

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный  
университет»

Кафедра строительных материалов

# Ж У Р Н А Л

лабораторных работ по курсу

«Технология бетона, строительных изделий и конструкций»

для студентов по направлению 270800.62 - Строительство

Студент \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

Нижний Новгород

ННГАСУ

2015

УДК 691.327

Журнал лабораторных работ по курсу «Технология бетона, строительных изделий и конструкций» для студентов по направлению 270800.62- Строительство. - Н.Новгород: ННГАСУ, 2015.- 54 с.

Рис. 10, табл. 33

Составители: А.В.Исаев, В.Т.Никулин

## Содержание

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 Оценка качества сырьевых материалов для приготовления бетона .....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 Проектирование состава тяжёлой бетонной смеси .....	12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 Проектирование состава керамзитобетона .....	21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 Измерение жёсткости бетонной смеси .....	32
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 Исследование влияния доли песка в смеси заполнителей ( $r$ ) на свойства бетонной смеси и бетона .....	33
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 Исследование влияния химических добавок на свойства бетонной смеси и бетона .....	43

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### Оценка качества сырьевых материалов для приготовления бетона

#### 1.1 Вяжущее – портландцемент \_\_\_\_\_

по ГОСТ 10178-85 / по ГОСТ 31108-2003

Таблица 1.1 – Характеристика портландцемента по ГОСТ 10178-85

Показатель	Требование стандарта	Фактическое значение
1 Активность (для марки 400), МПа: - при сжатии - при изгибе	$\geq 39,2$ $\geq 5,4$	
2 Активность цемента при пропаривании (для марки 400), МПа	> 27 (для группы I) 24 – 27 (для группы II) < 24 (для группы III)	
3 Тонкость помола, %	Не менее 85	
4 Нормальная плотность цементного теста – НГЦТ, %	Не нормируется	
5 Сроки схватывания: - начало схватывания - конец схватывания	Не ранее 45 мин Не позднее 10 ч	
6 Равномерность изменения объема при кипячении	Отсутствие недопустимых трещин (кроме усадочных); искривление не более 1 мм	
7 Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	Не нормируется	

Таблица 1.2 – Характеристика портландцемента по ГОСТ 31108-2003

Показатель	Требование стандарта	Фактическое значение
1 Прочность на сжатие, МПа, в возрасте: - 2 сут; - 7 сут; - 28 сут	$\geq 10$ (Для классов 32,5Б; 42,5Н) $\geq 20$ (Для классов 42,5Б; 52,5Н) $\geq 11$ (Для класса 22,5Н) $\geq 16$ (Для класса 32,5Н) 22,5-42,5 (Для класса 22,5Н) 32,5-52,5 (Для класса 32,5) 42,5-62,5 (Для класса 42,5)	

Продолжение таблицы 1.2

Показатель	Требование стандарта	Фактическое значение
2 Тонкость помола (сито № 009), %	Не нормируется	
3 Нормальная густота цементного теста – НГЦТ, %	Не нормируется	
4 Начало схватывания, мин, для цемента класса: - 22,5; 32,5; - 42,5	$\geq 75$ $\geq 60$	
5 Равномерность изменения объёма (расширение), мм	$\leq 10$	
6 Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	Не нормируется	
7 Потеря массы при прокаливании (для типов ЦЕМ I и ЦЕМ III)	$\leq 5,0$	
8 Нерастворимый остаток (для типов ЦЕМ I и ЦЕМ III), %	$\leq 5,0$	
9 Содержание хлорид-иона Cl <sup>-</sup> , %	$\leq 0,10$	

Таблица 1.3 – Минералогический состав

Минерал	Фактическое содержание, %
Алит – C <sub>3</sub> S	
Белит – C <sub>2</sub> S	
Трёхкальциевый алюминат - C <sub>3</sub> A	
Четырёхкальциевый алюмоферрит – C <sub>4</sub> AF	

Классификация цемента по содержанию:

- алита и белита \_\_\_\_\_;

- трёхкальциевого алюмината \_\_\_\_\_.

Заключение

Марка цемента \_\_\_\_\_. Класс цемента \_\_\_\_\_.

Цемент рекомендуется применять для \_\_\_\_\_

не рекомендуется для \_\_\_\_\_

Цемент удовлетворяет требованиям ГОСТ 10178 по:

- тонкости помола \_\_\_\_\_;  
(да/нет)

- срокам схватывания \_\_\_\_\_;  
(да/нет)

- равномерности изменения объёма при кипячении \_\_\_\_\_.  
(да/нет)

Цемент удовлетворяет требованиям ГОСТ 31108-2003 по:

- началу схватывания \_\_\_\_\_;  
(да/нет)

- равномерности изменения объёма \_\_\_\_\_.  
(да/нет)

- потере массы при прокаливании \_\_\_\_\_;  
(да/нет)

-нерастворимому остатку \_\_\_\_\_;  
(да/нет)

- содержанию хлорид-иона  $Cl^-$  \_\_\_\_\_.  
(да/нет)

## 1.2 Крупный плотный заполнитель – щебень (ГОСТ 8267- 93)

Таблица 1.4 – Характеристика крупного плотного заполнителя

Показатель	Требование ГОСТ 8267 и ГОСТ 26633	Фактическое значение
1 Насыпная плотность, $кг/м^3$	Не нормируется	
2 Содержание пылевидных и глинистых примесей, %	Не более _____	
3 Содержание глины в комках, %	Не более _____	

Продолжение таблицы 1.4

Показатель	Требование ГОСТ 8267 и ГОСТ 26633	Фактическое значение
4 Содержание органических примесей	Раствор NaOH над пробой должен быть светлее эталона	
5 Показатель дробимости Др, % Марка по прочности	Нормируется для бетонов для транспортного и гидротехнического строительства	
6 Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	2,0 – 3,0	
7 Марка по морозостойкости	Нормируется в зависимости от марки по морозостойкости бетона	
8 Содержание зёрен лещадной и игловатой формы, %	Не более 35	
9 Содержание зёрен слабых пород, %	Не более _____	

Таблица 1.5 – Результаты отсева крупного плотного заполнителя

Размер отверстий сита, мм	Частный остаток,		Полный остаток, % по массе
	г	% по массе	
40			
30			
25			
20			
15			
12,5			
10			
7,5			
5			
Дно			-
Всего			-

Наименьший номинальный размер зёрен  $d =$  \_\_\_\_\_ мм;

наибольший номинальный размер зёрен  $D =$  \_\_\_\_\_ мм.

Таблица 1.6 – Зерновой состав крупного плотного заполнителя

Зерновой состав	Полный остаток, % по массе, на сите			
	d	(D + d)/2	D	1,25D
По ГОСТ 8267	$\geq 90$	30 - 60	$\leq 10$	$\leq 0,5$
Фактический				

Таблица 1.7 – Содержание фракций

	Содержание фракции, % по массе		
	5 - 10	10 - 20	20 - 40
По ГОСТ 26633			
Фактическое			

### Заключение

Крупный заполнитель удовлетворяет требованиям стандартов по:

- содержанию пылевидных и глинистых частиц \_\_\_\_\_;  
(да/нет)
- содержанию глины в комках \_\_\_\_\_;  
(да/нет)
- содержанию органических примесей \_\_\_\_\_;  
(да/нет)
- зерновому составу \_\_\_\_\_;  
(да/нет)
- содержанию фракций \_\_\_\_\_;  
(да/нет)
- содержанию зёрен лещадной и игловатой формы \_\_\_\_\_;  
(да/нет)
- содержанию зёрен слабых пород \_\_\_\_\_.  
(да/нет)

Крупный заполнитель может применяться для приготовления бетонов классов по прочности: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_.

## 1.3. Мелкий заполнитель – песок (ГОСТ 8736- 93)

Таблица 1.8 - Характеристика песка

Показатель	Требование ГОСТ 8736 и ГОСТ 26633	Фактическое значение
1 Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Не нормируется	
2 Содержание пылевидных и глинистых примесей, %	Не более _____	
3 Содержание глины в комках, %	Не более _____	
4 Содержание органических примесей	Раствор NaOH над пробой должен быть светлее эталона	
5 Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	2,0 – 2,8	
6 Модуль крупности M <sub>к</sub>	1,5 ... 3,0	
7 Содержание зёрен крупностью свыше 10 мм, %, не более	0,5 (для песка I класса и мелкого песка II класса) 5 (для песка среднего, крупного и повышенной крупности II класса)	
8 Содержание зёрен крупностью свыше 5 мм, %, не более: для песка I класса для песка II класса	5 20 (повышенной крупности) 15 (крупный и средний) 10 (мелкий)	
9 Водопотребность, %	Не нормируется	

Таблица 1.9 – Классификация песков по крупности

Группа песка	Модуль крупности M <sub>к</sub>	Полный остаток на сите № 063, % по массе
Очень крупный	Св. 3,5	Св. 75
Повышенной крупности	Св. 3,0 до 3,5	Св. 65 до 75
Крупный	» 2,5 » 3,0	» 45 » 65
Средний	» 2,0 » 2,5	» 30 » 45
Мелкий	» 1,5 » 2,0	» 10 » 30
Очень мелкий	» 1,0 » 1,5	До 10
Тонкий	» 0,7 » 1,0	Не нормируется
Очень тонкий	До 0,7	- "-

Таблица 1.10 – Результаты рассева мелкого заполнителя

Размер отверстий сита, мм	Частный остаток,		Полный остаток, % по массе
	г	% по массе	
2,5			
1,25			
0,63			
0,315			
0,16			
Дно			-
Всего			-

### Заключение

Мелкий заполнитель удовлетворяет требованиям стандартов по:

- содержанию пылевидных и глинистых частиц \_\_\_\_\_;  
(да/нет)

- содержанию глины в комках \_\_\_\_\_;  
(да/нет)

- содержанию органических примесей \_\_\_\_\_;  
(да/нет)

- модулю крупности \_\_\_\_\_.  
(да/нет)

Класс песка - \_\_\_\_\_.

### 1.4. Крупный пористый заполнитель – керамзитовый гравий (ГОСТ 9757- 90)

Таблица 1.11 - Характеристика крупного пористого заполнителя

Показатель	Требование ГОСТ 9757	Фактическое значение
1. Насыпная плотность в сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>	≤600 (допускается до 800)	Марка -
2. Прочность при сдавливании в цилиндре, МПа	≥ _____* Марка не ниже П_____	Марка – П_____

Продолжение таблицы 1.11

Показатель	Требование ГОСТ 9757	Фактическое значение
3. Потеря массы при кипячении, %	$\leq 5$	
4. Морозостойкость – потеря массы после 15 циклов, %	$\leq 8$	
5. Влажность, %	-	
6. Пустотность, %	-	
7. Средняя плотность зёрен, кг/м <sup>3</sup>	-	
8. Плотность зёрен в цементном тесте, кг/м <sup>3</sup>	-	
Примечание - * Указать для конкретной марки заполнителя по насыпной плотности.		

Таблица 1.12– Результаты отсева крупного пористого заполнителя

Размер отверстий сита, мм	Частный остаток,		Полный остаток, % по массе
	г	% по массе	
40			
20			
10			
5			
Дно			-
Всего			-

Наименьший номинальный размер зёрен  $d = \underline{\hspace{2cm}}$  мм;

наибольший номинальный размер зёрен  $D = \underline{\hspace{2cm}}$  мм.

Таблица 1.13 – Зерновой состав крупного пористого заполнителя

Зерновой состав	Полный остаток, % по массе, на сите		
	d	D	2 D
По ГОСТ 9757	$\geq 85$	$\leq 10$	Не допускается
Фактический			
Примечание – Для крупного заполнителя смеси фракций от 5 до 20 мм содержание зёрен фракции 5 – 10 мм должно быть от 25 % до 50 % по массе.			

## Заключение

Крупный пористый заполнитель удовлетворяет требованиям стандарта по:

- прочности при сдавливании в цилиндре \_\_\_\_\_;  
(да/нет)

- потере массы при кипячении \_\_\_\_\_;  
(да/нет)

- зерновому составу \_\_\_\_\_.  
(да/нет)

Крупный пористый заполнитель может использоваться в бетонах \_\_\_\_\_

1.5. Мелкий пористый заполнитель – \_\_\_\_\_  
(ГОСТ 9757- 90)

Таблица 1.14 - Характеристика мелкого пористого заполнителя

Показатель	Требование ГОСТ 9757	Фактическое значение
1. Насыпная плотность в сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>	≤1000	Марка -
2. Влажность, % по массе	Не нормируется	
3. Водопотребность, %	Не нормируется	

Таблица 1.15– Результаты отсева мелкого пористого заполнителя

Размер отверстий сита, мм	Фактические			По ГОСТ 9757		
	Частный остаток,		Полный остаток, % по объёму	Полный остаток, % по объёму, для песка группы*		
	мл	% по объёму		1	2	3
5				0 – 10	0 - 10	Не нормируется
1,25				20 – 60	30 – 50	
0,315				45 – 80	65 – 90	
0,16				70 – 90	90 – 100	
Проход через сито 0,16				10 - 30	0 – 10	

## Продолжение таблицы 1.15

Примечание - * Группы песка: 1 – для конструкционно-теплоизоляционных бетонов; 2 – для конструкционных бетонов; 3 – для теплоизоляционных бетонов.
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Заключение

Мелкий пористый заполнитель удовлетворяет требованиям стандарта по зерновому составу \_\_\_\_\_.

(да/нет)

Мелкий пористый заполнитель может использоваться в бетонах \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

1.6. Вода – \_\_\_\_\_ (ГОСТ 23732-2011)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

Дата \_\_\_\_\_

Подпись студента \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Проектирование состава тяжёлой бетонной смеси

#### 2.1 Задание

Подобрать состав бетонной смеси для получения тяжёлого бетона класса по прочности на сжатие  $B$ \_\_\_\_\_ .

Коэффициент вариации прочности бетона –  $V_{\pi} =$  \_\_\_\_\_ %.

Отпусная прочность - \_\_\_\_\_ %.

Подвижность бетонной смеси – ОК = \_\_\_\_\_ см.

Принятый режим тепловлажностной обработки: \_\_\_\_\_

---

#### 2.2. Расчёт состава бетонной смеси (на $1 \text{ м}^3$ )

2.2.1 Рассчитывается средний уровень прочности бетона:

$$R_y = B \cdot K_T = \quad = \quad \text{МПа}, \quad (2.1)$$

где  $B$  – заданный класс бетона по прочности на сжатие;

$K_T$  – коэффициент, определяемый по ГОСТ 18105.

2.2.2 Принимаются цементоводные отношения для пробных замесов:

$$Ц/B_1 = \quad, \quad Ц/B_2 = \quad.$$

2.2.3. Определяется рекомендуемый расход воды на  $1 \text{ м}^3$  бетонной смеси:

$$B_0 = \quad \text{л} = \quad \text{кг}.$$

2.2.4 Рассчитываются расходы цемента на  $1 \text{ м}^3$  бетонной смеси для пробных замесов:  $Ц_1 = B_0 \cdot Ц/B_1 = \quad = \quad \text{кг};$

$$Ц_2 = B_0 \cdot Ц/B_2 = \quad = \quad \text{кг}.$$

2.2.5 Расчёт расхода заполнителей

## Метод 1

Рассчитывается расход крупного заполнителя по формуле

$$\text{Щ} = \frac{1000}{V_{\text{пуст.щ}} \cdot \alpha / \rho_{\text{н.щ}} + 1 / \rho_{\text{щ}}}, \text{ кг}, \quad (2.2)$$

где 1 000 л = 1 м<sup>3</sup> – объём бетона, на который ведётся расчёт;

$V_{\text{пуст.щ}}$  – пустотность крупного заполнителя.  $V_{\text{пуст.щ}} = 1 - \rho_{\text{н.щ}} / \rho_{\text{щ}}$ ;

$\alpha$  – коэффициент раздвижки зёрен;

$\rho_{\text{н.щ}}$  – насыпная плотность крупного заполнителя, кг/л;

$\rho_{\text{щ}}$  – средняя плотность зёрен крупного заполнителя, кг/л.

$$\text{Щ}_1 = \frac{1000}{\dots} = \dots \text{ кг}$$

$$\text{Щ}_2 = \frac{1000}{\dots} = \dots \text{ кг}$$

Рассчитываются расходы песка на 1 м<sup>3</sup> бетона:

$$\text{П}_1 = (1000 - \text{Ц}_1 / \rho_{\text{ц}} - \text{В}_0 - \text{Щ}_1 / \rho_{\text{щ}}) \cdot \rho_{\text{п}} = \dots \text{ кг};$$

$$\text{П}_2 = (1000 - \text{Ц}_2 / \rho_{\text{ц}} - \text{В}_0 - \text{Щ}_2 / \rho_{\text{щ}}) \cdot \rho_{\text{п}} = \dots \text{ кг};$$

## Метод 2

Определяется доля песка в смеси заполнителей:

$$r_1 = \dots; r_2 = \dots$$

Назначается предполагаемая средняя плотность бетонной смеси:

$$\rho_{\text{см}} = \dots \text{ кг/м}^3.$$

Рассчитываются расходы заполнителей на 1 м<sup>3</sup> бетона:

$$\text{З}_1 = \text{П}_1 + \text{Щ}_1 = \rho_{\text{см}} - \text{Ц}_1 - \text{В}_0 = \dots \text{ кг};$$

$$\text{З}_2 = \text{П}_2 + \text{Щ}_2 = \rho_{\text{см}} - \text{Ц}_2 - \text{В}_0 = \dots \text{ кг}.$$

Рассчитываются расходы песка на 1 м<sup>3</sup> бетона:

$$\text{П}_1 = \text{З}_1 \cdot r_1 = \dots \text{ кг};$$

$$\text{П}_2 = \text{З}_2 \cdot r_2 = \dots \text{ кг}.$$

Рассчитываются расходы крупного заполнителя на 1 м<sup>3</sup> бетона:

$$\text{Щ}_1 = \text{З}_1 - \text{П}_1 = \quad = \quad \text{кг};$$

$$\text{Щ}_2 = \text{З}_2 - \text{П}_2 = \quad = \quad \text{кг}.$$

### 2.3 Лабораторные замесы

2.3.1 Расходы материалов на 1 м<sup>3</sup> бетона и на объём замесов представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты опытных замесов

Номер замеса	Материал	Расчётный расход материала, кг		Расход корректирующей добавки, кг	Фактический расход материала на замес, кг
		на 1 м <sup>3</sup>	на _____ л		
1	Цемент				
	Песок				
	Щебень				
	Вода				
	Всего				m <sub>з</sub> =
2	Цемент				
	Песок				
	Щебень				
	Вода				
	Всего				m <sub>з</sub> =

Подвижность бетонной смеси замеса № 1:

- до введения корректирующих добавок – ОК = \_\_\_\_\_ см;

- после введения корректирующих добавок – ОК = \_\_\_\_\_ см.

Подвижность бетонной смеси замеса № 2:

- до введения корректирующих добавок – ОК = \_\_\_\_\_ см;

- после введения корректирующих добавок – ОК = \_\_\_\_\_ см.

2.3.2 Результаты определения фактической средней плотности бетонной смеси заносятся в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Результаты определения фактической средней плотности бетонной смеси

Номер замеса	Масса, кг			Объем мерного цилиндра, л	Средняя плотность бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>	Фактический объем бетонной смеси, л
	мерного цилиндра	цилиндра с бетонной смесью	бетонной смеси			
1						
2						

2.3.3 Рассчитываются фактические расходы материалов, кг, на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси с учётом корректирующих добавок и фактической средней плотности бетонных смесей:

Состав № 1

Цемент

Песок

Щебень

Вода

Всего

Состав № 2

Цемент

Песок

Щебень

Вода

Всего

2.4 Результаты испытаний образцов бетонов и обработка результатов

2.4.1 Результаты испытаний образцов-кубов бетонов заносятся в таблицу 2.3 и на рисунок 2.1.

Таблица 2.3 – Результаты испытаний образцов бетонов на прочность в возрасте \_\_\_\_\_ суток

Номер замеса	Номер образца	Условия твердения	Размеры поперечного сечения образцов, мм		Площадь сечения образца, мм <sup>2</sup>	Разрушающая нагрузка, кН	Предел прочности на сжатие, МПа	
			длина	ширина			частный	средний
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	Пропаривание + нормальное твердение						
	2							
	3							
	4	Нормальное твердение						
	5							
	6							
2	7	Пропаривание + нормальное твердение						
	8							
	9							
	10	Нормальное твердение						
	11							
	12							

$R_6$ , МПа

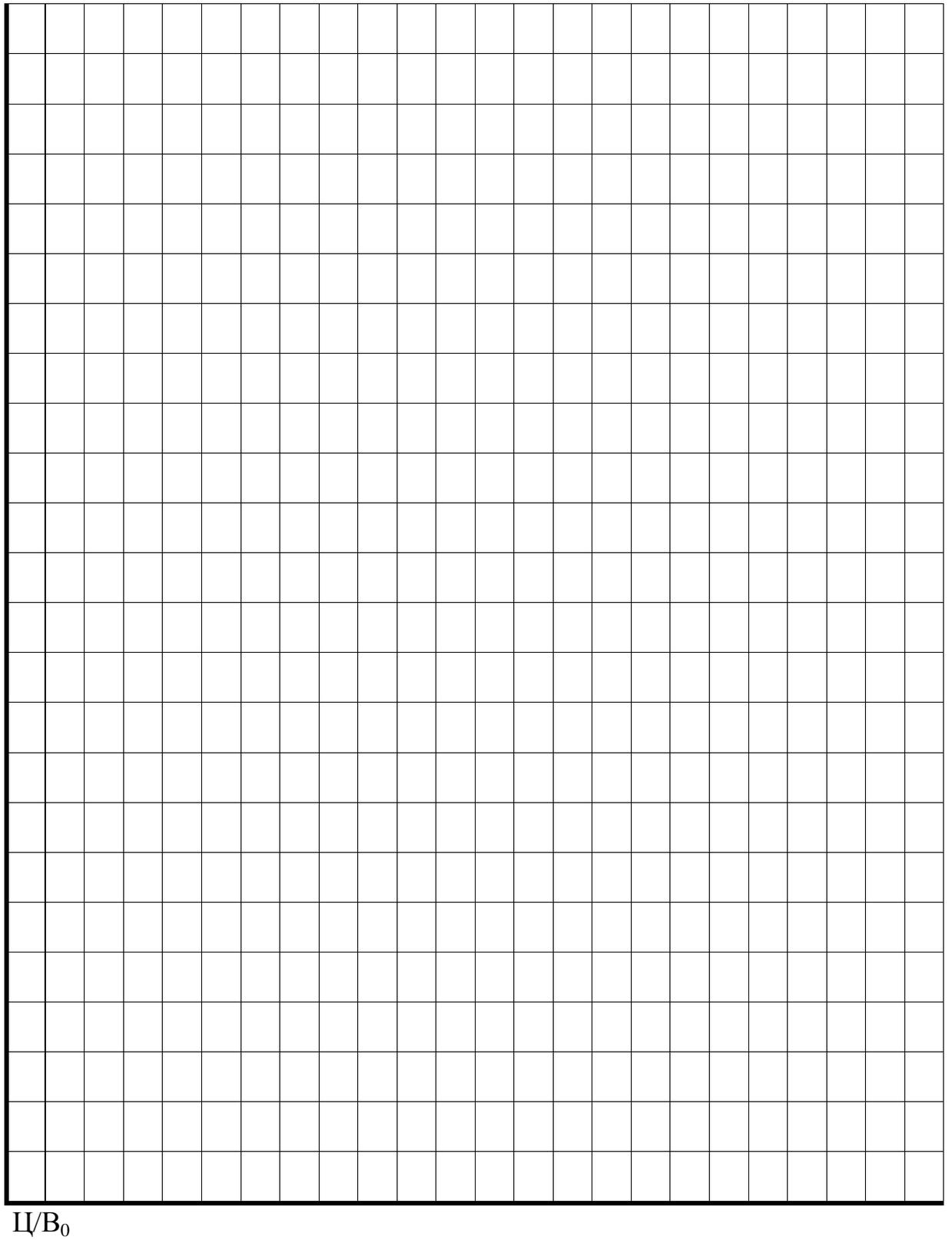


Рисунок 2.1 – Зависимость прочности бетона на сжатие от  $\text{Ц}/\text{В}_0$

2.4.2 Рассчитывается оптимальный состав бетонной смеси:

оптимальное  $C/V_0 =$  \_\_\_\_\_ ;

расход воды  $V_0 =$  \_\_\_\_\_ л;

расход цемента  $C = C/V_0 \cdot V_0 =$  \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ кг;

$r =$  \_\_\_\_\_ ;

расход заполнителей  $Z =$  \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ кг;

расход песка  $\Pi =$  \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ кг;

расход крупного заполнителя  $\Psi =$  \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ кг.

## 2.5 Заключение

---



---



---



---



---

Дата \_\_\_\_\_

Подпись студента \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### Проектирование состава керамзитобетона

#### 3.1 Задание

Подобрать состав керамзитобетона класса по прочности на сжатие  $B$  \_\_\_\_\_ марки по средней плотности  $D$  \_\_\_\_\_.

Коэффициент вариации прочности бетона –  $V =$  \_\_\_\_\_ %.

Отпусная прочность – \_\_\_\_\_ %.

Подвижность бетонной смеси –  $OK =$  \_\_\_\_\_ см.

Жёсткость бетонной смеси –  $Ж =$  \_\_\_\_\_ с.

#### 3.2 Расчёт состава бетонной смеси (на $1 \text{ м}^3$ )

3.2.1 Рассчитывается средний уровень прочности бетона:

$$R_y = B \cdot K_T = \quad = \quad \text{МПа}, \quad (3.1)$$

где  $B$  – заданный класс бетона по прочности на сжатие;

$K_T$  – коэффициент, определяемый по ГОСТ 18105.

3.2.2 Определяется расход цемента:

$$Ц = Ц_0 \cdot K_1 \cdot \dots \cdot K_i = \quad = \quad \text{кг}, (3.2)$$

где  $Ц_0$  – табличный расход цемента, кг;

$K_1 \dots K_i$  – поправки к расходу цемента, учитывающие различные факторы.

3.2.3 Определяется объёмная концентрация керамзитового гравия бетона:

$\varphi =$

3.2.4 Рассчитывается расход керамзитового гравия:

$$K = \varphi \cdot \rho_{\text{к.ц.т}} = \quad , \text{ кг}, \quad (3.3)$$

где  $\rho_{\text{к.ц.т}}$  – плотность керамзитового гравия в цементном тесте,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

3.2.5 Определяется общий расход песка:

$$П = \rho_b - 1,15Ц - K = \quad \text{кг}, (3.4)$$

где  $\rho_b$  – средняя плотность бетона в сухом состоянии (рекомендуется подставлять не заданную марку  $D$ , а величину  $[D - 50 \dots 80] \text{ кг}/\text{м}^3$ ),  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

3.2.6 Если проектируется лёгкий бетон на плотном песке, то найденный его расход – окончательный. Если проектируется лёгкий бетона на пористом или смешанном песке, то расход пористого песка определяется по формуле

$$\Pi_{\text{пор}} = \frac{1000(1 - \varphi) - \Pi \cdot C_{\text{в}}^{\text{пл}} - \text{Ц}/\rho_{\text{ц}} - V_0 - V_1 - V_2}{C_{\text{в}}^{\text{пор}} - C_{\text{в}}^{\text{пл}}}, \text{ кг/м}^3, \quad (3.5)$$

где  $C_{\text{в}}^{\text{пл}} = \frac{1 + 0,02 (V_{\text{п}}^{\text{пл}} - 7)}{\rho_{\text{п}}^{\text{пл}}}$  ; (3.6)

$C_{\text{в}}^{\text{пор}} = \frac{1 + 0,02 (V_{\text{п}}^{\text{пор}} - 7)}{\rho_{\text{п.т.}}^{\text{пор}}}$  ; (3.7)

$V_{\text{п}}^{\text{пл}}$ ,  $V_{\text{п}}^{\text{пор}}$  – водопотребность соответственно плотного и пористого песка, %. Если водопотребность неизвестна, то её можно принять равной (3 – 6) % при  $M_{\text{к}} = 2,5 - 3,5$ ; (6 – 8) % при  $M_{\text{к}} = 2,1 - 2,5$ ; > 8 % при  $M_{\text{к}} \leq 2,0$ ;

$\rho_{\text{п}}^{\text{пл}}$  – средняя плотность зёрен плотного песка, кг/л;

$\rho_{\text{п.т.}}^{\text{пор}}$  – средняя плотность зёрен пористого песка в цементном тесте, кг/л (при отсутствии данных допускается принимать  $\rho_{\text{п.т.}}^{\text{пор}} = 1,9 \dots 2,0$  от его марки по насыпной плотности);

$\rho_{\text{ц}}$  – истинная плотность цемента,  $\rho_{\text{ц}} =$  кг/л;

$V_0$  – рекомендуемый (табличный) расход воды.  $V_0 =$  л;

$V_1$  – поправка на объёмную концентрацию крупного заполнителя, л:

$$V_1 = 2000(\varphi - 0,37)^2 = \text{ л. (3.8)}$$

При  $\varphi \leq 0,37$   $V_1 = 0$ ;

$V_2$  – поправка на расход цемента, л: при  $\text{Ц} \leq 450 \text{ кг/м}^3$   $V_2 = 0$ , при  $\text{Ц} > 450 \text{ кг/м}^3$   $V_2 = 0,15(\text{Ц} - 450)$ . Принимается  $V_2 =$  л.

Расход плотного песка определяется по формуле

$$\Pi_{\text{пл}} = \Pi - \Pi_{\text{пор}} = \text{ кг. (3.9)}$$

В случае, если  $\Pi_{\text{пор}}$  или  $\Pi_{\text{пл}}$  окажется меньше 20 кг, то этот песок не используется.

3.2.7 Рассчитывается окончательный расход воды:

$$V = V_0 + V_1 + V_2 + V_{\text{пор}} + V_{\text{пл}} = \text{ л. (3.10)}$$

где  $V_{\text{пор}}$ ,  $V_{\text{пл}}$  – поправки на водопотребность соответственно пористого и плотного песка, л/м<sup>3</sup>:

$$V_{\text{пор}} = 0,02 \Pi_{\text{пор}} (V_{\text{п}}^{\text{пор}} - 7) / \rho_{\text{п.т.}}^{\text{пор}} = \text{ л. (3.11)} \quad V_{\text{пл}}$$

$$= 0,02 \Pi_{\text{пл}} (V_{\text{п}}^{\text{пл}} - 7) / \rho_{\text{п}}^{\text{пл}} = \text{ л. (3.12)}$$

3.2.8 Рассчитываются два дополнительных состава керамзитобетона, отличающиеся от контрольного \_\_\_\_\_

---



Таблица 3.1 – Расход материалов для приготовления бетонной смеси

Номер замеса	Материал	Расчётный расход материала, кг		Расход корректирующей добавки, кг	Фактический расход материала на замес, кг	ОК, см
		на 1 м <sup>3</sup>	на _____ л			
1	Цемент					
	Песок					
	Гравий					
	Вода					
	Всего					
2	Цемент					
	Песок					
	Гравий					
	Вода					
	Всего					
3	Цемент					
	Песок					
	Гравий					
	Вода					
	Всего					

Таблица 3.2 – Определение плотности бетонной смеси

Номер замеса	Масса, г			Средняя плотность бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>	Фактический объём замеса, л
	мерного цилиндра (V= _____ л)	мерного цилиндра с бетонной смесью	бетонной смеси		
1					
2					
3					



### 3.3 Результаты испытаний образцов бетонов. Обработка результатов

3.3.1 Рассчитываются фактические расходы материалов, кг, на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси с учётом корректирующих добавок и фактической средней плотности бетонных смесей:

#### Состав № 1

Цемент  
Песок  
Гравий  
Добавка  
Вода  
Всего

#### Состав № 2

Цемент  
Песок  
Гравий  
Добавка  
Вода  
Всего

#### Состав № 3

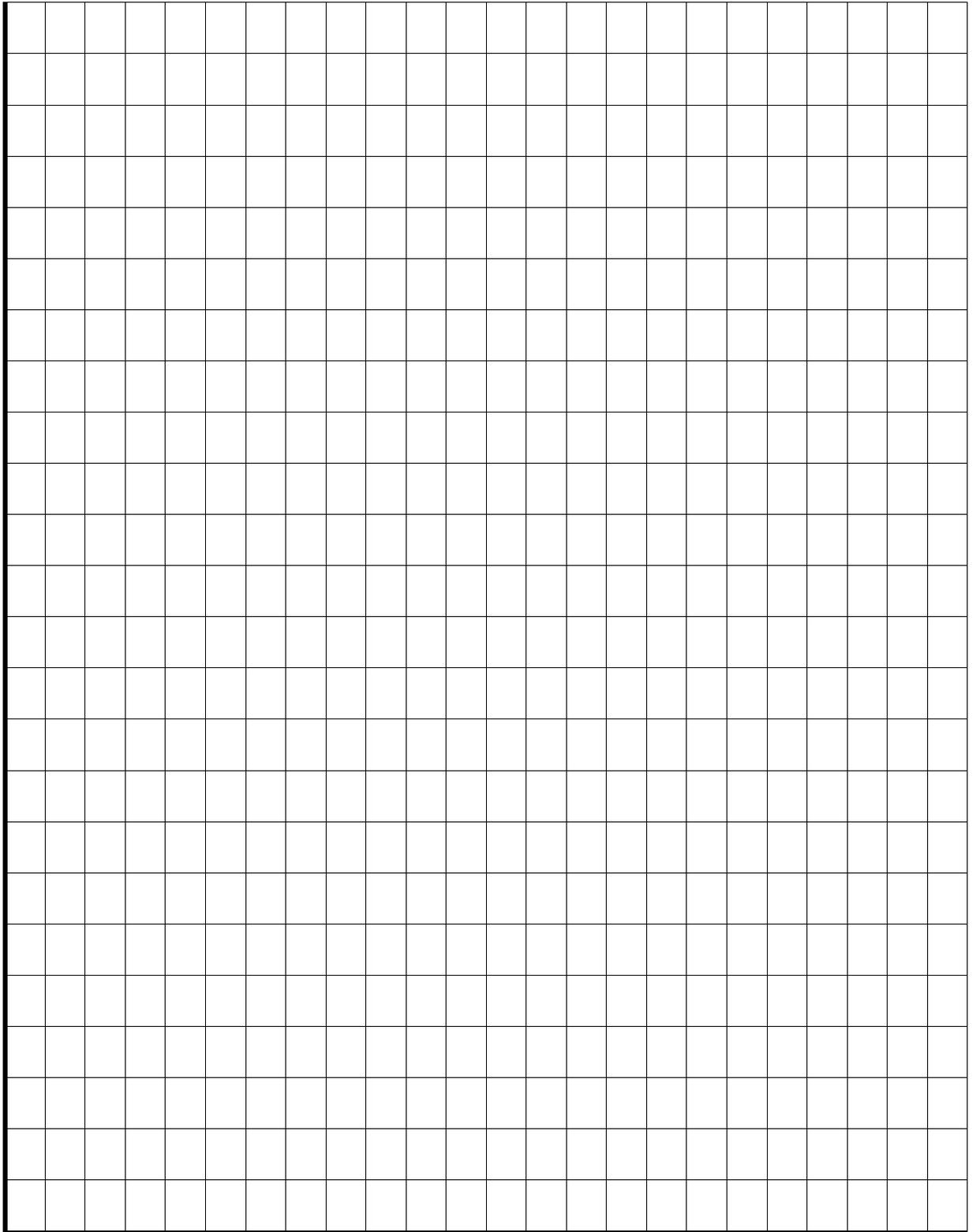
Цемент  
Песок  
Гравий  
Добавка  
Вода  
Всего

3.3.2 Результаты испытаний образцов-кубов бетонов заносятся в таблицу 3.3 и на рисунки 3.1 – 3.3.

3.3.3 Определяется влажность бетона, результаты заносятся в таблицу 3.4.

Таблица 3.4

Но- мер со- става	Масса, г					Влажность бетона, %
	поддона	до высушивания		после высушивания		
		поддона с бетоном	бетона	поддона с бетоном	бетона	

$R_6$ , МПа

Ц, кг

Рисунок 3.1 – Зависимость прочности бетона на сжатие от расхода цемента

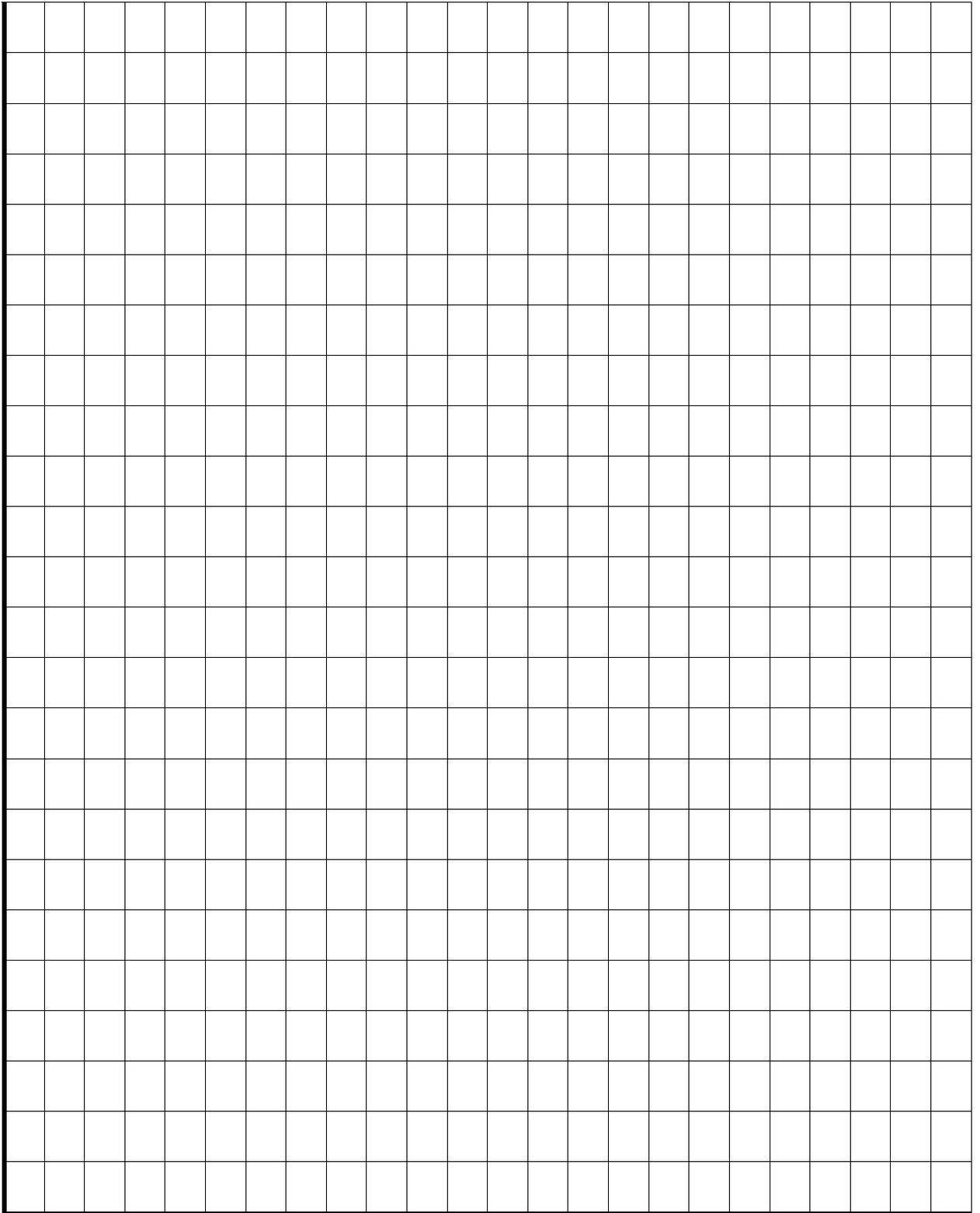
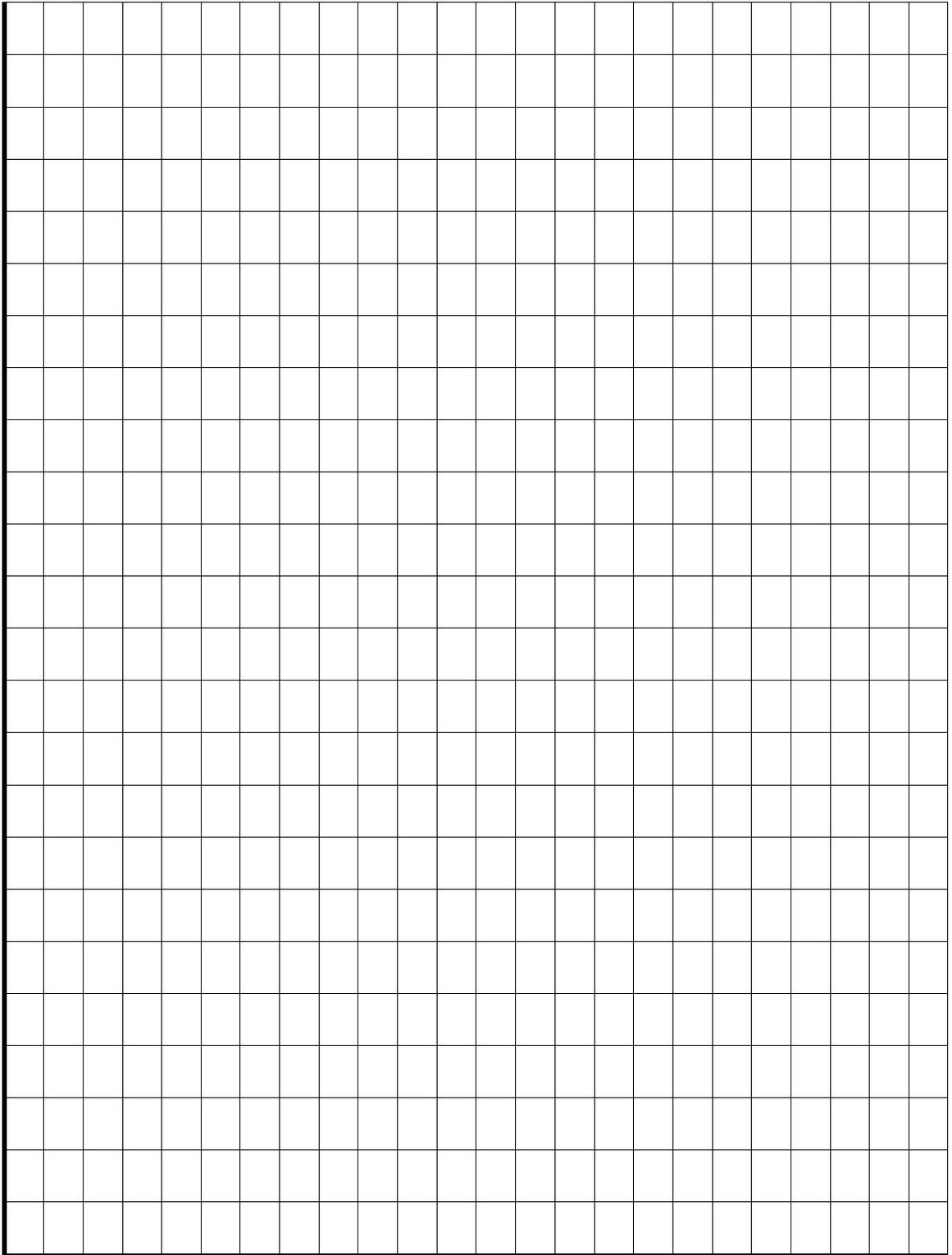
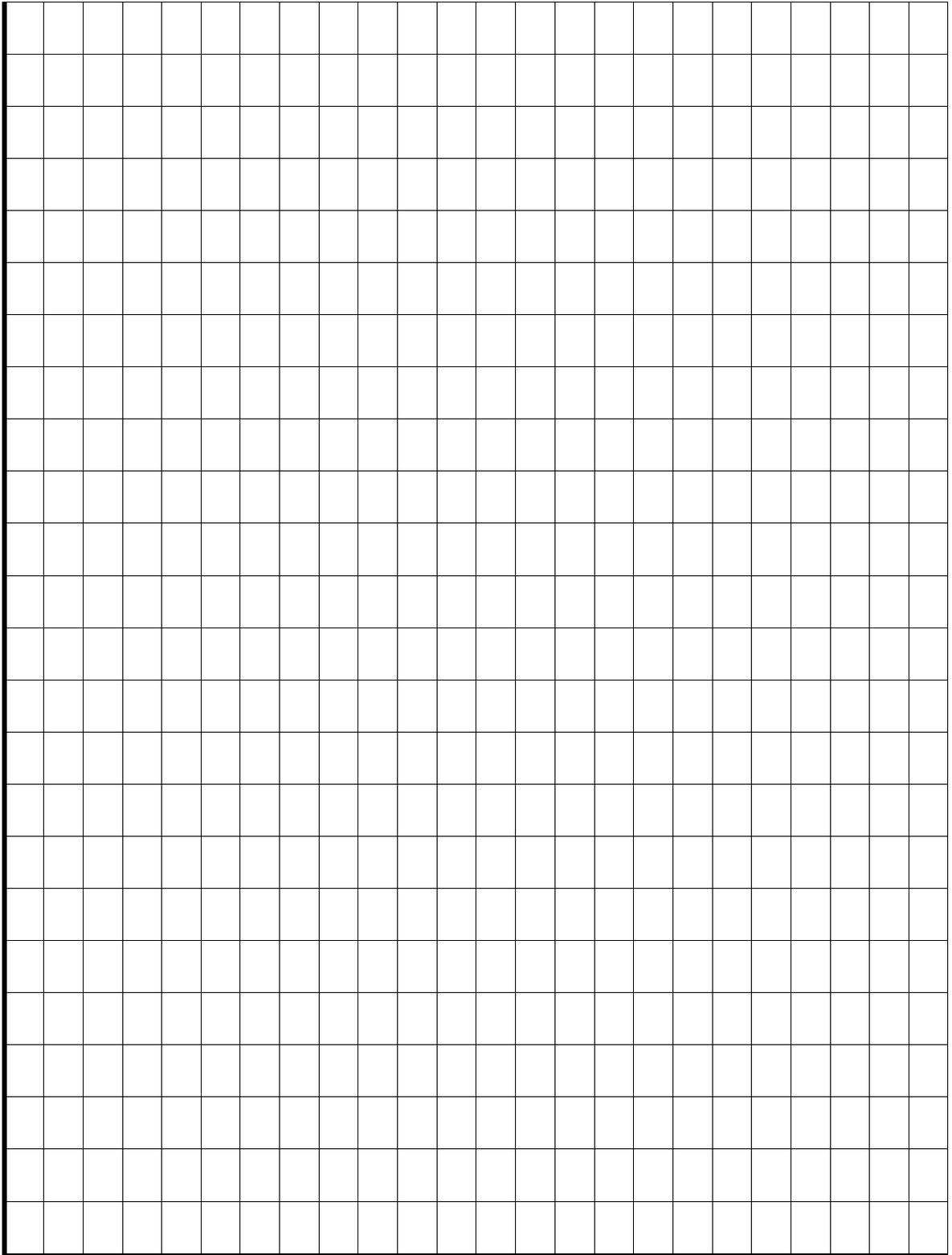
$R_6$ , МПа $\Gamma$ , кг

Рисунок 3.2 – Зависимость прочности бетона на сжатие от расхода гравия

$\rho, \text{кг/м}^3$ 

Ц, кг

Рисунок 3.3 – Зависимость средней плотности бетона от расхода цемента

$\rho, \text{кг/м}^3$ 

Г, кг

Рисунок 3.4 – Зависимость средней плотности бетона от расхода гравия

3.3.4 Определяются расходы материалов, обеспечивающие заданные свойства бетона, кг:

Ц =

К =

В =

П =

Всего

3.4 Заключение

---

---

---

---

---

Дата \_\_\_\_\_

Подпись студента \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

## Измерение жёсткости бетонной смеси

4.1 Составы бетонной смеси и результаты измерения жёсткости заносятся в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Составы и жёсткость бетонной смеси

Материал	Расчётный расход материала, кг		Жёсткость, с	
	на 1 м <sup>3</sup>	на 6 л	по прибору Вебе	по прибору Красного
Цемент				
Песок				
Щебень				
Вода в составе № 1 № 2 № 3				

## 4.2 Выводы по работе

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Дата \_\_\_\_\_

Подпись студента \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Исследование влияния доли песка в смеси  
заполнителей ( $r$ ) на свойства бетонной смеси и бетона

## 5.1. Задание

Исследовать влияние доли песка в смеси заполнителей ( $r$ ) на водопотребность бетонной смеси, расход цемента и прочность бетона.

## 5.2. Методика выполнения работы

Контрольный состав бетонной смеси (№ 1) задаёт преподаватель, на 1 м<sup>3</sup>:

Ц - \_\_\_\_\_ кг;

П - \_\_\_\_\_ кг;

Щ - \_\_\_\_\_ кг;

В - \_\_\_\_\_ л.

$r =$  \_\_\_\_\_.

Дополнительно рассчитываются \_\_\_\_\_ составов с различной  $r$  (таблица 5.1).

Во всех составах принимается постоянным \_\_\_\_\_.

Подвижность бетонных смесей ОК = \_\_\_\_\_ см.

Результаты замесов заносятся в таблицы 5.2 и 5.3.

Таблица 5.1–Расчёт составов бетонной смеси

Номер состава	<i>r</i>	В/Ц	Расход, кг/м <sup>3</sup>			
			Ц	П	Щ	В
1 (контроль-ный)						
2						
3						
4						
5						
6						

Таблица 5.2 – Результаты опытных замесов

Номер замеса	Материал	Расчётный расход материала, кг		Расход корректирующей добавки, кг	Фактический расход материала на замес, кг
		на 1 м <sup>3</sup>	на _____ л		
1	Цемент				
	Песок				
	Щебень				
	Вода				
	Всего				
2	Цемент				
	Песок				
	Щебень				
	Вода				
	Всего				
3	Цемент				
	Песок				
	Щебень				
	Вода				
	Всего				
4	Цемент				
	Песок				
	Щебень				
	Вода				
	Всего				
5	Цемент				
	Песок				
	Щебень				
	Вода				
	Всего				

Продолжение таблицы 5.2

Номер замеса	Материал	Расчётный расход материала, кг		Расход корректирующей добавки, кг	Фактический расход материала на замес, кг
		на 1 м <sup>3</sup>	на _____ л		
6	Цемент				
	Песок				
	Щебень				
	Вода				
	Всего				
7	Цемент				
	Песок				
	Щебень				
	Вода				
	Всего				
8	Цемент				
	Песок				
	Щебень				
	Вода				
	Всего				

Таблица 5.3 – Результаты определения фактической средней плотности бетонной смеси

Номер замеса	Масса, кг			Объём мерного цилиндра, л	Средняя плотность бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>	Фактический объём замеса, л
	мерного цилиндра	цилиндра с бетонной смесью	бетонной смеси			
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Таблица 5.4 – Фактические составы бетонной смеси(на 1 м³)

Номер состава	<i>r</i>	В/Ц	Расход, кг			Расход воды,	
			Ц	П	Щ	кг	% от контрольного
1 (контроль-ный)							
2							
3							
4							
5							
6							

5.3 Рассчитываются фактические расходы материалов на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси с учётом корректирующих добавок и фактической средней плотности бетонных смесей – таблица 5.4.

По результатам строится график зависимости водопотребности бетонной смеси от  $r$  (рисунок 5.1).

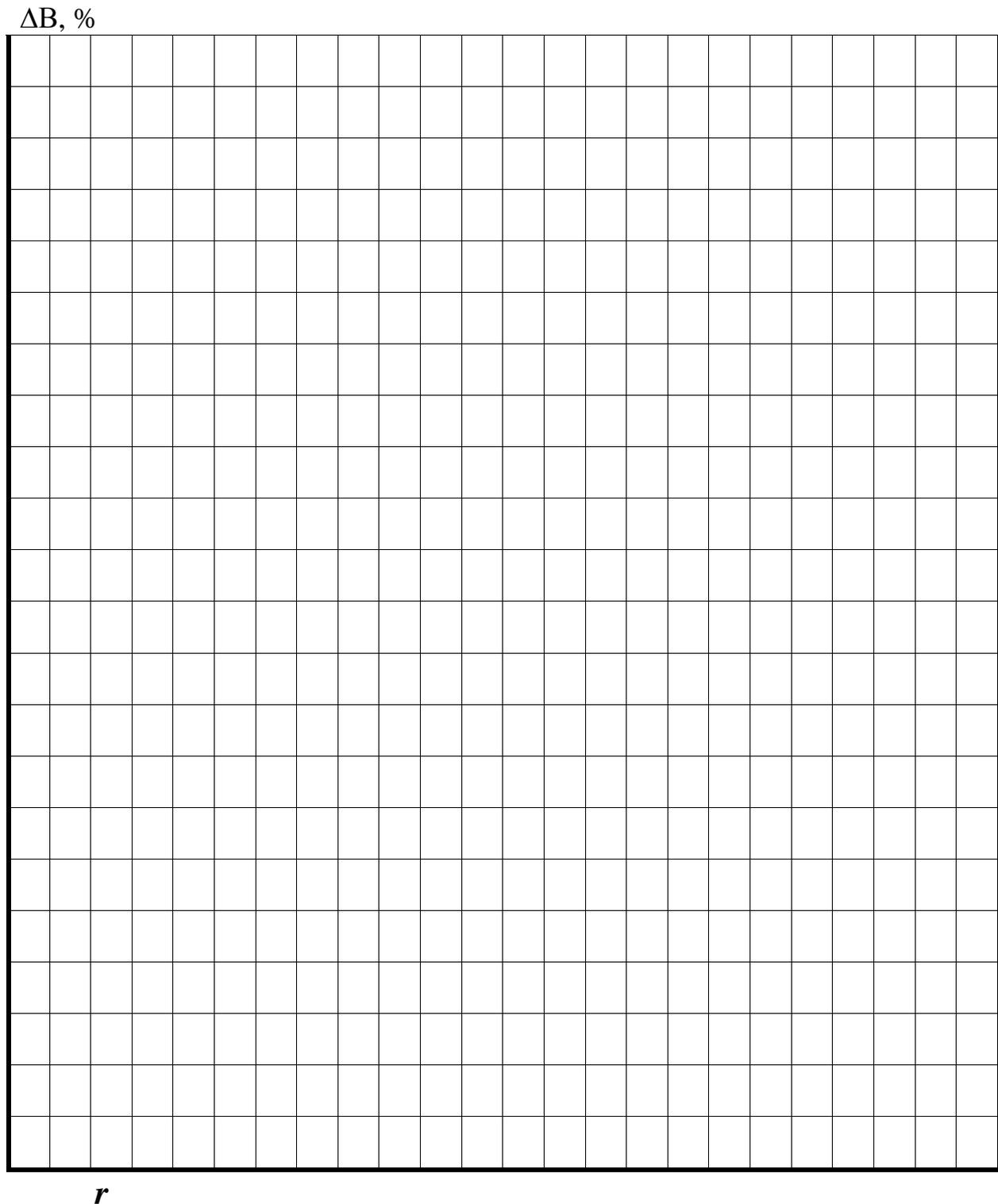


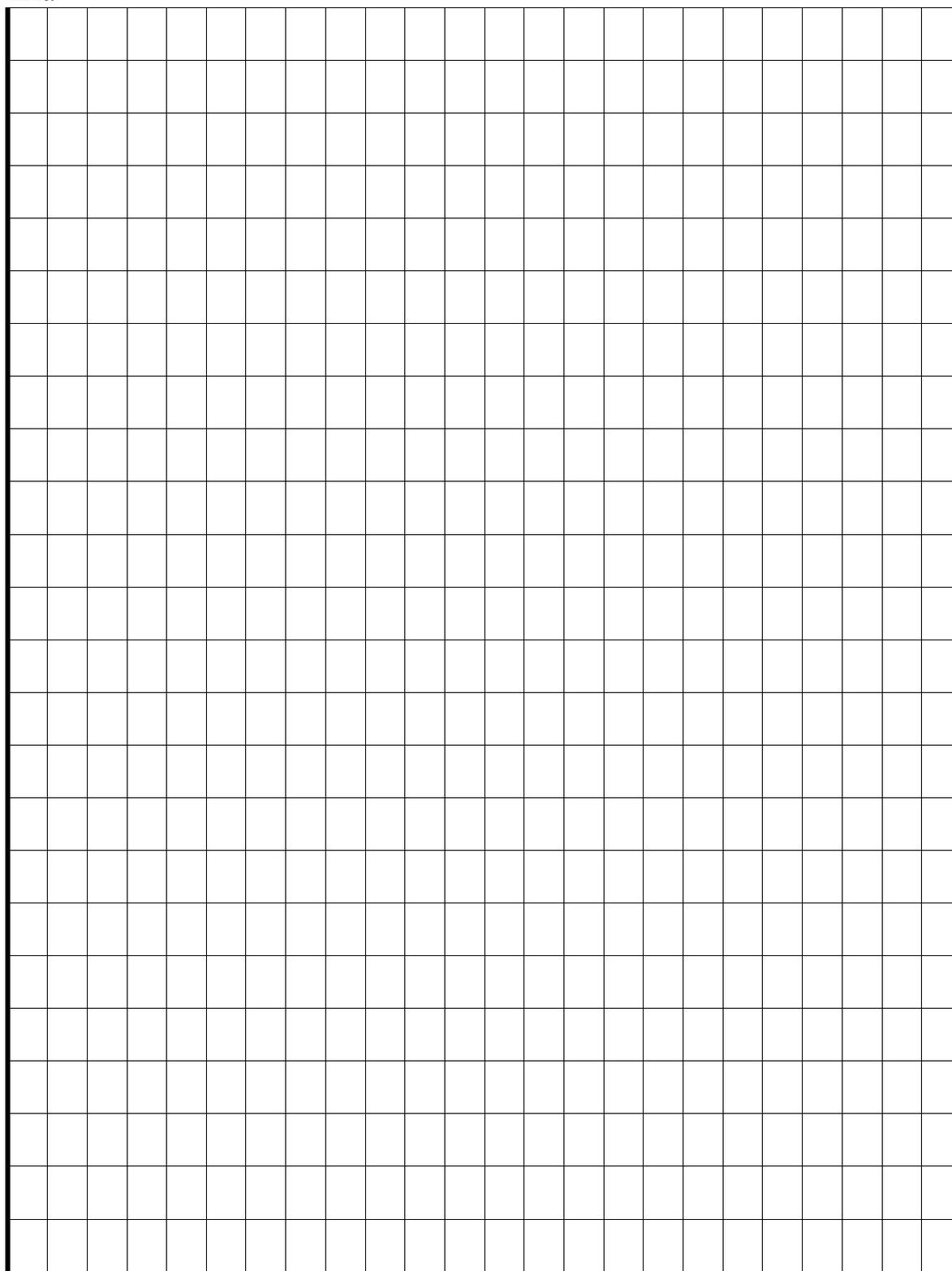
Рисунок 5.1 –





5.4 Результаты испытаний образцов-кубов бетонов заносятся в таблицу 5.5 и на рисунок 5.2.

$R_b$ , МПа



$r$

Рисунок 5.2 – Зависимость прочности бетона на сжатие от  $r$



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Исследование влияния химических добавок  
на свойства бетонной смеси и бетона

## 6.1 Задание

6.1.1 Определить группу пластифицирующей добавки \_\_\_\_\_

---

6.1.2 Исследовать влияние расхода добавки \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ на водопотребность бетонной смеси и на  
прочность бетона.

## 6.2 Определение группы пластифицирующей добавки

6.2.1 Состав контрольной бетонной смеси на 1 м<sup>3</sup>:

Ц – 350 кг;

П - \_\_\_\_\_ (650 – 850) кг;

Щ - \_\_\_\_\_ (950 – 1150) кг;

В (ориентировочно) - \_\_\_\_\_ л.

Состав бетонной смеси с добавкой \_\_\_\_\_

на 1 м<sup>3</sup>:

Ц – 350 кг;

П - \_\_\_\_\_ (650 – 850) кг;

Щ - \_\_\_\_\_ (950 – 1150) кг;

В (ориентировочно) - \_\_\_\_\_ л.

Доб - \_\_\_\_\_ кг (\_\_\_\_\_ % от массы цемента).

6.2.2 Состав контрольной бетонной смеси на замес объёмом \_\_\_\_\_ л (рекомендуется 6 л):

Ц – \_\_\_\_\_ кг;

П - \_\_\_\_\_ кг;

Щ - \_\_\_\_\_ кг;

В - \_\_\_\_\_ л.

Фактическая подвижность бетонной смеси ОК = \_\_\_\_\_ см.

6.2.3 Состав бетонной смеси с добавкой \_\_\_\_\_  
на замес объёмом \_\_\_\_\_ л:

Ц – \_\_\_\_\_ кг;

П - \_\_\_\_\_ кг;

Щ - \_\_\_\_\_ кг;

В - \_\_\_\_\_ л;

Доб - \_\_\_\_\_ кг.

Фактическая подвижность бетонной смеси ОК = \_\_\_\_\_ см.

Группа пластифицирующей добавки \_\_\_\_\_

---

6.3 Расчёт составов бетона с химической добавкой \_\_\_\_\_

---

Контрольный состав бетона (№ 1) назначается преподавателем.

Результаты расчётов заносятся в таблицу 6.1.

6.4. Результаты опытных замесов заносятся в таблицы 6.2 и 6.3.



Таблица 6.2 – Результаты опытных замесов

Но- мер за- ме- са	Материал	Расчётный расход мате- риала на _____ л, г	Расход корректирующей добавки, г	Фактический рас- ход материала на замес, г
1	2	3	4	5
1	Цемент			
	Песок			
	Щебень			
	Вода			
	Всего			
2	Цемент			
	Песок			
	Щебень			
	Вода			
	Добавка (раб. р-р)			
	Всего			
3	Цемент			
	Песок			
	Щебень			
	Вода			
	Добавка (раб. р-р)			
	Всего			
4	Цемент			
	Песок			
	Щебень			
	Вода			
	Добавка (раб. р-р)			
	Всего			

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4	5
5	Цемент			
	Песок			
	Щебень			
	Вода			
	Добавка (раб. р-р)			
	Всего			
6	Цемент			
	Песок			
	Щебень			
	Вода			
	Добавка (раб. р-р)			
	Всего			

Таблица 6.3 – Определение плотности бетонной смеси

Номер состава	Масса, г			Средняя плотность бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>	Фактический объём замеса, л
	мерного цилиндра (V= л)	мерного цилиндра с бетонной смесью	бетонной смеси		
1					
2					
3					
4					
5					
6					

6.4. Результаты расчёта фактических составов бетона заносятся в таблицу 6.4.

6.5. Результаты испытания образцов бетона на прочность в возрасте \_\_\_\_\_ сут заносятся в таблицу 6.5.



Таблица 6.4 – Фактические составы бетона

Номер соста- ва	Расход на 1 м <sup>3</sup> бетона, кг						
	Ц	П	Щ	В		Добавка	
				фактический	с учётом воды в рас- творе добавки	раствор	сухое вещ-во
1							
2							
3							
4							
5							
6							

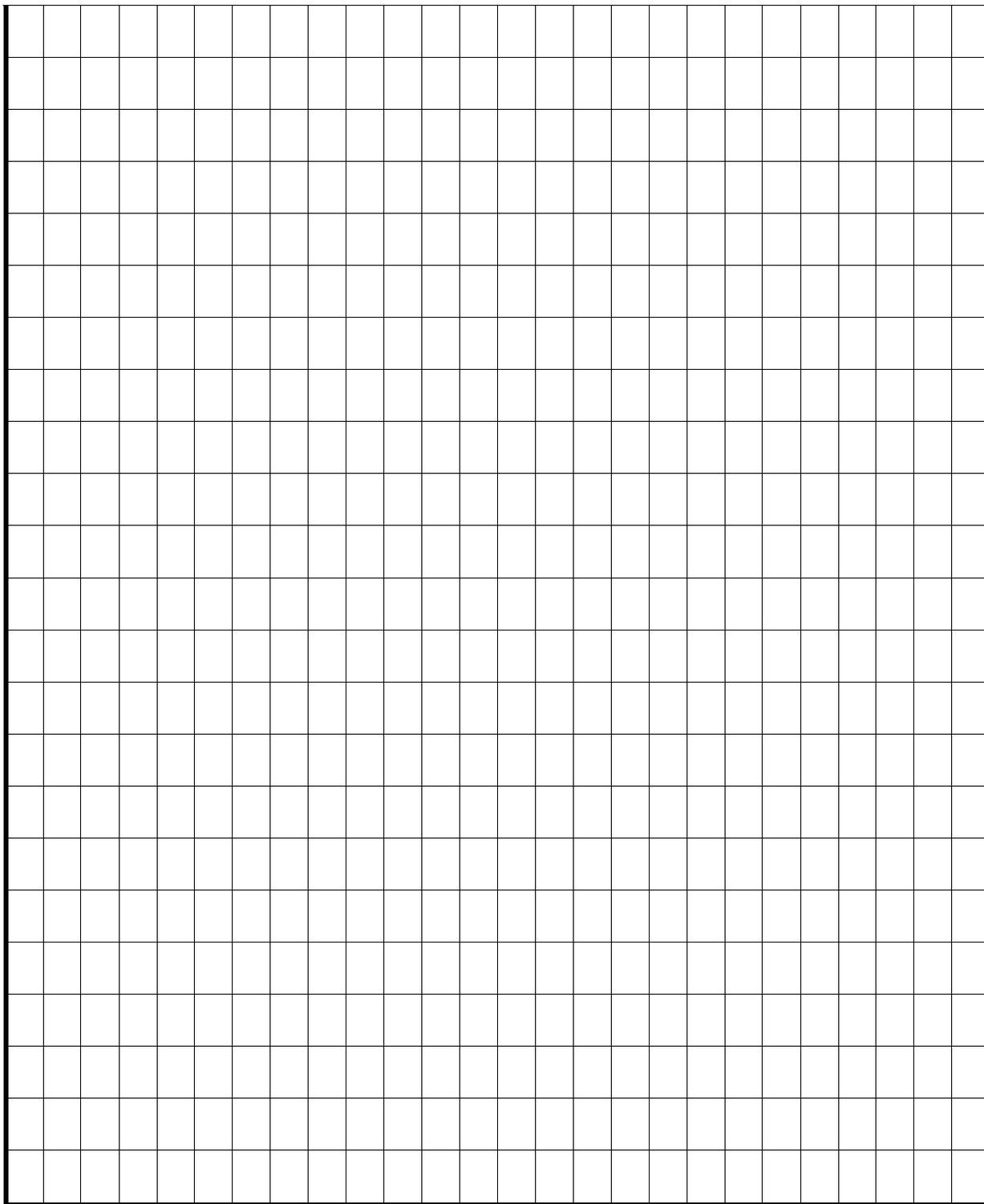
### 6.6. Обработка результатов испытаний

Результаты расчётов заносятся в таблицу 6.6 и на рисунки 6.1 – 6.3

Таблица 6.6 – Влияние добавки на водопотребность бетонной смеси, расход цемента и прочность бетона

Номер состава	Доб., % от Ц	$\Delta B,$		$\Delta R,$		$\Delta Ц,$	
		кг	%	МПа	%	кг	%
1	2	3	4	5	6	7	8
2							
3							
4							
5							
6							

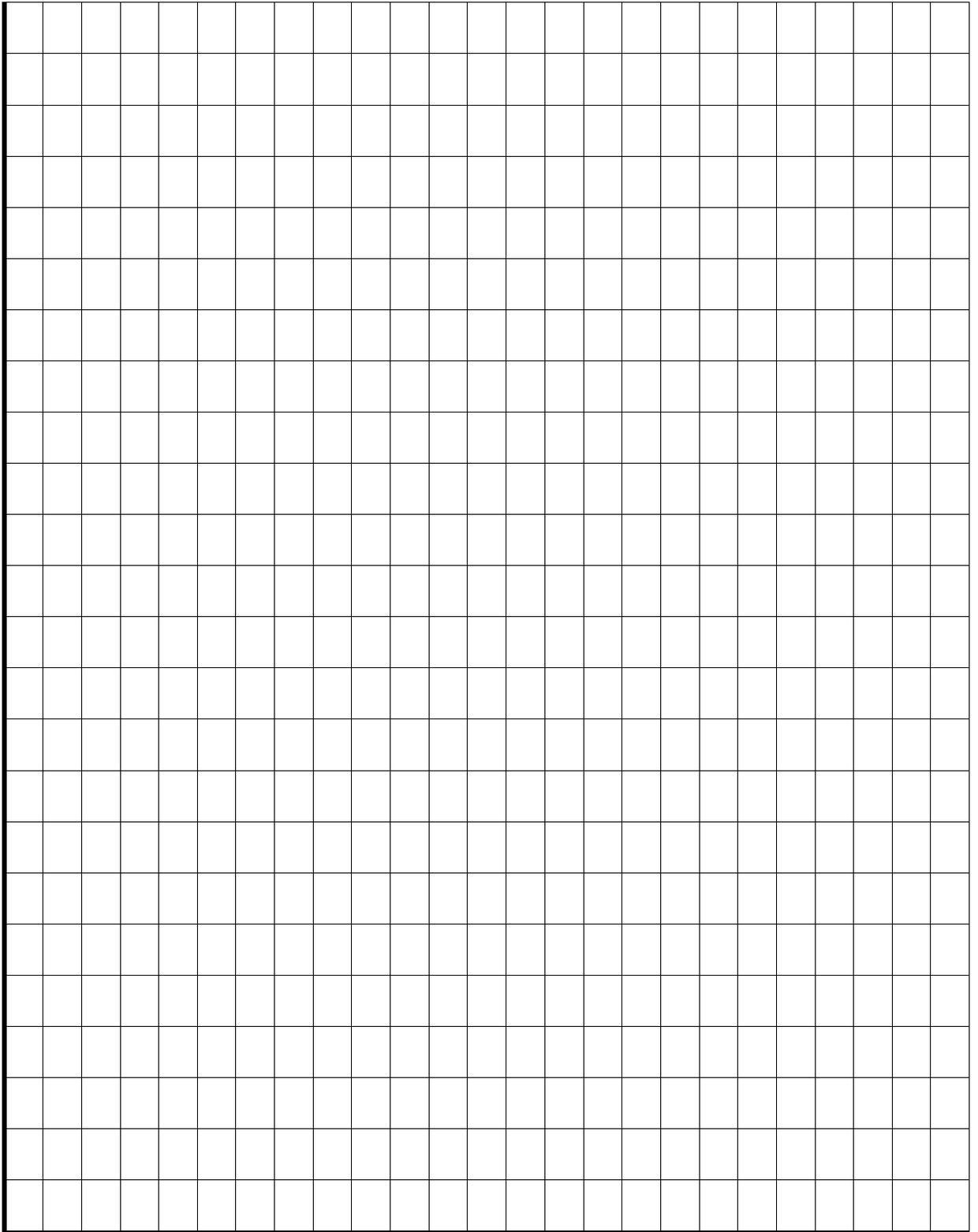
$\Delta B, \%$



Доб., % от Ц

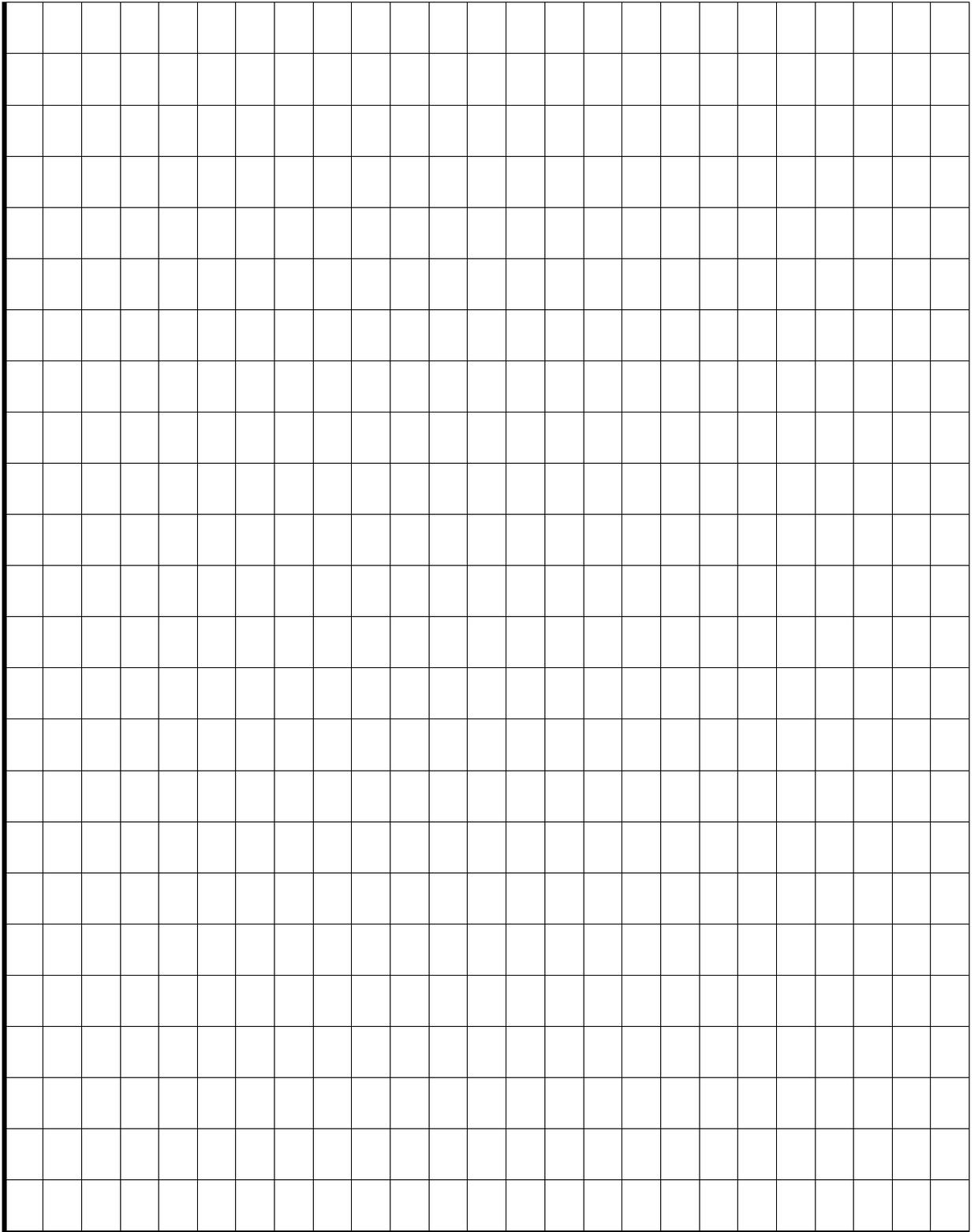
Рисунок 6.1 – Зависимость водопотребности бетонной смеси от расхода добавки

$\Delta Ц$ , кг (или В/Ц)



Доб., % от Ц

Рисунок 6.2 –

$R_6$ , МПа

Доб., % от Ц

Рисунок 6.3 – Влияние добавки на прочность бетона



Исаев Андрей Владимирович  
Никулин Виктор Тимофеевич

**Журнал лабораторных работ по курсу  
«Технология бетона, строительных изделий и  
конструкций» для студентов по направлению 270800.62 -  
Строительство**

---

Подписано в печать \_\_\_\_\_. Формат 60×90 1/16. Бумага газетная. Печать трафаретная.

Уч. изд. л. 2,5. Усл. печ. л. 3,4. Тираж 300 экз. Заказ № \_\_\_\_\_

---

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет,  
603950, Н.Новгород, Ильинская ул., 65.

---

Полиграфцентр ННГАСУ, 603950, Н.Новгород, Ильинская ул., 65