ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии»

Методические указания

для выполнения лабораторной работы №2 по дисциплине

«ТЕХНОЛОГИЯ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ БЕТОНА»

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

Автор
Шляхова Е.А.

Ростов-на-Дону, 2020

Аннотация

Методические указания содержат общие указания, задания для выполнения лабораторной работы, а также перечень рекомендуемой учебной литературы.

Предназначены для студентов заочной формы обучения направления 08.03.01 «Строительство» профиля «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»

Изложены различные методики определения физико-механических свойств пористых заполнителей, правила обработки и анализа результатов испытаний, требования нормативных документов, приведен способ обработки заполнителей с целью уменьшения их водопоглощения.

Автор

Доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии»
Шляхова Елена Альбертовна

Оглавление

	С.
Введение	**4**
Общие методические указания	**6**
1 Общие сведения	**8**
2 Экспериментальная часть	**11**
3 Определение прочности заполнителя испытанием в бетоне (по методике Ваганова-Ицковича)	**3**
4 Оценка влияния поверхностной обработки на свойства заполнителя и бетонной смеси	**36**
Список рекомендуемой учебной литературы	**39**

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина **«Технология заполнителей бетона»**, в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования к структуре основной образовательной программы подготовки бакалавра по направлению «Строительство», относится к базовой части профессионального учебного цикла и обеспечивает логическую взаимосвязь между дисциплинами всех учебных циклов.

Целью изучения дисциплины является формирование у бакалавра знаний о влиянии основных свойств заполнителей на свойства бетона и раствора, а также умений применять эти знания по выбору и использованию по назначению заполнителей в конкретных условиях производства.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

– грамотно использовать теоретические положения ранее изученных дисциплин всех учебных циклов основной образовательной программы;

– рационально и эффективно решать практические задачи в области технологии бетона и железобетона;

– правильно применять основные нормативные документы (государственные стандарты, своды правил, строительные нормы и правила, отраслевые нормы технологического проектирования и др.), регламентирующие технологию производства бетона и железобетона;

– грамотно выполнять и оформлять инженерно-технические и экономические расчеты;

– широко использовать мероприятия, направленные на экономию и рациональное использование энергетических и сырьевых ресурсов, а также на снижение трудоемкости производственных процессов.

Для преподавания дисциплины на кафедре предусмотрены традиционные технологии в рамках аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов.

Аудиторные занятия включают:

— лекции, на которых преподаватель раскрывает наиболее сложные вопросы дисциплины, дает рекомендации о том, каким образом студенты должны работать с рекомендуемой литературой;

— лабораторные работы, предназначенные для приобретения студентами навыков работы на лабораторном оборудовании, а также обработки полученных результатов.

Самостоятельная работа студентов заочной формы обучения включает в себя подготовку к защите лабораторных работ, курсового проекта и экзамену.

Лабораторная работа выполняется студентами после изучения теоретического материала и ответа на тестовые вопросы, приведенные в методических указаниях. По завершении лабораторной работы проводится собеседование с каждым студентом для оценки его компетентности по данной дисциплине.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Лабораторную работу до дисциплине «**Технология заполнителей бетона**» студенты заочной формы обучения по профилю «Производство строительных материалов, изделий и конструкций» направления «Строительство» выполняют и представляют для проверки в сроки предусмотренные учебным планом – в период между установочной и экзаменационной сессиями соответствующего семестра.

Лабораторную работу следует выполнять в соответствии с заданиями, установленными настоящими методическими указаниями.

Отчет по лабораторной работе следует оформлять рукописным способом в обычной ученической тетради с полями, объемом 12-14 страниц. Поля предназначены для возможных замечаний преподавателя, рецензирующего контрольную работу. К обложке тетради должен быть приклеен заполненный студентом ярлык, форма которого установлена и выдается деканатом инженерно-строительного факультета.

При написании отчета по лабораторной работе, рекомендуется руководствоваться конспектами лекций, а также учебниками, учебными пособиями и справочниками, список которых приведен в конце настоящих методических указаний. Студент также может самостоятельно выбирать учебную и справочную литературу или руководствоваться рекомендациями преподавателей, читающих лекции или проводящих лабораторные занятия и консультации.

При использовании Интернет-ресурсов следует отличать научно-техническую и рекламную информацию, и не приводить последнюю в ответах на вопросы.

Подготовленный отчет по лабораторной работе студент представляет для проверки на кафедру лично.

После рецензирования отчет по лабораторной работе с замечаниями преподавателя или без них возвращается студенту и подлежит защите, осуществляемой в форме устного собеседования в день, установленный для этого расписанием экзаменационной сессии.

Все замечания преподавателя должны быть устранены студентом до защиты отчета по лабораторной работе и письменно доработаны в конце тетради, в которой выполнена работа.

При возникновении затруднений в ходе составления отчета по лабораторной работе студентам рекомендуется обратиться за помощью к преподавателю. Для этого на кафедре предусмотрено проведение консультаций преподавателем, осуществляющим рецензирование и прием отчета. Даты и время проведения консультаций указываются в соответствующих графиках.

1 Общие сведения

1.1 Многообразие свойств бетонов в значительной мере определяется особенностями используемых заполнителей. Выбор рациональной области применения того или иного заполнителя зависит от комплекса его свойств: насыпной и истинной плотности зёрен, водопоглощения, прочности, зернового состава, формы зёрен, теплопроводности, стойкости к агрессивным воздействиям и других.

Необходимость проведения отдельных испытаний устанавливается нормативно-технической документацией (стандартами, техническими условиями и другими НТД) на конкретные виды заполнителей. Методы стандартных испытаний для пористых заполнителей определяются ГОСТ 9758 [2].

1.2 Одним из важнейших свойств пористого заполнителя является его прочность, которая находится в определенной связи с прочностью бетона. Если предел прочности пористого заполнителя выше заданной прочности бетона, то он не только снижает плотность бетона, но и в полной мере участвует в формировании его прочности. Если же предел прочности лёгкого пористого заполнителя ниже заданной прочности бетона, то его применение оправдывается только необходимостью снижения плотности бетона, при этом прочность бетона снижается.

Характеристика прочности пористого заполнителя необходима для определения рациональной области использования данного заполнителя в бетонах с различной прочностью.

1.3 Прочность пористого заполнителя оценивается марками по прочности П15-П400, которые определяются по пределу прочности при сдавливании в стальном цилиндре. Испытание заполнителя сдавливанием в цилиндре позволяет получить условную, заниженную характеристику прочности заполнителя, т.к. нагрузка при сдавливании передаётся не по всей площади

плунжера, а только через точки контакта. Поэтому для более полной и точной оценки прочности заполнители испытываются непосредственно в бетоне [2,3]. При этом определяется фактическая прочность заполнителя $R_з$ или марка заполнителя по прочности.

1.4 Пористые заполнители характеризуются высоким водопоглощением, что обусловлено развитой поверхностью и открытой пористостью зерен заполнителя.

Процесс поглощения воды заполнителем из бетонной смеси растянут во времени, трудно управляем и приводит к ухудшению удобоукладываемости бетонных смесей и усложнению процесса формования изделий. Кроме этого, высокое начальное водосодержание бетонных смесей является причиной повышенной остаточной влажности легкого бетона и снижения его теплофизических характеристик.

С целью снижения водопоглощения пористого заполнителя используется предварительная обработка поверхности заполнителя гидрофобизирующими веществами типа: Г-66, Типром Д, Wepost LUXE. В результате снижения водопоглощения повышается прочность и стойкость легкого бетона [3].

1.5 Цель работы – изучение основных характеристик керамзитового гравия и обеспечение эффективности его применения.

В лабораторной работе решаются основные задачи:

- определение основных свойств керамзитового гравия по ГОСТ 9758 [2];
- оценка прочности керамзита в бетоне по методике Ваганова-Ицковича [3];
- составление документа о качестве испытанного керамзитового гравия и определение рациональной области его применения;
- оценка влияния гидрофобизации на величину водопоглощения керамзитового гравия и водопотребность

бетонной смеси с использованием обработанного заполнителя.

Лабораторная работа носит комплексный характер, когда окончательный результат получается обобщением экспериментальных данных различных бригад и подгрупп. Каждая бригада выполняет часть работ по указанию преподавателя. По окончанию работ каждым студентом представляется индивидуальный отчет по всей работе.

1.6 Общие указания к выполнению работ.

В настоящей работе к испытаниям принят керамзитовый гравий фракций 5-10 мм и 10-20 мм.

Температура воздуха в помещении, в котором проводят испытания заполнителей, должна быть (25 ± 10) °С. Перед началом испытания заполнители и вода должны иметь температуру, соответствующую температуре воздуха в помещении.

За результат испытания принимают среднее арифметическое значение результатов параллельных определений, количество которых предусмотрено соответствующим методом.

Разность между отдельными определениями должна отвечать предусмотренной соответствующим методом, но не превышать ±5 % среднего значения этих определений.

2 Экспериментальная часть

2.1 Определение насыпной плотности керамзитового гравия

Насыпной плотностью заполнителя называют отношение его массы ко всему занимаемому объему, включая пространство между зернами.

2.1.1 Аппаратура:

-весы для статического взвешивания с ценой деления не более 1 г;

-комплект мерных цилиндрических сосудов;

-металлическая линейка;

-сушильный шкаф;

-совок.

2.1.2 Методика выполнения работы

Пробу заполнителя испытываемой фракции высушивают до постоянной массы. Высушенный до постоянной массы заполнитель высыпают в предварительно взвешенный мерный сосуд с высоты 100 мм над его верхним краем до образования над верхом сосуда конуса, который удаляют металлической линейкой вровень с краями сосуда (без уплотнения) и взвешивают.

Размер мерного сосуда и объем пробы для испытания принимают в зависимости от крупности заполнителя

2.1.3 Обработка результатов

Насыпную плотность заполнителя вычисляют как среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений, при проведении которых каждый раз используют новую порцию заполнителя.

Насыпную плотность заполнителя ($\rho_н$) в кг/м^3 вычисляют с точностью до 10 кг/м^3 по формуле:

$$\rho_н = \frac{m_1 - m_2}{V}, \qquad (1)$$

где m_1 - масса мерного сосуда с заполнителем, кг;

m_2 - масса мерного сосуда, кг;

V - объем мерного сосуда, м^3.

Результаты испытаний представляют в виде таблицы 1, марку определяют по ГОСТ 9757, таблица 2 [1].

Таблица 1 – Оценка марки керамзитового гравия

Фракция керамзита	Объем мерного сосуда, л	Масса мерного сосуда (m_2), кг	№ определения	Масса мерного сосуда с заполнителем (m_1), кг	Масса заполнителя, кг	Насыпная плотность $\rho_н$, кг/м^3	Среднее значение насыпной плотности, $\rho_н^{ср}$, кг/м^3	Марка заполнителя
5-10 мм	2		1					
			2					
10-20 мм	5		1					

Таблица 2 – Значения насыпной плотности для определения марки (ГОСТ 9757)

Марка по насыпной плотности	Насыпная плотность, кг/ м^3
1	2
250	До 250 включительно
300	Свыше 250 до 300 включительно
350	Свыше 300 до 350 включительно
400	Свыше 350 до 400 включительно
450	Свыше 400 до 450 включительно
500	Свыше 450 до 500 включительно

600	Свыше 500 до 600 включительно
700	Свыше 600 до 700 включительно
800	Свыше 700 до 800 включительно

2.2 Определение средней плотности зерен керамзитового гравия в кварцевом песке

Плотность зерен – отношение массы пробы сухого щебня или гравия к суммарному объему его зерен.

2.2.1 Аппаратура и материалы:

-электронные весы;

-электропечь с номинальной температурой 1100°С;

-стеклянный стакан;

-металлическая линейка;

-мерный стеклянный цилиндр вместимостью 10 и 25 см^3 с ценой деления 0,1- 0,2 см^3;

-кварцевый песок.

2.2.2 Методика выполнения работы

Метод основан на измерении объема зерен в более дисперсной сыпучей среде. Для этого используют стеклянный стакан, который заполняют прокаленным при температуре 900-1000 °С песком. Излишек песка снимают металлической линейкой. Примерно $^3/_4$ объема песка из стакана отсыпают на лист бумаги. Зерно керамзита предварительно взвешивают и затем опускают в стакан на оставшийся слой песка и засыпают песком с листа бумаги.

Излишек песка, равный объему зерна, металлической линейкой снимают на лист бумаги и определяют его объем в мерном стеклянном цилиндре вместимостью 10 см^3 с ценой деления 0,1- 0,2 см^3. Встряхивание стакана и цилиндра не допускается.

Каждое подготовленное к испытанию зерно (гранулу) взвешивают на электронных весах с погрешностью до 0,1 г.

2.2.3 Обработка результатов

Среднюю плотность зерен керамзита ($\rho_к$), в г/см^3 определяют делением массы зерна гравия на объем вытесненного им кварцевого песка и рассчитывают по формуле:

$$\rho_к = \frac{m_k}{V_k} \qquad (2)$$

где $\tau_к$ - масса зерна (гранулы), г;

$V_к$ - объем зерна (гранулы), см^3 (мл).

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение результатов параллельных испытаний трех зерен (гранул), результаты испытаний заносят в таблицу 3.

Таблица 3 - Определение средней плотности зёрен заполнителя

Фракция	№ определения	Масса зерна керамзита ($m_к$), г	Объем зерна $V_к$, см^3	Плотность зерна $p_к$, г/см^3	Среднее значение плотности зерна, $p_к^{ср}$, г/см^3
5-10 мм	1				
	2				
	3				
10-20 мм	1				
	2				
	3				

2.3 Определение истинной плотности керамзита

Истинная плотность – отношение массы измельченного в порошок пробы заполнителя к его абсолютному объему (без пор и пустот).

2.3.1 Аппаратура:

-пикнометр емкостью 100 см^3;

-электронные весы;

-стакан для взвешивания (бюкса);

-воронка;

-фарфоровая ступка с пестиком;

-песчаная баня для подогрева и выпаривания;

-сито №008;

дистиллированная вода.

2.3.2 Методика выполнения работы

Истинную плотность (без пор) определяют по объему дистиллированной воды, вытесняемой навеской испытуемого материала из пикнометра при кипячении.

Готовят пробы дробленого до крупности 1,25 мм керамзита и перемешивают, после чего отвешивают навеску массой 30 г. Навеску измельчают в фарфоровой ступке в порошок до полного прохождения через сито с сеткой № 008. Полученную пробу делят на две навески по 15 г.

Каждую навеску высыпают в чистый высушенный и предварительно взвешенный пикнометр с помощью воронки, после чего взвешивают пикнометр вместе с порошком. Затем в пикнометр наливают дистиллированную воду в таком количестве, чтобы он был заполнен не более чем на $^1/_2$ своего объема, после чего его ставят в слегка наклонном положении на песчаную или водяную баню и кипятят содержимое в течение 15 - 20 мин для удаления пузырьков воздуха. После удаления воздуха пикнометр обтирают, охлаждают до комнатной температуры, доливают до метки дистиллированной водой и взвешивают. Затем пикнометр освобождают от содержимого, промывают, наполняют до метки дистиллированной водой комнатной температуры, обтирают мягкой тканью и взвешивают.

2.3.3 Обработка результатов

Истинную плотность (ρ) в г/см^3 вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{(m_1 - m_2)\rho_{ж}}{m_1 - m_2 - m_3 - m_4}, \qquad (3)$$

где m_1 — масса пикнометра с навеской порошка, г;

τ_2 - масса пустого пикнометра, г;

τ_3 - масса пикнометра с дистиллированной водой, г;

τ_4 - масса пикнометра с навеской порошка и дистиллированной водой после удаления пузырьков воздуха, г;

$\rho_ж$ - плотность жидкости при 20 °С, г/см^3 (в случае применения дистиллированной воды $\rho_в$ = 1,0 г/см^3).

Результат испытания вычисляют как среднее арифметическое результатов двух определений. Расхождение между результатами двух параллельных определений не должно превышать 0,1 г/см^3.

Результаты испытаний заносят в объединенную таблицу 4.

Таблица 4 – Определение истинной плотности

№ определения	Масса пустого пикнометра m_2, г	Масса пикнометра с водой m_3, г	Масса пикнометра с навеской m_1, г	Масса пикнометра с навеской и водой m_4, г	Истинная плотность ρ, г/см^3	Среднее значение истинной плотности, $\rho_к^{ср}$, г/см^3

2.4 Определение объема межзерновых пустот и пористости зерен заполнителя

Пустотностью или *межзерновой пустотностью* заполнителя называют выраженное в процентах отношение объема межзерновых пустот ко всему объему, занимаемому заполнителем в свободной (без уплотнение) засыпке.

Объем межзерновых пустот (пустотность) определяют расчетом по данным о насыпной и средней плотности зерен заполнителя.

Пористость зерен – отношение суммарного объема всех пор в зерне заполнителя к объему зерна.

Пористость зерен определяют расчетом по данным об истинной и средней плотности зерен заполнителя.

2.4.1 Обработка результатов

Объем межзерновых пустот в керамзитовом гравии (щебне) $(V^{к}_{м.п})$ вычисляют по формуле:

$$V^{к}_{м.п} = \left(1 - \frac{\rho_н}{1000\rho_к}\right) \cdot 100; \%$$ (4)

где $\rho_н$ - насыпная плотность заполнителя в сухом состоянии, кг/м^3;

$\rho_к$ - средняя плотность зерен крупного заполнителя, г/см^3.

Пористость зерен керамзита $(V^{к}_{пор})$ и песка $(V^{п}_{пор})$, проценты по объему, вычисляют по формуле:

$$V^{к}_{пор} = \left(1 - \frac{\rho_к}{\rho}\right) \cdot 100; \%$$ (5)

где $\rho_к$ - средняя плотность зерен крупного заполнителя, г/см^3;

ρ - истинная плотность заполнителя, г/см^3.

2.4.2 Результаты испытаний приводят по нескольким бригадам и заносят в объединенную таблицу 5.

Таблица 5 – Расчетные значения объема межзерновых пустот и пористости зерен заполнителя

Показатель	Величина показателя				Среднее значение пустотности $V_{м.п.}^{к}$, %	Среднее значение пористости $V_{пор.}^{к}$, %
	Номер бригады					
	1	2	3	4		

Насыпная плотность $\rho_н$, кг/м^3					-	-
Плотность зерна $\rho_к$, г/см^3					-	-
Истинная плотность ρ, г/см^3					-	-
Пустотность запонителя,%						-
Пористость зерен,%					-	

2.5 Определение средней плотности зерен заполнителя в цементном тесте

При расчете состава бетона необходимо знать объем, который зерна заполнителя займут в бетоне. Если заполнитель имеет развитую поверхность зерен и открытую пористость, то объем зерна, определенный методом, описанным в п. 2.2 будет значительно больше, чем объем, который зерно займет в бетоне. Это связано с тем, что открытые поры заполнителя в бетоне заполнятся водой и цементом. В связи с этим, ГОСТ 9758 предусмотрена методика определения средней плотности зерен заполнителя в цементном тесте.

Сущность метода заключается в том, что среднюю плотность зерен крупного заполнителя определяют делением массы высушенной навески на ее объем, вычисленный по разности объемов бетонной и растворной смеси на кварцевом песке.

2.5.1 Аппаратура и материалы:

-весы для статического взвешивания;

-мерный стеклянный цилиндр вместимостью 1000 см^3;

-противень;

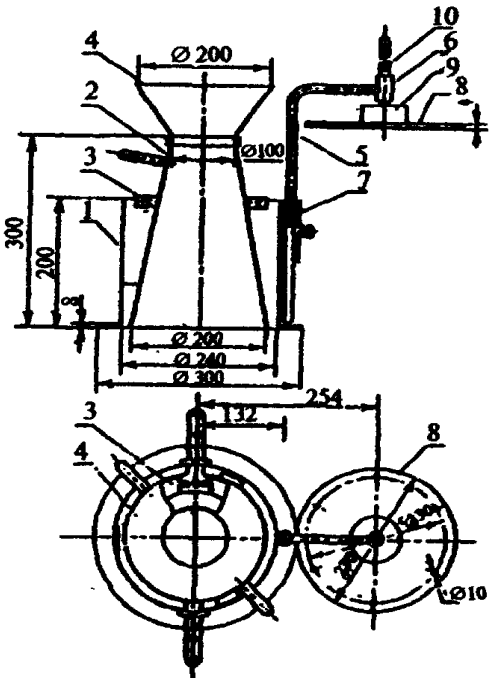
-виброплощадка;

-портландцемент и сухой кварцевый песок с модулем крупности 2-2,5.

2.5.2 Методика выполнения работы

От высушенной пробы керамзита отбирают навеску, равную 3,5 л, перемешивают на предварительно увлажненном противне с навеской цемента в количестве 1,7 кг и кварцевого песка в количестве 3,4 кг. В полученную смесь наливают воду до получения малоподвижной бетонной смеси жесткостью Ж1 (5-10) с по ГОСТ 7473 [4]. Количество воды затворения замеряют.

Жесткость бетонной смеси характеризуют временем вибрации в секундах, необходимым для уплотнения бетонной смеси. Для оценки жесткости используют установку для определения жесткости. Конус устанавливают в цилиндр и заполняют его бетонной смесью через воронку в три слоя одинаковой высоты. Каждый слой на его высоту уплотняют штыкованием металлическим стержнем 25 раз.



После уплотнения бетонной смеси воронку снимают, избыток смеси срезают кельмой вровень с верхними краями конуса, и заглаживают поверхность бетонной смеси.

Установку собирают и закрепляют на виброплощадке. Поворотом штатива *5* диск *8* (рисунок 1) устанавливают над отформованным конусом бетонной смеси и плавно опускают его до соприкосновения с поверхностью смеси.

Условные обозначения: 1-цилиндр с фланцем в основании; 2- конус; 3-кольцо-держатель с ручками; 4-загрузочная воронка;

5-штатив; 6- направляющая втулка; 7-фиксирующая втулка; 8-диск с шестью отверстиями; 9- стальная шайба; 10-штанга

Рисунок 1- Установка для определения жесткости бетонной смеси

Затем одновременно включают виброплощадку и секундомер и наблюдают за выравниванием и уплотнением бетонной смеси. Смесь вибрируют до тех пор, пока не начнется выделение цементного теста из любых двух отверстий диска *8.* Измеренное время в секундах характеризует жесткость бетонной смеси.

Перемешанную смесь выдерживают в течение 15 мин, а затем помещают в предварительно взвешенный сосуд емкостью 5 л. Смесь в сосуде уплотняют вибрированием в течение 30-60 с на виброплощадке.

Сосуд с уплотненной смесью взвешивают и определяют массу смеси в сосуде с погрешностью до 10 г и объем смеси в сосуде с погрешностью до 10 см^3 (мл). Для определения объема бетонной смеси, сосуд устанавливают на весы и доливают в него воду вровень с краями. Масса долитой воды составляет разницу между объемом 5 л и фактическим объемом бетонной смеси (плотность воды $\rho_в$ принимается равной 1г/см^3).

2.5.3 Обработка результатов

Среднюю плотность зерен крупного заполнителя в цементном тесте ($\rho_к^{ц.т}$) в г/см^3 вычисляют с точностью до 0,1 г/см^3 по формуле:

$$\rho_п^{ц.т} = \frac{\rho_{см} m_к}{M - \rho_{см}\left(\frac{m_ц}{\rho_ц} + \frac{m_{п.кв}}{\rho_{п.кв}} + m_в\right)}, \qquad (6)$$

где $\rho_{см}$ - плотность приготовленной смеси в уплотненном состоянии, г/см^3;

$m_к$ - масса испытуемого крупного заполнителя, кг;

$m_ц$ - масса цемента в замесе, кг;

$m_в$ - масса воды в замесе, кг;

$m_{п.кв}$ - масса кварцевого песка в замесе, кг;

M - суммарный расход всех материалов (включая воду) в замесе, кг;

$\rho_ц$ - плотность цемента, принимаемая равной 3,1 г/см^3;

$\rho_{п.кв}$ - плотность кварцевого песка, принимаемая равной 2,65 г/см^3.

Среднюю плотность зерен заполнителя в цементном тесте определяют как среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений. Результаты заносят в таблицу 6 и сравнивают с соответствующими значениями, определенными в п.2.2.

Таблица 6 - Определение средней плотности зерен заполнителя в цементном тесте

Фракция керамзита	Масса заполнителя $m_к$, кг	Масса воды, $m_в$, кг	Суммарный расход М, кг	Масса сосуда с бетонной смесью, кг	Масса бетонной смеси, кг	Объем бетонной смеси *V*,л	Плотность б. см. $\rho_{см}$ кг/ м^3	Средняя плотность зерен в ц.т., г/см^3
5-10 мм								
5-10 мм								
10-20 мм								
10-20 мм								

2.6 Определение водо- поглощения керамзита

2.6.1 Аппаратура:

-технические весы;

-мерные цилиндрические сосуды вместимостью 2 и 5 л;

-эксикаторы (4 штуки);

-сито с отверстием 5 мм из стандартного набора.

2.6.2 Методика выполнения работы

Метод основан на определении разности массы навески до и после насыщения ее водой. Пробу крупного заполнителя испытываемой фракции объемом 2 или 5 л (в зависимости от крупности заполнителя) высушивают до постоянной массы, делят пополам на две части и взвешивают каждую навеску.

Каждую навеску заполнителя помещают в отдельный эксикатор выдерживают в воде в течение 1 ч, после чего вынимают, выкладывают на сито и дают избыточной воде стечь в течение 5 мин. Далее пробу заполнителя взвешивают на технических весах.

2.6.3 Обработка результатов

Водопоглощение крупного заполнителя за 1 ч ($W'_{погл}$) *по массе* вычисляют по формуле:

$$W'_{погл} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100, \quad \% \qquad (7)$$

где τ_1 - масса сухой пробы заполнителя, г;

τ_2 - масса пробы заполнителя, насыщенного водой, г.

За результат испытания принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений.

Водопоглощение крупного заполнителя ($W_{погл}$) *по объему* вычисляют на основании предварительно установленного значения средней плотности зерен крупного заполнителя по формуле:

$$W_{погл} = W'_{погл} \frac{\rho_к}{\rho_в}, \quad \% \qquad (8)$$

где $\rho_к$ - средняя плотность зерен крупного заполнителя, г/см^3;

$\rho_в$ - плотность воды, равная 1 г/см^3;

$W'_{погл}$ - водопоглощение крупного заполнителя за 1 ч, %.

Результаты испытаний заносят в таблицу 7.

Таблица 7 - Определение водопоглощения керамзита

Фракция керамзита	Объем пробы, л	№ определения	Масса сухой пробы заполнителя m_1, г	Масса насыщенной пробы m_2, г	Водопоглощение по массе $W'_{погл}$,%	Водопоглощение по объему $W_{погл}$,%
5-10 мм	2	1				
		2				
		среднее				
10-20 мм	5	1				
		2				
		среднее				

2.7 Определение коэффициента формы зерен крупного заполнителя

Известно, что от формы зерен заполнителя и схемы их укладки в бетонной смеси зависит межзерновая пустотность заполнителя. В соответствии с действующим ГОСТ принято оценивать форму зерен заполнителей соотношением их размеров. Метод основан на определении наибольшего и наименьшего размеров зерна заполнителя с помощью формомера или штангенциркуля.

Коэффициент формы зерна вычисляют путем деления

наибольшего размера зерна на наименьший.

Коэффициент формы зависит от формы сырцовых гранул. Желательно в испытуемой пробе иметь содержание зерен с коэффициентом формы более 2,5 менее 15% по массе.

2.7.1 Аппаратура и материалы:

-штангенциркуль;

-керамзитовый гравий фракции 5-10 и 10-20 мм.

2.7.2 Методика выполнения работы

От пробы испытываемой фракции заполнителя отбирают 1 л и квартованием выделяют 15 зерен.

С помощью штангенциркуля определяют коэффициент формы каждого зерна. Для этого с погрешностью до 1 мм штангенциркулем измеряют наибольший и наименьший размеры каждого зерна. Затем вычисляют коэффициент формы ($K_ф$) для каждого зерна по формуле:

$$K_ф = \frac{D_{наиб}}{D_{наим}}, \qquad (9)$$

где $D_{наиб}$ - наибольший размер зерна, мм;

$D_{наим}$ - наименьший размер зерна, мм.

2.7.3 Обработка результатов

Коэффициент формы зерен крупного заполнителя ($K_{ф.к}$) вычисляют по формуле:

$$K_{ф.к} = \frac{\Sigma K_{фi}}{n}, \qquad (10)$$

где $K_{фi}$ - коэффициент формы i-го зерна;

n - число измеренных зерен.

Подсчитывают в процентах число зерен с коэффициентом формы более 2,5; результаты определений заносят в таблицу 8.

Таблица 8 – Оценка коэффициента формы

Наибольший размер зерна $D_{наиб}$, мм	Наименьший размер зерна $D_{наим}$, мм	$K_{фi}$	$K_{фк}$	Количество зерен с коэффициентом формы более 2,5, %

2.8 Определение прочности заполнителя сдавливанием в цилиндре

Предел прочности при сдавливании в цилиндре Rсд представляет условную характеристику прочности заполнителя, так как при сдавливании нагрузка передается фактически не на всю площадь сечения цилиндра, а только через отдельные точки контакта между зернами. Предел прочности при такой схеме испытания заполнителя значительно занижается, более достоверную оценку дает испытание заполнителя непосредственно в бетоне (п.2.9).

2.8.1 Аппаратура

-гидравлический пресс с максимальным усилием 50-250 кН (5-25 тс);

-стальной составной цилиндр;

-весы для статического взвешивания;

-металлическая линейка;

-совок.

2.8.2 Сущность метода

Из высушенной пробы испытываемой фракции отвешивают навеску, равную по объему 2 л, и совком насыпают ее с высоты 100 мм в стальной цилиндр с поддоном так, чтобы после разравнивания металлической линейкой верхний уровень заполнителя доходил до верхнего края цилиндра. Затем на цилиндр устанавливают пуансон.

Остаток заполнителя, не вошедший в цилиндр, взвешивают и по разности масс взятой навески и этого остатка определяют массу заполнителя в цилиндре. Деля полученную массу заполнителя на его объем в цилиндре (1770 см^3), определяют насыпную плотность заполнителя в цилиндре.

Отклонения полученных показателей насыпной плотности от насыпной плотности испытываемой фракции, определенной по методике, приведенной в п. 2.1, должно быть в пределах -6%...+1% (объем цилиндра равен 0,00177 см^3). Если разница превышает указанную, то повторно определяют насыпную плотность.

Прочность заполнителей при сдавливании в цилиндре определяют по нагрузке, соответствующей погружению плунжера на 20 мм в слой испытываемой пробы заполнителя.

2.8.3 Обработка результатов

Прочность при сдавливании заполнителя в цилиндре ($R_{сд}$) в МПа (кгс/см^2) вычисляют по формуле:

$$R_{сд} = \frac{P}{F}, \qquad (11)$$

где P - нагрузка при сдавливании заполнителя, соответствующая погружению плунжера до верхней риски, кгс;

F - площадь поперечного сечения цилиндра, равная 0,0177 м^2 (177 см^2).

Прочность заполнителя отдельной фракции при сдавливании в цилиндре вычисляют как среднее арифметическое зна-

чение результатов двух параллельных определений для каждой фракции заполнителя. Результаты заносят в таблицу 9.

Таблица 9 - Определение прочности керамзита сдавливанием в цилиндре

Фракция керамзита	Масса заполнителя $m_к$, кг	Насыпная плотность $\rho_н$, кг/м^3	Отклонение от $\rho_н$ по п.2.1	Площадь плунжера F, см^2	Нагрузка при сдавливании P, кгс	Прочность при сдавливании		Марка по прочности
						$R_{сд}$, кгс/см^2	Среднее значение $R_{сд}$, МПа	
5-10 мм				177				
				177				
10-20 мм				177				
				177				

Марку по прочности устанавливают по ГОСТ 9757, таблица 10, марке по плотности соответствует марка по прочности.

Марки по насыпной плотности	Марки по прочности	Прочность при сдавливании в цилиндре, МПа		Вывод о соответствии
		керамзитового гравия	керамзитового щебня	
1	2	3	4	5
250	П25	Свыше 0,5 до 0,7	-	
300	П35	Свыше 0,7 до 1,0	Свыше 0,5 до 0,6	
350	П50	Свыше 1,0 до 1,5	Свыше 0,6 до 0,8	
400	П50	Свыше 1,0 до 1,5	Свыше 0,8 до 1,2	

450	П75	Свыше 1,5 до 2,0	Свыше 0,8 до 1,2	

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5
500	П100	Свыше 2,0 до 2,5	Свыше 1,2 до 1,6	
600	П125	Свыше 2,5 до 3,3	Свыше 1,6 до 2,0	
700	П150	Свыше 3,3 до 4,5	Свыше 2,0 до 3,0	
800	П200	Свыше 4,5 до 5,5	Свыше 3,0 до 4,0	

*Примечание: Соотношение между маркой заполнителя по прочности и прочностью при сдавливании в цилиндре допускается уточнять на основании испытания в бетоне по ГОСТ 9758.

2.9 Определение марочной прочности керамзита в бетоне

Марочную прочность заполнителя в бетоне определяют с помощью номограмы (рисунок 2) по результатам определения прочности бетона строго определенного состава и прочности его растворной части. Методика испытаний предусмотрена ГОСТ 9758, для расчета состава бетона необходимо заранее определить среднюю плотность зерен испытываемого крупного заполнителя в цементном тесте по п.2.5 и водопоглощение крупного заполнителя за 1 ч по п.2.6.

2.9.1 Аппаратура и материалы:

-технические весы;

-сита с отверстиями 5, 10, 20 и 40 мм из стандартного набора;

-мерные цилиндры вместимостью 100, 250, 500, 1000 см^3;

-сетка с отверстиями размером 5х5 мм;

-противни;

-совок и мастерок;

-прибор для определения жесткости бетонной смеси;

-виброплощадка;

-формы для кубов размером 10х10х10 см;

-портландцемент и сухой кварцевый песок с модулем крупности 2-2,5.

2.9.2 Сущность метода

Для расчета расхода материалов на замес бетонной смеси принимают соотношение Ц:П = 1:1,5; объемную концентрацию крупного заполнителя равной 0,35; объем замеса – 8л. Расход материалов на замес рассчитывают по формулам:

$$Ц = \frac{V_б \rho_ц \rho_{п.кв}\left(0,65 - \frac{0,35 W_{погл} \rho_к}{100}\right)}{\rho_{п.кв.м} + 1,5\rho_ц + 0,35\rho_ц \rho_{п.кв}}; \quad (12)$$

$$П = 1,5Ц; \quad (13)$$

$$К = 0,35 V_б \rho_к; \quad (14)$$

$$В = 0,35Ц + \frac{W_{погл}}{100} К, \quad (15)$$

где $V_б$ - объем бетонной смеси, л;

$\rho_ц$ - плотность цемента, принимаемая равной 3,1 г/см^3;

$\rho_{п.кв}$ - плотность кварцевого песка, принимаемая равной 2,65 г/см^3;

$W_{погл}$ - водопоглощение крупного заполнителя в цементном тесте, принимаемое равным 0,4 W_1 для гравия, где W_1 - водопоглощение заполнителя за 1 ч по массе;

$\rho_к$ - средняя плотность зерен крупного заполнителя в цементном тесте, кг/л;

Ц,П,В,К - соответственно расход на замес цемента, песка, воды и керамзита, кг.

Перемешивание компонентов производят на поддоне в течение 5 мин, проверяют подвижность бетонной смеси (по осадке конуса), которая должна быть не менее 1-4 см. При меньшей

подвижности добавляют воду до получения требуемого значения.

Через 20 мин после приготовления замеса из части бетонной смеси изготавливают три образца размерами 10х10х10 см. Остальную часть бетонной смеси используют для получения растворной составляющей методом отсеивания.

Отсев производят на сетке с отверстиями размером 5 мм на стандартном вибростоле. Из полученного раствора изготавливают три образца размерами 10х10х10 см.

После уплотнения бетона формы взвешивают и с учетом фактических размеров образцов, определяют плотность бетона в свежеотформованном состоянии, затем изготовленные образцы не ранее чем через 6 ч пропаривают в лабораторной пропарочной камере в формах по режиму 4 + 4 + 16 (подъем температуры до (85 ± 2) °С, выдержка при этой температуре и медленное остывание при отключенной камере).

2.9.3 Обработка результатов

Пропаренные образцы испытывают на прочность при сжатии, полученные результаты умножают на коэффициент 0,95 для бетона, на 0,85 – для раствора. Результаты испытаний приводятся в таблице 11.

Таблица 11 – Характеристика состава бетона и раствора для определения марочной прочности керамзита

Расход материалов на замес, кг				Осадка конуса, см	Средняя плотность бет. смеси, кг/м^3	Фактический расход материалов на м^3 в кг				Прочность при сжатии, МПа		Марка
Ц	В	П	К			Ц$_ф$	В$_ф$	П$_ф$	К$_ф$	бетона $R_б$	раствора $R_р$	

По полученным значениям прочностей бетона ($R_б$) и раствора ($R_р$) по номограмме определяют марочную прочность заполнителя.

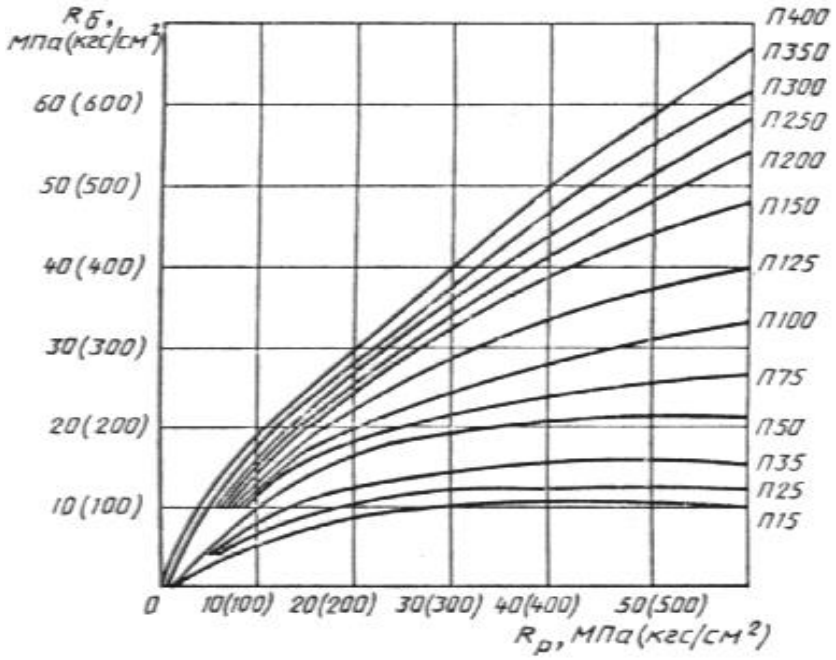


Рисунок 2 - Номограмма для определения марочной прочности заполнителя по прочности бетона и растворной части

$R_б$ - прочность бетона; $R_р$ - прочность раствора, отсеянного от бетона; П - марочная прочность заполнителя

По фактическому составу бетона определяют фактическую объемную концентрацию испытываемого пористого заполнителя ($\varphi_ф$) по формуле:

$$\varphi_ф = \frac{1000 - \left(\frac{Ц_ф}{\rho_ц} + \frac{П_ф}{\rho_п} + В_ф \right)}{1000}, \qquad (16)$$

где $Ц_ф$, $П_ф$, $В_ф$ — фактические расходы цемента, песка и воды, кг/м^3.

$\rho_ц$, $\rho_п$ — истинная плотность цемента, песка, кг/м^3.

Испытание признают удовлетворительным, если значение $\varphi_ф = 0{,}35^{+0{,}02}$.

2.10 Определение коэффициента размягчения заполнителя

Коэффициент размягчения крупного заполнителя определяют по соотношению прочности заполнителя в насыщенном водой состоянии и его прочности в сухом состоянии.

2.10.1 Аппаратура:

-сушильный электрошкаф;

-весы;

-стальной цилиндр;

-металлическая линейка;

-совок;

-гидравлический пресс с максимальным усилием 50-250 кН (5-25 тс).

2.10.2 Сущность метода

Пробу заполнителя испытываемой фракции высушивают до постоянной массы в электрошкафу и делят на две навески так, чтобы показатели насыпной плотности заполнителя в каждой навеске отличались между собой не более чем на 5 %. Одну из навесок заполнителя насыщают водой в течение 1 ч.

Затем испытывают заполнитель в сухом и в насыщенном водой состояниях испытывают на прочность по п.2.8.

2.10.3 Обработка результатов

Коэффициент размягчения ($K_р$) для крупного заполнителя в долях единицы вычисляют но формуле:

$$K_p = \frac{R'_{сд.з}}{R_{сд.з}}, \qquad (17)$$

где $R'_{сд.з}$ — прочность заполнителя в насыщенном водой состоянии, МПа (10 кгс/см^2);

$R_{сд.з}$ — прочность заполнителя в сухом состоянии, МПа (10 кгс/см^2), результаты заносят в таблицу 12.

Таблица 12 – Оценка коэффициента размягчения

Фракция керамрамзита	Объем пробы, л	Нагрузка при сдавливании пробы P, кгс		Прочность при сдавливании пробы $R_{сд}$, кгс/см^2		Среднее значение $R_{сд}$, МПа		Коэф. размягчения $K_р$
		сухой	насыщен.	сухой	насыщен.	сухой	насыщен.	
5-10 мм	4							
10-20 мм	4							

2.11 Составление документа о качестве (паспорт качества)

Каждую партию гравия, щебня и песка сопровождают документом о качестве.

Форма документа о качестве

_____

(товарный знак изготовителя)
(наименование и адрес изготовителя)

_____

(наименование продукции по ГОСТ 9757-90, номер сертификата соответствия для сертифицированного заполнителя)

ПАРТИЯ №_____дата выдачи_____

Отгружена _____

(дата отгрузки, номера вагонов или наименование судна)

Количество в партии _____

Наименование и адрес потребителя_____

Зерновой состав _____

Марка по насыпной плотности_____

Марка по прочности_____

Значение удельной эффективной активности естественных

радионуклидов_____

Гарантийный срок, сут _____

(знак контроля)

3 Определение прочности заполнителя испытанием в бетоне (по методике Ваганова-Ицковича)

3.1 Эта методика испытаний позволяет оценить эффективность применения заполнителя в бетонах той или иной заданной прочности и даёт возможность найти фактический предел прочности заполнителя $R_з$.

Методика изготовления образцов бетона и раствора аналогична описанной в п. 2.6. Опытные замесы рекомендуется готовить четырёх составов с тем, чтобы прочность растворной части бетона была различной. Это достигается варьированием соотношения цемента и песка от 1:2 до 1: 0. Крупный заполнитель дозируется по объёму, остальные компоненты - по массе. Количество воды на замес подбирается из условия получения бетонной смеси с осадкой конуса 2-3 см.

Объём замеса составляет 7-8 л, расход материалов приведён в таблице 13. После выдерживания бетонной смеси в течение 20 мин из неё формуется по три образца размерами 10x10x10 см и по три образца из отсеянного раствора размерами 7,07x7,07x7,07 см, которые пропариваются по режиму 4+4+16(ч) при температуре изотермического прогрева (85+2) °С или твердеют 28 суток в нормальных условиях.

3.2 Результаты испытания образцов представлены в таблице 13.

Таблица 13 - Характеристика составов бетона и раствора для испытания керамзитового гравия

№ со-	Ц:П	Расход материалов на замес	Осад-ка	Прочность при сжатии, МПа

ства		Цемент, кг	Вода, л	Песок, кг	Керам-зит, л	кону-са, см	бетона $R_б$	раствора $R_р$
1	1:2	3		6	7			
2	1:1,2	4		5	7			
3	1:0,8	5		4	7			
4	1:0	9		0	7			

По результатам прочностных испытаний строится график зависимости прочности бетона от растворной составляющей, рисунок 3.

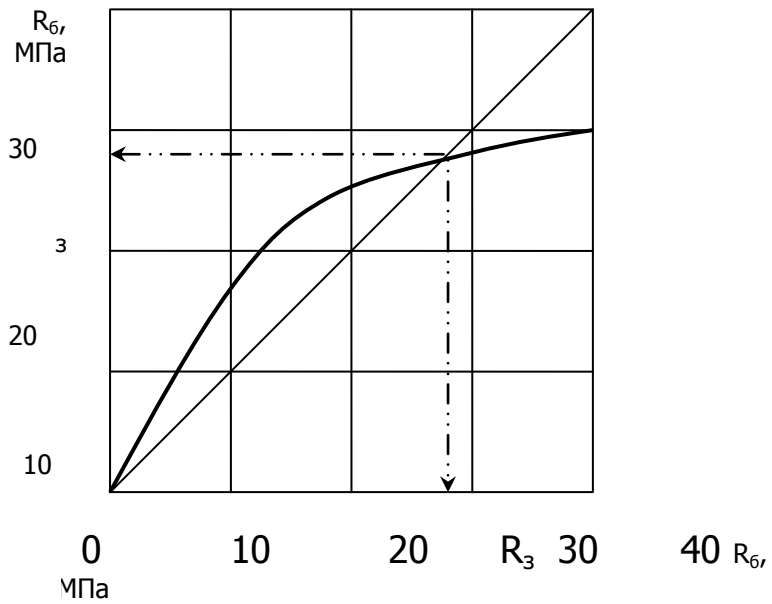


Рисунок 3 - Зависимость прочности керамзитобетона от прочности растворной части

Диагональная прямая на данном графике является линией равной прочности бетона и раствора. Если опытные точки лежат выше этой линии, то прочность керамзитобетона больше прочности растворной части бетона. Если же опытные точки прочности бетона расположены ниже диагонали, то прочность бетона меньше прочности растворной части, т.е. использование пористого заполнителя ослабляет бетон. Пересечение экспериментальной кривой с диагональю даёт точку равной прочности бетона и раствора, следовательно, и фактический предел прочности заполнителя $R_з$.

4 Оценка влияния поверхностной обработки на свойства заполнителя и бетонной смеси

4.1 Оценку влияния вида и концентрации пропиточных составов на водопоглощение керамзитового гравия производят при изменении концентрации ПАВ в интервале 0,1... 1,0%, расход состава для всех концентраций принимают постоянным - 30% от объёма обрабатываемого заполнителя. Вид поверхностно активных веществ и объём проб заполнителя принимают по указанию преподавателя. Определение водопоглощения через заданные промежутки времени (таблица 14) производят по методике, изложенной в п.2.6.

Пропиточные составы наносят на керамзитовый гравий путём опрыскивания, гравий перед обработкой нагревают до температуры 120... 150 ^{0}С, при этом вода интенсивно испаряется и на зёрнах керамзита образуется тонкая плёнка ПАВ [5]. Результаты опытов приводят в таблице 14.

Таблица 14 - Влияние обработки на водопоглощение керамзитового гравия фракции....мм

Вид ПАВ	Концентрация ПАВ, %	Масса сухой пробы заполнителя τ_1, кг	Масса насыщенной пробы τ_2, кг, через ч				Водопоглощение по массе $W'_{погл}$,%, через ч			
			0,5	1,0	3,0	24	0,5	1,0	3,0	24
	0									
	0,1									
	0,5									
	1,0									

По данным таблицы 14 сделать вывод о влиянии концентрации добавок на кинетику водопоглощения.

4.2 Для оценки влияния поверхностной гидрофобизации керамзита на водопотребность бетонной смеси приготавливают

бетонные смеси на обработанном керамзитовом гравии. Расходы цемента, песка, и керамзита для всех составов постоянные : Ц=230 кт/м^3; П=350 кт/м^3; К=520 кт/м^3; а расход воды в каждом составе подбирают из условия получения равной удобоукладываемости. Удобоукладываемость должна быть такой, чтобы обеспечивалась комкуемость смеси, не оставляющей следов на руке при ее сжатии. Из каждого состава керамзитобетонной смеси изготавливают по три образца-куба с ребром 10 см.

По результатам подбора составов и испытаниям образцов (таблица 15) делают вывод об изменении водопотребности бетонной смеси и прочности керамзитобетона на обработанном заполнителе.

Таблица 15- Влияние гидрофобизации керамзита на свойства бетонной смеси

Состав	Вид, концентрация ПАВ	Расход материалов на замес, кг				Средняя плотность бет. смеси, кг/м^3	Расход материалов на1 м^3, кг				Прочность при сжатии бетона $R_б$,МПа
		Ц	В	П	К		Ц	В	П	К	
контрольный											
1-Д											
2-Д											

Список рекомендуемой учебной литературы

Основная литература

1. Баженов, Ю. М. Технология бетона, строительных изделий и конструкций: Учебник для студентов вузов, обучающихся по спец. "Производство строит. материалов, изделий и конструкций" направ. подготовки диплом. спец. "Стр-во" М.: АСВ, 2006
2. Баженова, С.И., Баженова, О.Ю. Заполнители для бетона: учебно-методическое пособие Москва: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2017, ЭБС
3. Несветаев, Г.В., Давидюк, А.Н.Эффективные стекловидные пористые заполнители и бетоны на их основе: монография Ростов н/Д.: РГСУ, 2012, ЭБС

Ковалев, Я. Н. Строительные материалы. Лабораторный практикум: Учеб.-метод. пособие для студентов спец. 1-70 03 01 "Автомобил. дороги" и 1-70 01 02 "Мосты, транспортные тоннели и метрополитены" М.: ИНФРА-М, ЭБС

Дополнительная литература

1. Невский, В. А, Строительное материаловедение: учебное пособие Ростов н/Д.: Феникс, 2009
2. Петров, В.П., Макридин, Н.И. Пористые заполнители и легкие бетоны: Материаловедение. Технология производства; учебное пособие Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2009, ЭБС

Интернет – источники

1. Электронная библиотечная система ZNANIUM.COM [www.znanium.com]
2. ЭБС «Лань» [https://e.lanbook.com]
3. Электронно-библиотечная система НТБ ДГТУ [https://ntb.donstu.ru/ebsdstu]