходный материал

.....,

истинная плотность $\rho_k = \dots\dots\dots$;

насыпная плотность $\rho_{нк} = \dots\dots\dots$;

модуль крупности $M_k = \dots\dots\dots$;

пустотность $V_{пк} = (1 - \rho_{нк}/\rho_k) \cdot 100 = \dots\dots\dots$

Зерновой состав мелких заполнителей представлен в таблице 3, а кривая просеивания на рисунке 1.

Таблица 3 – Зерновой состав мелких заполнителей

Наименование заполнителя	Наименование остатка	Остатки, % по массе, на ситах						Проход через сито с сеткой № 016, % по массе
		5,0	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
Песок природный кварцевый	Частный							
	Полный							
Песок из дробленого бетона	Частный							
	Полный							

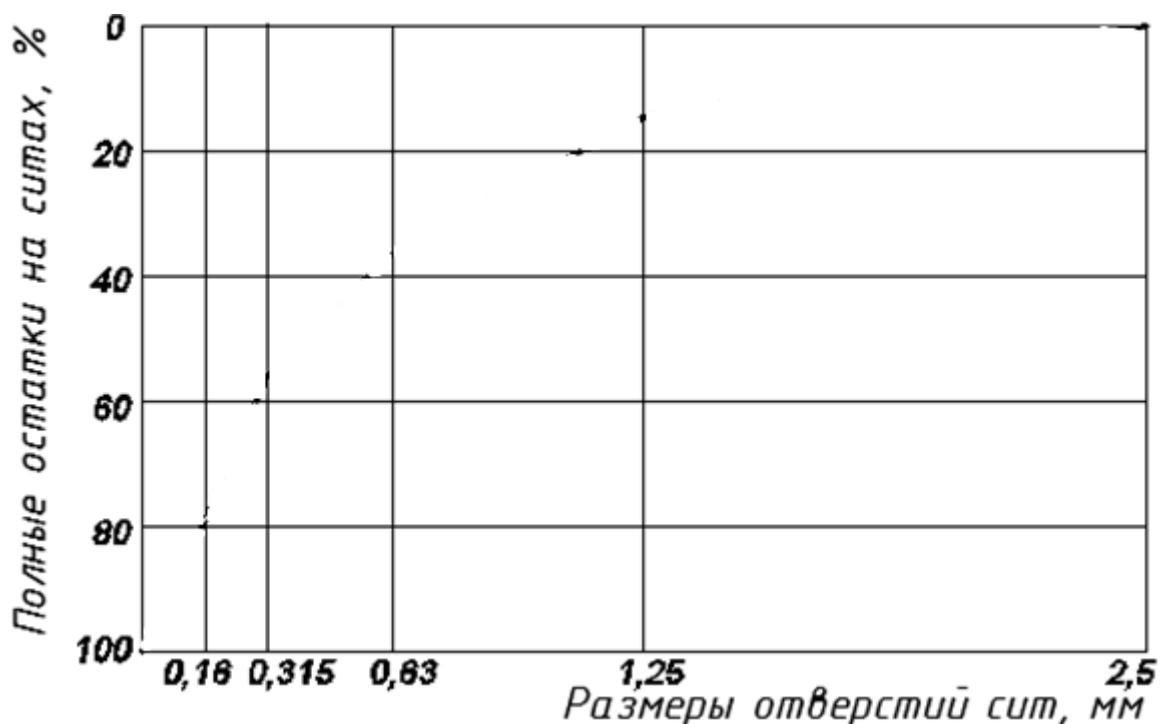


Рисунок 1 – Кривая просеивания мелких заполнителей

Крупные заполнители:

– **щебень из дробленого бетона** по ГОСТ 32495-2013:

прочность –

истинная плотность $\rho_{щ}$ =

насыпная плотность $\rho_{нщ}$ =

наибольшая крупность **НК** =

пустотность $V_{пщ} = (1 - \rho_{нщ}/\rho_{щ}) \cdot 100 = \dots\dots\dots$;

содержание игольчатых и лещадных зерен –

Минеральный наполнитель по ГОСТ Р 56592-2015:

Оптимальная дозировка наполнителя составляет 10 – 15 % массы цемента. Химический состав наполнителя приведен в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики минерального наполнителя

Наименование	Химический состав, %									
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3 + FeO	CaO	$CaO_{св}$	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O	п.п.п.

Добавки по ГОСТ 24211-2008:

– **суперпластификатор**

производства компании

Добавка представляет собой

Оптимальная дозировка добавки – % массы вяжущего.

– **модификатор вязкости**

производства компании

Добавка представляет собой

Оптимальная дозировка добавки – % массы вяжущего.

Вода – водопроводная чистая без вредных примесей, соответствующая требованиям ГОСТ 23732.

3 МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Зерновой состав тонкодисперсных материалов определен на лазерном анализаторе частиц МикроСайзер-201С (рисунок 2).

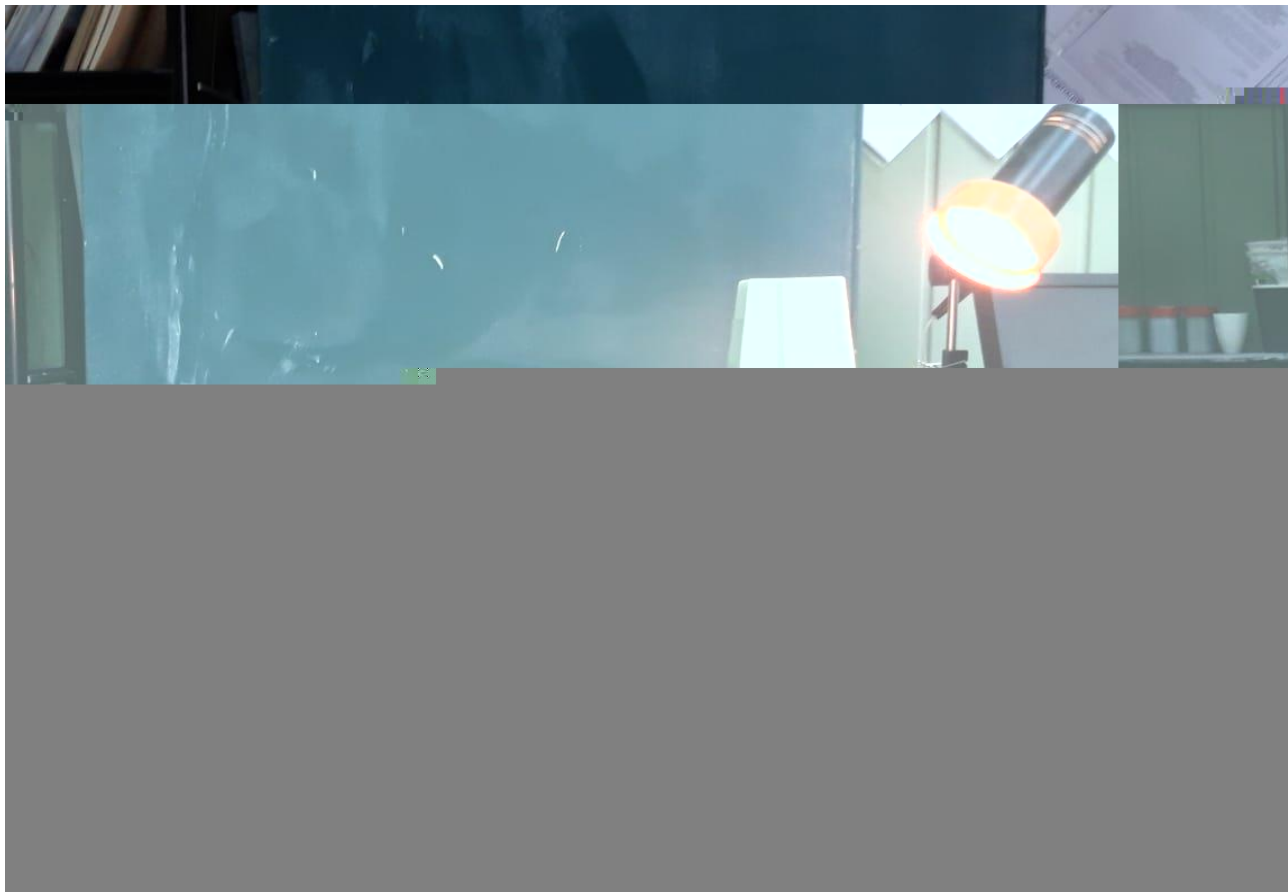


Рисунок 2 – Прибор для определения зернового состава тонкодисперсных материалов

3.2 Растекаемость модифицированных бетонных смесей определена по диаметру расплыва смеси по методике европейских норм EN 12350.5-2000 и СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 (рисунок 3).

Реологическая характеристика бетонной смеси – условная вязкость T_{500} установлена одновременно с определением диаметра расплыва, как время растекания смеси до достижения диаметра 500 мм. Для установления способности смеси преодолевать препятствия (арматурные стержни в железобетонных конструкциях) использовано блокировочное кольцо диаметром 300 мм с закрепленными гладкими металлическими стержнями длиной 125 мм и диаметром 14 мм.

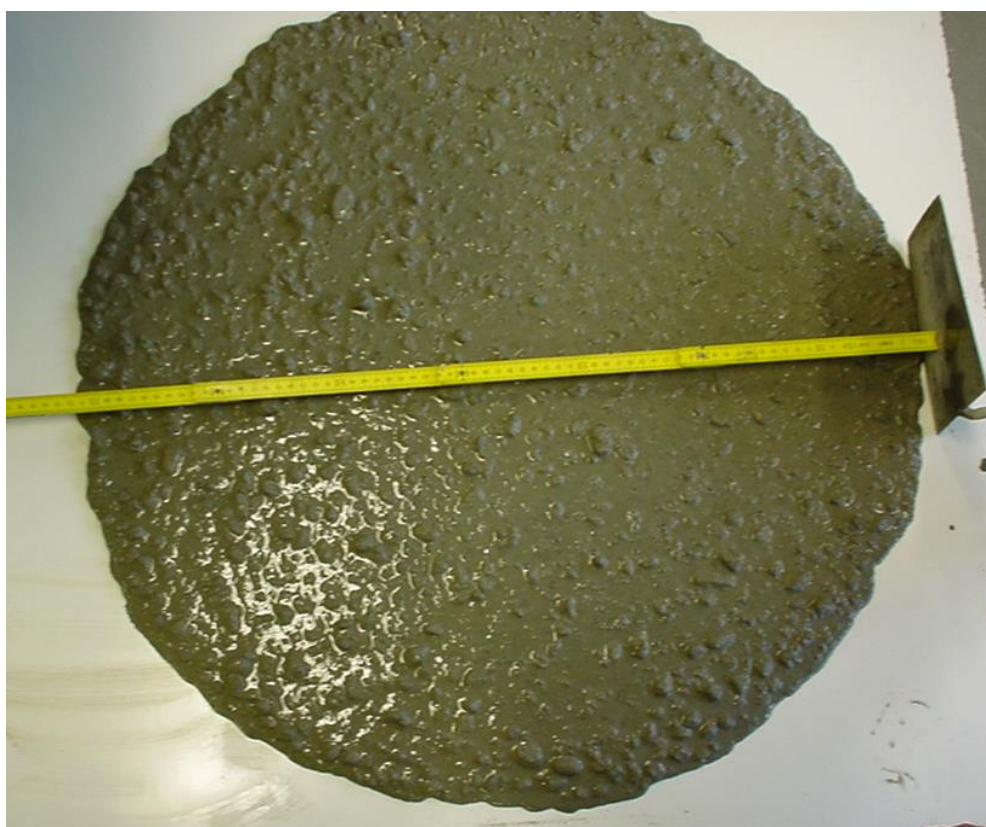


Рисунок 3 – Определение растекаемости и условной вязкости бетонной смеси

Распływ конуса бетонной смеси определяется измерением диаметра расплывшейся лепешки d_1 и d_2 рулеткой (металлической линейкой) в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Распływ бетонной смеси D_p , см, вычисляется с округлением до 1,0 см, как среднеарифметическое значение результатов двух определений из одной пробы, отличающихся между собой не более чем на 3,0 см (при большем расхождении результатов определение повторяют):

$$D_p = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (1)$$

Среднюю плотность бетонной смеси ρ , кг/м³, вычисляют:

$$\rho = \frac{m - m_1}{V}, \quad (2)$$

где m - масса мерного сосуда с бетонной смесью, кг;

m_1 - масса мерного сосуда без смеси, кг;

V - объем мерного сосуда, м³.

После приготовления и определения фактической плотности бетонных смесей $\rho_{см}^{\phi}$ рассчитан фактический расход материалов, кг/м³:

$$Ц = \frac{\rho_{см}^{\phi}}{Ц' + Н' + В' + П' + Щ' + Д'} Ц', \quad (3)$$

$$Н = \frac{\rho_{см}^{\phi}}{Ц' + Н' + В' + П' + Щ' + Д'} Н', \quad (4)$$

$$В = \frac{\rho_{см}^{\phi}}{Ц' + Н' + В' + П' + Щ' + Д'} В', \quad (5)$$

$$Щ = \frac{\rho_{см}^{\phi}}{Ц' + Н' + В' + П' + Щ' + Д'} Щ', \quad (6)$$

$$П = \frac{\rho_{см}^{\phi}}{Ц' + Н' + В' + П' + Щ' + Д'} П', \quad (7)$$

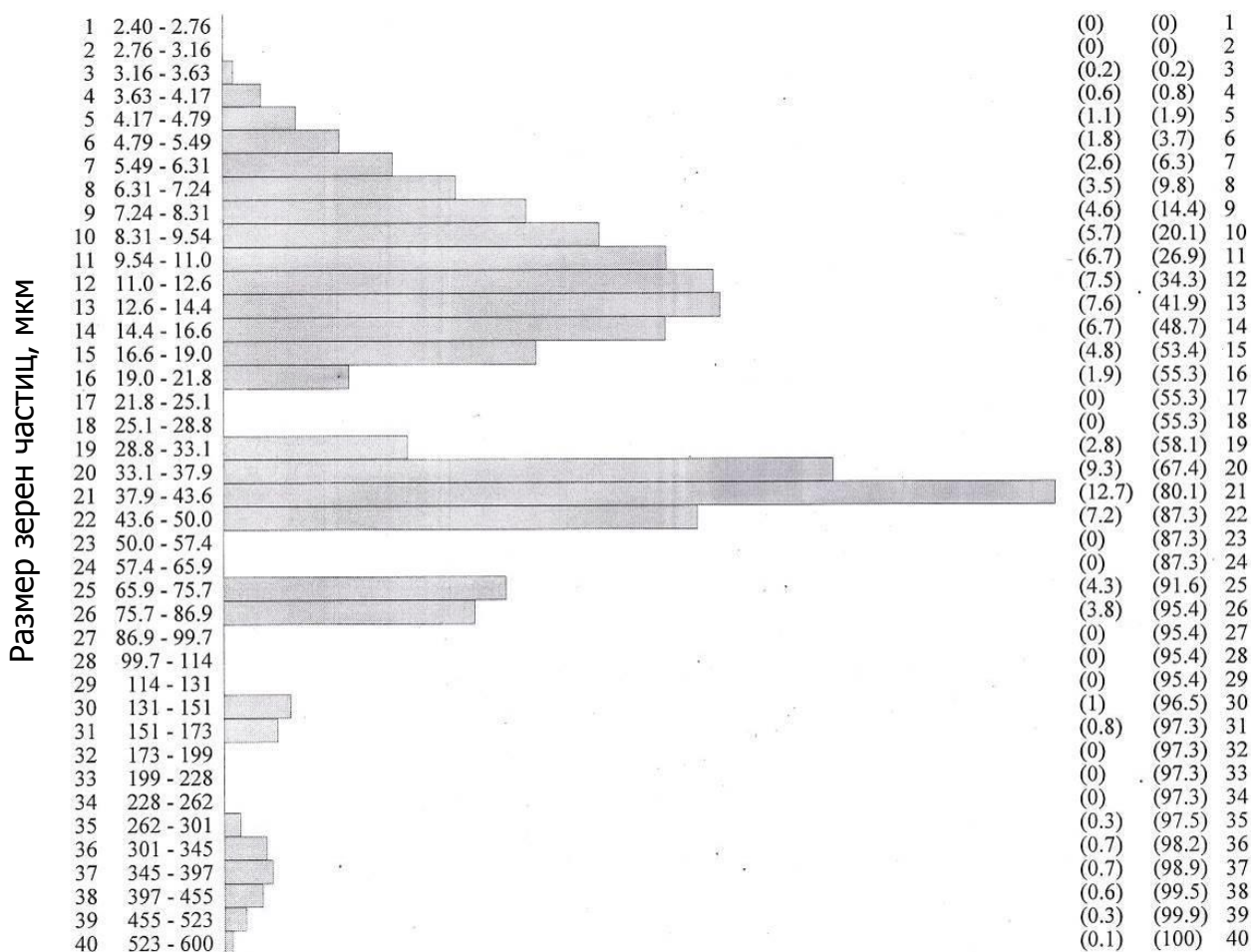
$$Д = \frac{\rho_{см}^{\phi}}{Ц' + Н' + В' + П' + Щ' + Д'} Д', \quad (8)$$

где $Ц, Н, В, Щ, П, Д$ – расходы цемента, наполнителя, воды, щебня, песка и добавки на 1 м³ смеси;

$Ц', Н', В', Щ', П', Д'$ – расходы цемента, наполнителя, воды, щебня, песка и добавки на лабораторный замес, кг.

4 ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ И ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И БЕТОНОВ

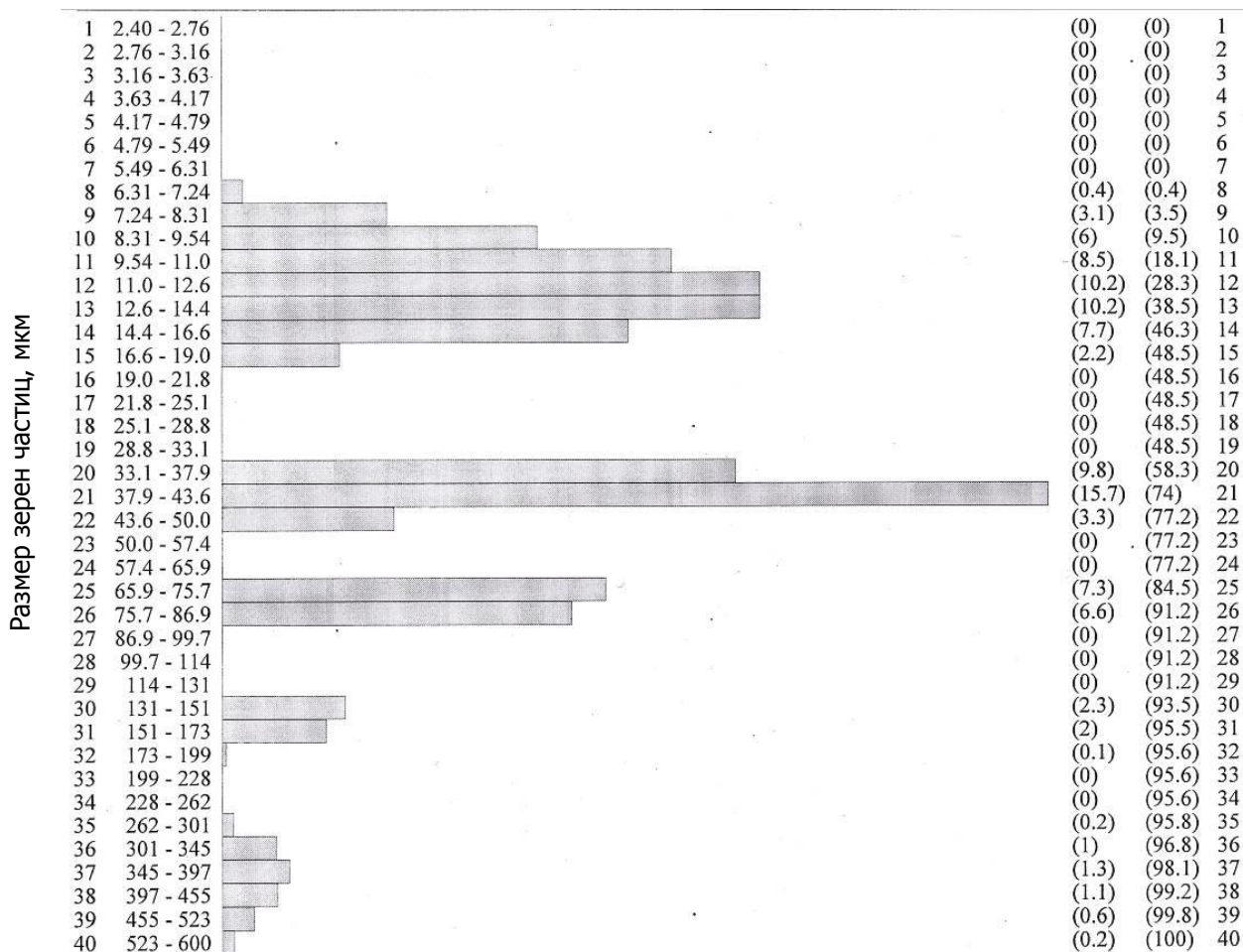
4.1 График распределения размеров зерен частиц портландцемента представлен на рисунке 4, а частиц минерального наполнителя – на рисунке 5.



Распределение по размерам, %

Рисунок 4 – График распределения размеров зерен частиц портландцемента

4.2 Для оценки влияния минеральных и химических добавок на реологические и физико-механические свойства СУБ приготовлены смеси с различной дозировкой модификаторов. Показатели конструктивности и реологические характеристики модифицированных бетонных смесей приведены в таблице 5.



Распределение по размерам, %

Рисунок 5 – График распределения размеров зерен частиц наполнителя

Таблица 5 – Показатели конструктивности и реологические характеристики модифицированных бетонных смесей

Состав	Расход материалов на 1м ³ , кг						Диаметр распыла D _p , см	Условная вязкость T ₅₀₀ , с	В/(Ц+Н)	П/(П+Щ)	Объем цементного теста, л	Средняя плотность смеси, кг/м ³
	Цемент Ц	Наполнитель Н	Вода В	Песок П	Щебень Щ	Добавка Д						
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												

Из бетонной смеси каждого состава с различной дозировкой добавок изготовлены контрольные образцы-кубы с размерами ребра 100,0 мм. Контроль прочности образцов выполнен в возрасте 28 суток.

Результаты испытаний контрольных образцов-кубов бетона исследованных составов приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты испытаний контрольных образцов-кубов бетона на прочность при сжатии

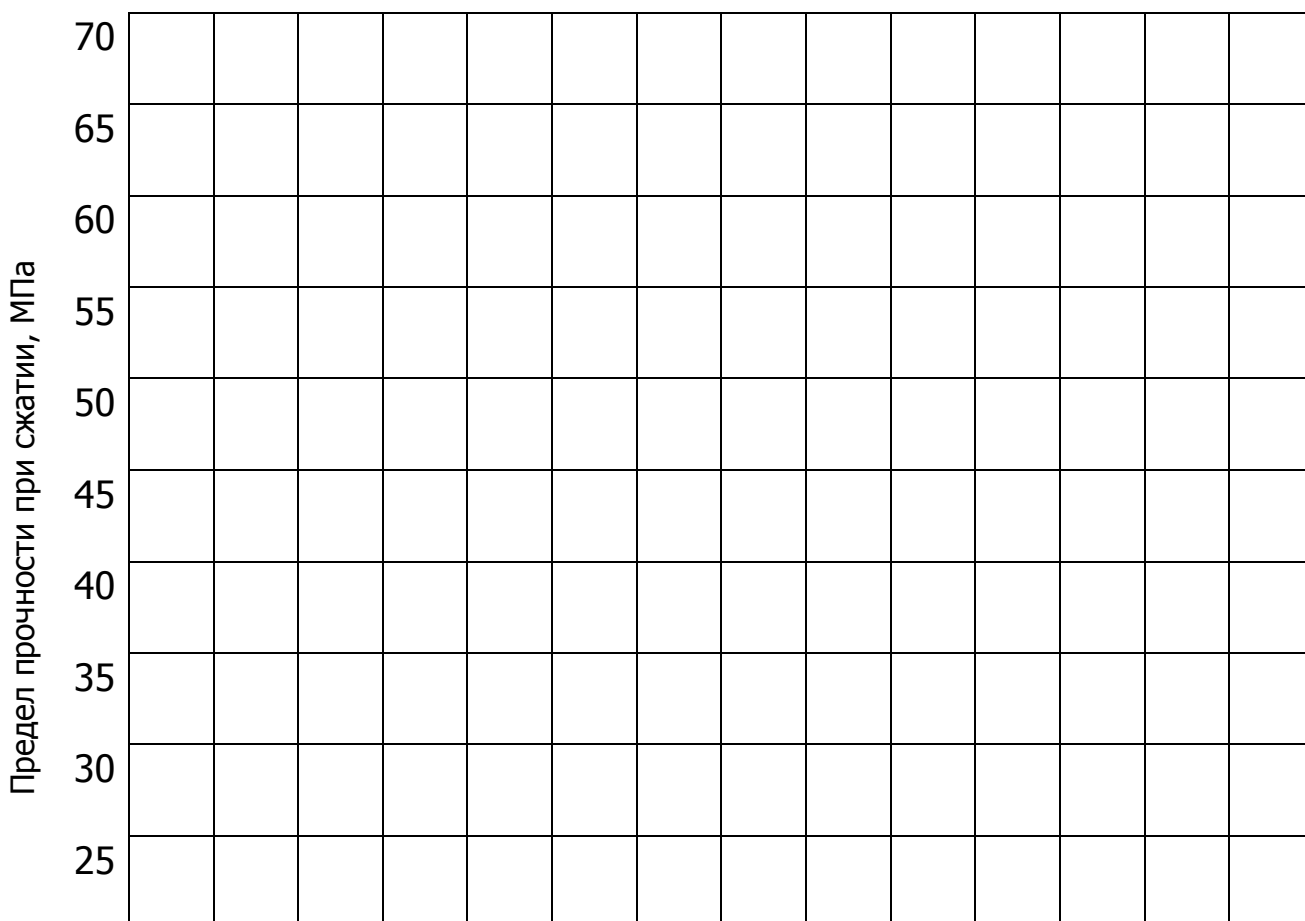
Дата испытания	Маркировка	Размеры, мм			Масса, кг	Средняя плотность, кг/м ³		Разрушающая нагрузка, Н	Предел прочности при сжатии, МПа	
		a	b	h		образца	средняя		образца с учетом масш. коэффициента	средний

Результаты проведенных испытаний и выполненных расчетов для бетонных смесей и затвердевших бетонов представлены в сводной ведомости (таблица 7).

Таблица 7 - Сводная ведомость результатов испытания бетонов

№ п/п	Расход материалов на замес, кг					Плотность смеси, кг/м ³	D _{гр} , см	T ₅₀₀ , с	Расход материалов на 1 м ³ , кг					Вяз В	П/Щ	Средняя плотность бетона, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа	
	Ц	Н	В	П	Щ				Д	Ц	Н	В	П				Щ	Д
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		

Оптимальная дозировка добавок для модифицированных бетонных смесей установлена на основании экспериментальных данных и представлена в графической форме (рисунок 6).



Состав бетона

Рисунок 6 – Влияние модифицирующих добавок на прочность бетона

Выводы по работе

Выполненные исследования показывают, что для обеспечения требуемой растекаемости бетонной смеси и получения бетона требуемой прочности оптимальной дозировкой минеральной добавки является:, а суперпластификатора –

Ссылочные нормативные документы

ГОСТ 30515-2013 Цементы. Общие технические условия.

ГОСТ 31108-2016 Цементы общестроительные. Технические условия.

ГОСТ 22266-2013 Цементы сульфатостойкие. Технические условия.

ГОСТ Р 56592-2015. Добавки минеральные для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия

ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия.

ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний.

ГОСТ 32495-2013. Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона. Технические условия

ГОСТ 23732-2011 Вода для бетонов и растворов. Технические условия.

ГОСТ 24211-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия.

ГОСТ 30459-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов.

Методы определения эффективности.

ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия.

ГОСТ 10181-2014 Смеси бетонные. Методы испытаний.

ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 Конструкции монолитные бетонные и железобетонные. Технические требования к производству работ, правила и методы контроля.