

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

**«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра технологии строительных материалов,
изделий и конструкций

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторно-практических работ по дисциплине

«Структура и свойства цементного бетона и его компонентов»

для студентов по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» по программе
магистратуры «Инновационные технологии высокопрочных и
высокофункциональных бетонов»

**Квалификация (степень) выпускника
Магистр**

Казань - 2017

Составители: Красникова Н.М., Морозов Н.М., Хозин В.Г.

УДК 666.982

ББК 38.33

М80

М80 Методические указания к выполнению лабораторно-практических работ по дисциплине «Структура и свойства цементного бетона и его компонентов» для студентов по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» по программе магистратуры «Инновационные технологии высокопрочных и высокофункциональных бетонов»/ Сост.: Красникова Н.М., Морозов Н.М., Хозин В.Г.. Казань: КГАСУ, 2017. - 43 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета.

В учебно-методическом пособии приводятся основные сведения о свойствах и структуре бетона, а также методы их оценки.

Табл. 16, Рис.18, Библиогр.: 24 назв.

Рецензент: генеральный директор ООО «ИнжЦ «Стройхимкомпозит»,
к.т.н. Богданов А.Н.

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2017 г.

ВВЕДЕНИЕ

Бетон является главным наиболее распространенным строительным материалом, он широко используется для создания и улучшения окружающей среды. Именно поэтому принято считать, что бетон материал, определяющий уровень развития цивилизации. При этом, он играет и важную роль в формировании эстетически привлекательной и здоровой среды обитания и жизнедеятельности человека. А его экологическая функция “поглотителя” производственных отходов чрезвычайно велика.

Лабораторно-практические работы по дисциплине «Структура и свойства цементного бетона и его компонентов» предназначены для студентов по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» по программе магистратуры «Инновационные технологии высокопрочных и высокофункциональных бетонов».

Основной целью работ является более углубленное изучение отдельных вопросов курса применительно к данной специальности и приобретение навыков проведения исследовательских работ по изготовлению бетона оптимальной структуры и оценке свойств бетона.

ЛАБОРАТОРНО- ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ БЕТОНА ОТ ВОДОПОТРЕБНОСТИ СМЕСИ

1. Изменение свойств бетона при изменении водоцементного отношения

Для правильного определения состава бетона важно знать, как зависит его прочность от качества цемента и заполнителей, соотношения между составляющими и прочих факторов. Прочность бетона в определенный срок при твердении в нормальных условиях зависит главным образом от прочности (активности) цемента и водоцементного отношения.

Под водоцементным отношением понимают отношение массы воды к массе цемента в свежизготовленной бетонной смеси, причем учитывают только свободную, не поглощенную заполнителем воду. Прочность бетона повышается с увеличением прочности цемента или уменьшением водоцементного отношения. Эта зависимость может быть выражена формулой

$$R_b = R_c / A(V/C)^{1/2},$$

где R_b – прочность бетона после 28 сут. нормального твердения; R_c – активность цемента; A – коэффициент, учитывающий влияние других факторов; V/C – водоцементное отношение.

Зависимость прочности бетона от водоцементного отношения вытекает из физической сущности формирования структуры бетона и графически изображается в виде гиперболических кривых (рис.1). Как известно, цемент при твердении в зависимости от качества и срока твердения присоединяют всего 15-25% воды от массы цемента. В настоящее время для придания бетонной смеси пластичности в бетон добавляют значительно больше воды (40-70% от массы цемента, $V/C=0,4-0,7$), т.к. при $V/C=0,2$ бетонная смесь является почти сухой и ее нельзя качественно перемешать и уложить. Избыточная вода, не вступающая в химические реакции с цементом, остается в бетоне в виде водяных пор и капилляров или испаряется, оставляя воздушные поры.

В обоих случаях бетон будет ослаблен наличием пор, и чем больше их, т.е. чем больше V/C , тем ниже прочность бетона. Таким образом, закон водоцементного отношения по существу, выражает зависимость прочности бетона от плотности или пористости.

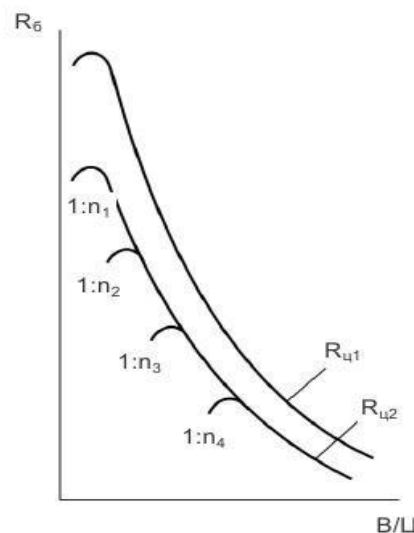


Рис.1. Зависимость прочности бетона от V/C и R_c ; $1:n_i$ – отношение массы цемента к массе заполнителя; $R_{ц1} > R_{ц2}$

Путем обобщения опытных данных выведена единая формула с усредненными коэффициентами

$$R_6 = 0,56R_{ц} / (\text{Ц}/\text{В} - 0,5).$$

При $\text{Ц}/\text{В}$ свыше 2,5 прямолинейная зависимость между прочностью бетона и $\text{Ц}/\text{В}$ нарушается. Действительные значения прочности получаются ниже расчетных. Так, при $\text{Ц}/\text{В}=3,33$ ($\text{В}/\text{Ц}=0,3$) среднее снижение прочности составило 12%.

Для практических целей удобна зависимость $R_6=f(\text{Ц}/\text{В})$ при $\text{Ц}/\text{В}>2,5$ принимать прямолинейной, но с меньшим углом наклона прямой, чем при $\text{Ц}/\text{В}<2,5$. Для практических целей кривую (рис.2.) можно заменять двумя прямыми и для расчета состава бетона использовать две эмпирические формулы:

для бетонов с $\text{В}/\text{Ц} \geq 0,4$ ($\text{Ц}/\text{В} \leq 2,5$)

$$R_6 = AR_{ц} / (\text{Ц}/\text{В} - 0,5).$$

для бетонов с $\text{В}/\text{Ц} \leq 0,4$ ($\text{Ц}/\text{В} \geq 2,5$)

$$R_6 = AR_{ц} / (\text{Ц}/\text{В} + 0,5).$$

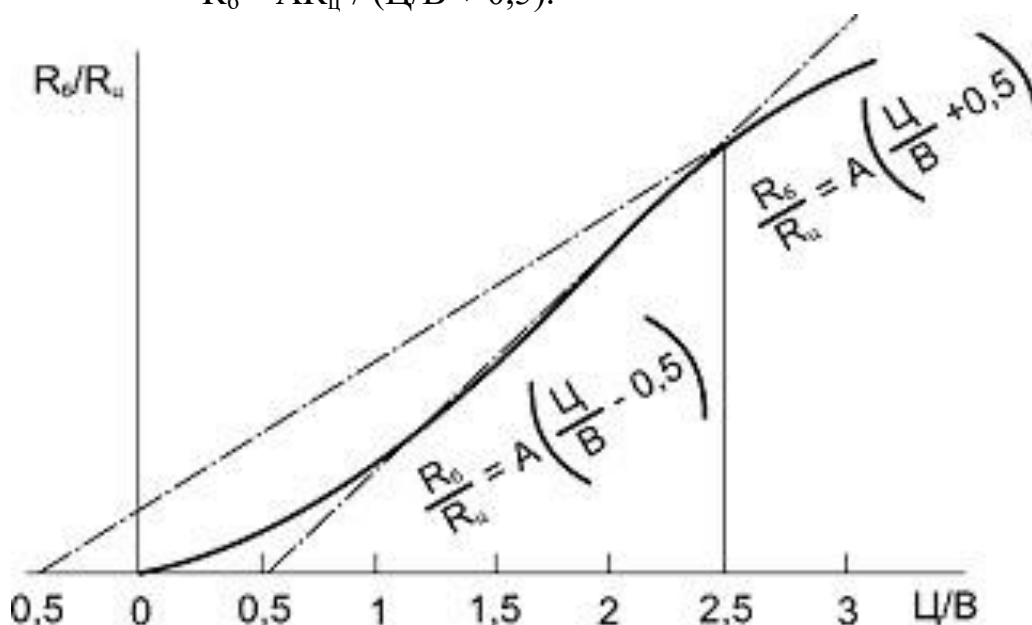


Рис.2. Зависимость прочности бетона от $\text{Ц}/\text{В}$

2. Цели и задачи лабораторной работы

Цель работы – исследовать влияние водоцементного отношения на плотность цементного бетона, влияние на водопоглощение, влияние на прочность на сжатие.

Задачи лабораторной работы:

1. Определение влияния $\text{В}/\text{Ц}$ на свойства цементного камня.
2. Определение влияния $\text{В}/\text{Ц}$ на свойства мелкозернистого бетона.

Выводом лабораторной работы должно быть сравнение свойств цементного камня и мелкозернистого бетона в зависимости от $\text{В}/\text{Ц}$.

3. Средства контроля и вспомогательное оборудование

Для определения, плотности бетонной смеси и прочности бетона необходимо следующее оборудование:

- формы для изготовления контрольных образцов: 2х2х2 см для цементного теста, 4х4х16 см для мелкозернистого бетона;
- весы лабораторные по ГОСТ 24104;
- виброплощадка лабораторная;
- мерные сосуды цилиндрические (1 л);
- сушильный электрошкаф, обеспечивающий поддержание температуры (105 ± 5) °С;
- штангенциркуль;
- пресс гидравлический с максимальным усилием до 500 к Н;
- шкаф сушильный;
- емкость 20 л.

4. Выполнение работы

Работа выполняется звеньями по 4-5 человека. Первое звено определяет влияния В/Ц на свойства цементного камня данного преподавателем состава и проводит оценку водопоглощения и прочности. Второе звено изготавливает мелкозернистый бетон и оценивает те же свойства бетона, что и первое звено.

Характеристика исходных материалов, составы задаются преподавателем. Температура воды и цемента во всех заданиях – 22-25⁰С.

Задание №1: Определение влияния В/Ц на свойства цементного камня

Изготовить составы с разным водоцементным отношением (табл.1).

Таблица 1- Составы цементного теста с разным В/Ц

№ состава	Цемент, гр	В/Ц
1	300	0,20
2	300	0,25
3	300	0,30
4	300	0,35
5	300	0,40

Задание №2: Определение влияния В/Ц на свойства мелкозернистого бетона (табл. 2).

Таблица 2- Составы бетона с разным В/Ц

№состава	Цемент, гр	Песок, гр	В/Ц
1	300	1500	0,20
2	300	1500	0,25
3	300	1500	0,30
4	300	1500	0,35
5	300	1500	0,40

5. Порядок выполнения работы

1. Для проведения испытания свойств цементного камня и мелкозернистой бетонной смеси необходимо приготовить лабораторные замесы объемом 0,5л и 1 л, соответственно. Заформовать образцы.

2. Определить водопоглощение бетона образцов по его кинетике водопоглощения. Для этого высушить образцы при $t=105-110^{\circ}\text{C}$ до постоянной массы. После чего образцы погружаются в воду. Отсчеты показаний рекомендуется производить через сутки, затем на 3, 7 сут и далее до достижения образцами постоянной массы. Водопоглощение рассчитывается по формуле (1) с погрешностью не более 0,1 %:

$$W = (m_1 - m_2)m_2/100\%, \text{ где} \quad (1)$$

m_1 - масса образца после испытания, г;

m – масса образца до испытания, г;

3. Определить прочность образцов на гидравлическом прессе.

4. Сделать заключение о влиянии В/Ц на свойства цементного камня и мелкозернистого бетона.

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

1. Характеристики заполнителей, влияющие на свойства бетонной смеси и бетона

В бетоне применяют крупный и мелкий заполнитель. Крупный заполнитель (более 5 мм) подразделяют на гравий и щебень. Характеристиками крупного заполнителя являются: зерновой состав; содержание пылевидных и глинистых частиц; содержание глины в комках; содержание зерен слабых пород; содержание зерен пластинчатой и игловатой формы; насыпная плотность; прочность; морозостойкость.

Мелким заполнителем (менее 5 мм) в бетоне является естественный или искусственный песок. Характеристиками песка являются: зерновой состав; содержание пылевидных и глинистых частиц; содержание глины в комках; насыпная плотность; наличие органических примесей; истинная плотность зерен; содержание пород и минералов, относимых к вредным компонентам и примесям.

Основными характеристиками заполнителя, определяющими свойства бетонной смеси и бетона являются следующие:

1) Зерновой состав заполнителей

Наиболее эффективным в бетоне является непрерывный зерновой состав заполнителей. Хотя смеси с прерывистым составом при исключении

фракций средних размеров обеспечивают меньшую пустотность смеси, однако в них подвижность мелких зерен, защемленных между крупными, ограничена, и для получения определенной подвижности бетонной смеси толщина обмазки зерен цементным тестом должна быть более толстой, чем в смесях с непрерывным составом, причем это происходит в условиях, когда возрастает объем мелкой фракции, а следовательно, и удельная поверхность заполнителя. В результате увеличивается расход цемента за счет уменьшения пустотности заполнителя. Кроме того, смеси с прерывистым зерновым составом склонны к расслоению, что отрицательно сказывается на однородности бетона.

По зерновому составу определяют модуль крупности песка. Чем крупнее заполнитель, тем выше способность бетона сопротивляться таким негативным явлениям, как ползучесть и усадочные деформации, которые вызывают микротрещины в железобетонных конструкциях и снижают их долговечность. Например, усадка мелкозернистого бетона составляет 3...4 мм/м, а тяжелого бетона не превышает 1...2 мм/м.

2) Прочность заполнителя

Прочность заполнителя определяется прочностью горной породы, из которой он получен, формой и крупностью зерен. При выветривании или дроблении породы разрушение происходит по более слабым местам структуры и с уменьшением размера зерен прочность их как бы повышается. Естественные пески обладают прочностью при сжатии и растяжении, как правило, более высокой, чем прочность раствора или цементного камня.

Важно помнить, что предельно достижимая прочность бетона тем ниже, чем меньше прочность крупного заполнителя, причем ее значение зависит также и от содержания заполнителя, постепенно увеличиваясь с уменьшением его количества. Влияние крупного заполнителя на прочность бетона приходится учитывать при проектировании составов легкого бетона на пористых заполнителях. В этой случае для получения соответствующей плотности в бетон вводят легкий пористый заполнитель.

3) Степень загрязненности заполнителей

Большое влияние на прочность бетона оказывает чистота заполнителя. Пылевидные и особенно глинистые примеси создают на поверхности зерен заполнителя пленку, препятствующую сцеплению их с цементным камнем. В результате прочность бетона значительно понижается (иногда на 30... 40%). Корректировать отрицательное влияние грязного или некачественного заполнителя на свойства бетона путем повышения расхода цемента недопустимо.

4) Форма зерен заполнителя

Важной характеристикой заполнителя, определяющей прочность бетона, является вид его зерен, а именно их геометрическая форма и рельеф поверхности. При разной геометрической форме зерен заполнителя обеспечивается разная плотность их упаковки, что определяет расход

цемента в межзерновом пространстве. Для организации оптимальной структуры бетона цемента в нем должно быть столько, чтобы его хватило лишь на обмазку зерен заполнителя и не расходовалось на заполнение межзернового пространства. Из опыта проектирования составов бетона установлено, что наиболее предпочтительной формой зерен, смесь которых обладает высокой упаковкой, является кубовидная.

Другим фактором, определяющим качество бетона, является рельеф поверхности зерен заполнителя, который может меняться от окатанного (гравий) до угловатого (щебень) вида. Вид поверхности зерна определяет площадь его сцепления с цементным камнем. Чем больше эта площадь и количество выступов для зацепления, что свойственно для угловатой поверхности щебня, тем выше прочность бетона.

2. Цели и задачи лабораторной работы

Цель работы – оценка влияния качества заполнителей на свойства бетонной смеси и бетона.

Основные задачи лабораторной работы:

1. оценка влияния вида крупного заполнителя (щебень или гравий) на удобоукладываемость, плотность бетонной смеси и на прочность тяжелого бетона;

2. изучение влияния вида песка (различный модуль крупности) на удобоукладываемость, плотность бетонной смеси и на прочность тяжелого бетона.

Выводом лабораторной работы должно быть установление зависимости влияния вида заполнителя на технологические и технические свойства бетонной смеси и бетона на их основе.

3. Средства контроля и вспомогательное оборудование

Для определения удобоукладываемости, плотности бетонной смеси и прочности тяжелого бетона необходимо следующее оборудование:

- конус нормальный по ГОСТ 10181-2000;
- линейка стальная по ГОСТ 427;
- воронка загрузочная;
- кельма типа КБ по ГОСТ 9533;
- гладкий лист размерами не менее 700x700 мм из водонепроницаемого материала (металл, пластмасса и т.п.);
- прямой металлический гладкий стержень диаметром 16 мм, длиной 600 мм с округленными концами;
- формы для изготовления контрольных образцов бетона по ГОСТ 22685 – ФК-2;
- весы лабораторные по ГОСТ 24104;
- виброплощадка лабораторная по ГОСТ 310.4;
- сосуд металлический цилиндрический объемом 1 л;
- гидравлический пресс.

5. Выполнение работы

Характеристика исходных материалов, составы задаются преподавателем.

Работа выполняется бригадами или звеньями по 2-3 человека. Первое звено изготавливает бетонную смесь подвижностью ПЗ (ОК 10-15см) на гравии (фр 5-20) и крупном песке ($M_k > 2,5$). Затем проводят испытания бетонной смеси и готовят образцы-кубы бетона.

Второе звено изготавливает смесь, аналогичную по составу, но с щебнем (фр 5-20) в качестве крупного заполнителя и выполняет те же испытания, что и первое звено.

Третье и четвертое звенья готовят бетонные смеси, аналогичные по составу первому и второму звену, соответственно, но в качестве мелкого заполнителя используют песок с малым модулем крупности ($M_k < 2$) и выполняют испытания бетонной смеси и бетона.

1. Порядок приготовления бетонных смесей следующий: цемент, песок и щебень после взвешивания перемешивают вручную или в лабораторном смесителе в течение трех минут. Далее добавляется расчетное количество воды затворения, и смесь перемешивается еще 2 минуты.

2. Затем производится определение удобоукладываемости и плотности бетонной смеси по ГОСТ 10181-2000.

Определение удобоукладываемости. При подготовке конуса и приспособлений к испытаниям все соприкасающиеся с бетонной смесью поверхности следует очистить и увлажнить. Конус устанавливают на гладкий лист и заполняют бетонной смесью марок П1, П2 или П3 через воронку в три слоя одинаковой высоты. Каждый слой уплотняют штыкованием металлическим стержнем в нормальном конусе 25 раз. Бетонной смесью марок П4 и П5 конус заполняют в один прием и штыкуют в нормальном конусе 10 раз. Конус во время заполнения и штыкования должен быть плотно прижат к листу. После уплотнения бетонной смеси снимают загрузочную воронку, избыток смеси срезают кельмой вровень с верхними краями конуса и заглаживают поверхность бетонной смеси. Время от начала заполнения конуса до его снятия не должно превышать 3 мин. Конус плавно снимают с отформованной бетонной смеси в строго вертикальном направлении и устанавливают рядом с ней. Время, затраченное на подъем конуса, должно составлять 5-7 с. Если после снятия конуса бетонная смесь разваливается, измерение не выполняют и испытание повторяют на новой пробе бетонной смеси. Осадку конуса бетонной смеси определяют, укладывая гладкий стержень на верх конуса и измеряя расстояние от нижней поверхности стержня до поверхности бетонной смеси с погрешностью не более 0,5 см. Осадку конуса бетонной смеси определяют два раза. Общее время испытания с начала заполнения конуса бетонной смесью при первом определении и до момента измерения осадки конуса при втором определении не должно превышать 10 мин. Осадку конуса бетонной смеси одной пробы вычисляют

с округлением до 1,0 см как среднеарифметическое значение результатов двух определений, отличающихся между собой не более чем:

- на 1 см при осадке конуса до 9 см включительно;
- на 2 см при осадке конуса от 10 до 15 см;
- на 3 см при осадке конуса от 16 см и выше.

Определение средней плотности бетонной смеси. Перед испытанием мерный сосуд взвешивают. Бетонную смесь помещают в сосуд и уплотняют в соответствии с ГОСТ 10180: Уплотнение бетонной смеси марок по удобоукладываемости П1-П5 проводят вручную с применением штыковки. Сосуд заполняют бетонной смесью слоями высотой не более 100 мм. Каждый слой уплотняют штыкованием стальным стержнем диаметром 16 мм с закругленным концом. Число нажимов стержня рассчитывают из условия, чтобы один нажим приходился на 10 см верхней открытой поверхности образца. Штыкование проводят равномерно по спирали от краев сосуда к ее середине, и вибрируют до полного уплотнения, характеризуемого прекращением оседания бетонной смеси, выравниванием ее поверхности, появлением на ней тонкого слоя цементного теста.

После уплотнения избыток бетонной смеси срезают металлической линейкой и тщательно выравнивают поверхность на уровне краев мерного сосуда. Сосуд с бетонной смесью взвешивают с погрешностью не более 5 г. Среднюю плотность бетонной смеси, кг/м³, рассчитывают по формуле:

$$\rho_{см} = \frac{m - m_1}{V} \cdot 1000 \quad (2), \text{ где}$$

m_1 - масса мерного сосуда с бетонной смесью, г;

m - масса мерного сосуда без смеси, г;

V - вместимость мерного сосуда, см³.

Среднюю плотность каждой пробы бетонной смеси определяют два раза как среднеарифметическое значение результатов двух определений средней плотности, отличающихся между собой не более чем на 2% среднего значения. При большем расхождении результатов испытание повторяют на новой пробе бетонной смеси.

3. После испытания бетонной смеси изготавливают 6 контрольных образцов-кубов размерами 10x10x10 см из каждого замеса. Продолжительность виброуплотнения образцов, изготовленных из пластичной смеси - 5-7 сек. Отформованные образцы в количестве 3 штук каждого состава подвергаются пропариванию при 70°C, остальные сразу после изготовления накрывают влажной тканью, через 1 сутки

распалубливают и образцы-кубы помещают на 27 суток в камеру нормального твердения.

4. Испытание образцов на гидравлическом прессе.
5. Результаты испытаний бетонной смеси и бетона заносят в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика бетонной смеси и бетона

№ состава	Вид крупного заполнителя	Вид мелкого заполнителя	ОК, см	Средняя плотность бетонной смеси	Прочность на сжатие после, МПа	
					ТВО	28 суток

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕТОННОЙ СМЕСИ

1. Химические добавки к бетонам

Химические добавки, вводимые в состав бетонных смесей, в процессе их приготовления, подразделяют на поверхностно – активные добавки, добавки – ускорители твердения и противоморозные добавки.

Поверхностно – активные вещества (ПАВ) по характеру действия делятся на следующие группы: пластифицирующие, пластифицирующие – воздухововлекающие, воздухововлекающие микропенообразующие.

Пластифицирующие добавки применяются для повышения пластичности бетонных смесей, экономии цемента и придания бетону большей прочности и морозостойкости, водонепроницаемости. К этой группе добавок относятся сульфитно – дрозжевая бражка (СДБ), пластификатор адипиновый (ПАЩ – 1), водорастворимый (ВРП – 1), упаренная последрозжевая барда (УПБ) и др. Широко применяют суперпластификатор С – 3: при этом снижается трудоемкость укладки и увеличивается скорость твердения бетона.

Пластифицирующие–воздухововлекающие добавки способствуют связности и однородности бетонных смесей. Увеличение содержания воздуха в смеси приводит к замедлению скорости твердения бетона. При содержании вовлеченного воздуха 5% значительно улучшаются формовочные свойства бетонной смеси, что позволяет уменьшить значение В/Ц и сократить расход цемента. К этой группе добавок относятся мылонафт (М1), пластификатор адипиновый (ПАЩ-1), омыленная растворимая смола (ВЛХК), нейтрализованный черный контакт (натриевый) (НЧК). Введение этих добавок повышает прочность бетона при растяжении, трещиностойкость, газо – и водонепроницаемость, солестойкость.

Воздухововлекающие добавки способствуют вовлечению в смесь воздуха в виде пузырьков. С одной стороны это приводит к незначительному уменьшению прочности бетона, а с другой – при содержании вовлеченного

воздуха менее 5% - пластифицирующее действие добавок позволяет уменьшить В/Ц и получать бетон требуемой прочности с сокращенным расходом цемента. К этой группе добавок относятся: смола нейтрализованная воздухововлекающая (СНВ), синтетическая поверхностно – активная добавка (СПД), смола древесная омыленная (СДО), омыленный древесный пек (ЦНИПС – 1) и др. Введение этих добавок значительно повышает морозостойкость бетона, несколько увеличивает прочность бетона при растяжении, увеличивает водонепроницаемость.

Газообразующие добавки, вводимые при приготовлении бетонной смеси, обеспечивают образование в бетоне равномерно распределенных замкнутых пор. Эти добавки замедляют твердение бетона на разных стадиях, что требует удлинения предварительной выдержки изделий перед тепловой обработкой. К этой группе добавок относятся : полигидросилоксан (ГКЖ – 94), пудра алюминиевая (ПАК) и др. Введение указанных добавок повышает морозостойкость, долговечность и водонепроницаемость бетона.

Добавки–ускорители твердения интенсифицируют процессы гидратации цемента и приводят к ускорению твердения бетона, выдерживаемого в естественных условиях, а также к увеличению его прочности сразу после тепловой обработки и в возрасте 28 суток. К этой группе добавок относятся: сульфат натрия (СН), нитрат натрия (НН), хлорид кальция (ХК), нитрат кальция (НК), нитрит – натрат – сульфат натрия (ННСН), нитрит – нитрат – хлорид кальция (ННХК). Оптимальное количество добавок устанавливается экспериментально. При этом необходимо учитывать побочное отрицательное действие некоторых добавок на арматуру, приводящее к коррозии, или на бетон – появление высолов.

Противоморозные добавки придают бетону способность твердеть при отрицательной температуре. К этой группе относятся нитрит натрия (НН), хлорид кальция (ХК), поташ (П), хлорид натрия (ХН) и другие, а также их сочетания. Вид и количество добавок зависит от температуры твердения бетона.

Комплексные добавки представляют собой сочетания добавок разных групп, приведенных выше. Применение их предпочтительнее, чем каждой из добавок в отдельности. Наиболее эффективными зарекомендовали себя комплексные добавки из ПАВ (СДБ+СНВ, СДБ+ГКЖ-94 и др.) и электролитов (СДБ+СН, СДБ+ННХК, СДБ+НН и др.). Комплексная добавка позволяет в большей степени уменьшить расход цемента, чем каждая добавка в отдельности.

При проектировании составов бетона с добавками следует учитывать, что добавки не изменяют характера основных зависимостей, в частности зависимости подвижности смеси от расхода воды; прочности бетона от активности цемента и водо-цементного отношения, а только изменяют количественное отношение между разными факторами. Величина подобных изменений зависит от дозировки добавки и может быть учтена на основе рекомендаций, содержащихся в технических условиях, или инструкции по применению данной добавки или установлена по результатам

предварительных опытов. Например, введение в смесь пластификаторов и суперпластификаторов уменьшает водопотребность бетонной смеси до 30 %.

Добавки – ускорители твердения, заметно изменяя твердение бетона в раннем возрасте, практически мало влияют на его прочность в возрасте 28 суток. В отдельных случаях повышение прочности составляет не более 10...15%, поэтому можно полагать, что добавки ускорители твердения не меняют зависимости прочности бетона от цементно – водного фактора в возрасте 28 суток, а возможное влияние можно учитывать поправочным коэффициентом.

Наилучшие результаты достигаются тогда, когда твердение бетона с добавками происходит при несколько повышенной температуре. Это позволяет в раннем возрасте получить достаточно высокую относительную прочность бетона и в некоторых случаях отказаться от тепловой обработки.

2. Цели и задачи лабораторной работы

Цель работы – ознакомиться с влиянием химических добавок на подвижность бетонных смесей и на напряжение сдвига цементного теста.

Основные задачи лабораторной работы:

1. Определить водоредуцирующий индекс добавок;
2. Определить концентрационный индекс добавок;
3. Оценить реологический индекс добавок.

Выводом лабораторной работы должно быть определение критериев эффективности химических добавок.

3. Средства контроля и вспомогательное оборудование

Для определения свойств бетонной смеси и бетона необходимо:

- вискозиметр Сутгарда;
- цилиндрический вискозиметр с размерами $h = 20$ мм и $d = 10$ мм или $h = 50$ мм и $d = 25$ мм;
- фарфоровые чаши для затворения емкостью 250-300 мл;
- металлические или фарфоровые шпатели;
- мерные линейки;
- мерные цилиндры на 100, 50 и 25 мм;
- бюретки для дозирования воды с точностью 0,1 мл;

Материалы:

- пластифицирующие добавки: С-3, ЛСТ и др.;
- портландцемент и его разновидности;
- шлаки, строительный гипс, гашеная известь, различные твердые отходы производства или природные материалы, измельченные до удельной поверхности 300-500 м²/кг.

4. Методика выполнения работы

Эффективность применения пластифицирующих добавок в дисперсных системах, бетонных и растворных смесях может оцениваться по следующим показателям:

- водоредуцирующему индексу ВИ, т.е. уменьшению расхода воды в изореологических состояниях систем:

$$ВИ = V_n/V_p,$$

где V_n и V_p – водопотребности соответственно непластифицированной и пластифицированной систем;

- концентрационному индексу КИ, т.е. увеличению объемной концентрации твердой фазы дисперсной системы:

$$КИ = C_n/C_p,$$

где C_n и C_p – объемные концентрации твердой фазы пластифицированной и непластифицированной систем в изореологическом состоянии. Объемная концентрация определяется по формуле:

$$C = \frac{1/\rho}{1/\rho + B/T},$$

где ρ – абсолютная плотность твердой фазы (для цемента $\rho = 3100$ кг/м³);

B/T – водотвердое отношение;

- реологическому индексу (по осадке конуса) $РИ_o$, т.е. увеличению осадки конуса ОК при одинаковом водосодержании:

$$РИ_o = ОК_p/ОК_n,$$

где $ОК_p$ и $ОК_n$ – осадки конуса пластифицированной и непластифицированной бетонных смесей, см;

- реологическому индексу по жесткости смеси $РИ_ж$, т.е. понижению жесткости Ж:

$$РИ_ж = Ж_n/Ж_p,$$

где $Ж_n$ и $Ж_p$ – жесткости непластифицированной и пластифицированной бетонных смесей, с;

- реологическому индексу по пластичности смеси $РИ_p$, т.е. по уменьшению пластической прочности:

$$РИ_p = R_n/R_p,$$

где R_n и R_p – пластические прочности непластифицированной и пластифицированной смесей;

- реологическому индексу по сопротивлению прессованию $РИ_p$, т.е. снижению давления:

$$РИ_p = P_n/P_p,$$

где P_n и P_p – удельные давления прессования непластифицированной и пластифицированной композиций, МПа.

Определение пластифицирующего эффекта на бетонной смеси достаточно точно характеризует действие добавок-пластификаторов, но эта методика имеет ряд существенных недостатков: трудоемкость эксперимента, материалоемкость при его выполнении. Эксперименты на различных составах бетона приводят к значительному влиянию свойств мелкого и крупного заполнителей на результаты.

Для исследования новых, в том числе комплексных пластификаторов, определения их оптимальной дозировки, предварительные эксперименты целесообразно проводить не на бетонной смеси, а на цементной суспензии, которая непосредственно является физической матрицей реологических изменений в системе, ответственной за пластифицирующий эффект добавок.

Изменение водопотребности и подвижности для достижения одинаковой плотности суспензии удобно оценивать цилиндрическим вискозиметром (рис. 1) по величине расплыва на границе начала гравитационной растекаемости. Предельное напряжение сдвига по величине расплыва достаточно точно может быть определено по формуле:

$$\tau_0 = \frac{h \cdot d^2 \cdot \rho \cdot g}{k \cdot D^2},$$

где τ_0 – предельное напряжение сдвига суспензии, Па;

h и d – высота и диаметр вискозиметра, м;

ρ – плотность суспензии, кг/м³;

D – диаметр расплыва суспензии, м;

k – коэффициент, учитывающий перераспределение напряжений в вязкопластических телах, равный 2.

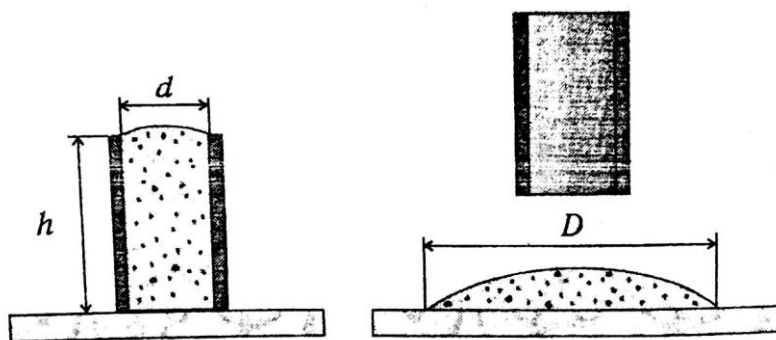


Рис. 1. Цилиндрический вискозиметр

5. Выполнение работы

1. Определить В/Т суспензии (цемент, молотые шлаки, известь, гипсовый камень), необходимое для получения расплыва на границе гравитационной растекаемости, и вычислить предельное напряжение сдвига $\tau_0 = 70-80$ Па.

2. Определить В/Т суспензий с различной дозировкой пластифицирующей добавки при одинаковой с контрольным составом подвижности ($\tau_0 = 70-80$ Па).

3. Рассчитать показатели эффективности пластификаторов:
- водоредуцирующий индекс:

$$ВИ = \frac{B / Ц_n}{B / Ц_n},$$

где V/C_n и V/C_p – водоцементные отношения непластифицированной и пластифицированной равноподвижных суспензий;

- концентрационный индекс:

$$КИ = C_p / C_n,$$

где C_p и C_n – объемные концентрации твердой фазы пластифицированной и непластифицированной систем в изореологическом состоянии;

- концентрационно-водоредуцирующий индекс:

$$КВИ = ВИ \cdot КИ.$$

4. В соответствии с табл. 1 определить категорию пластификатора и возможное снижение расхода цемента.

Таблица 1. Зависимость между группами пластифицирующих добавок и реологическими индексами

№ п/п	Группа пластификатора	Увеличение осадки конуса, см	ВИ	КИ	КВИ
1	I группа (суперпластификаторы)	более 20	>2,5	>1,5	>3,8
2	II группа (сильнопластифицирующие)	14-19	2-2,5	1,4-1,25	2,8-3,8
3	III группа (среднепластифицирующие)	9-13	1,5-2	1,25-1,4	1,85-2,8
4	IV группа (слабопластифицирующие)	менее 9	<1,5	<1,25	<1,85

5. Результаты экспериментов занести в табл. 2.

6. Построить графики зависимости концентрационно-водоредуцирующего индекса от дозировки добавки. Определить концентрацию пластификатора, превышение которой не приводит к увеличению пластифицирующего эффекта.

7. Сделать выводы об оптимальных дозировках добавок-пластификаторов.

Таблица 2. Показатели эффективности пластифицирующих добавок

Название добавки	Кол-во добавки, %	В/Ц	Диаметр расплыва, мм	τ_0 , Па	ВИ	КИ	КВИ	Категория пластификатора
ЛСТ	0,2							
	0,4							
	0,5							
С-3	0,1							
	0,2							
	0,3							

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ № 4

ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА БЕТОННОЙ СМЕСИ И БЕТОНА

1. Общие положения

Для экономии цемента в мелкозернистый бетон иногда вводят микронаполнители — золу, известняковую муку, молотый песок и др. Состав в этом случае определяют обычным методом, рассматривая цемент и микронаполнитель как единое вяжущее. Активность вяжущего и его влияние на водопотребность бетонной смеси зависят от содержания и свойств микронаполнителя. Влияние вяжущего на водопотребность устанавливают предварительными испытаниями. Для ориентировочных расчетов можно принять, что уменьшение активности цемента пропорционально увеличению содержания микронаполнителя: при содержании микронаполнителя 20% активность вяжущего уменьшается на 20%.

Влияние микронаполнителя на водопроводность бетонной смеси можно учесть, если известна его водопотребность. В этом случае количество воды, которое надо добавить к расходу воды или, наоборот, на которое надо уменьшить расход воды

Водопотребность бетонной смеси можно определить отдельным учетом водопотребности цемента и микронаполнителя.

Остаток на сите №02 не должен превышать 5% и сквозь сито № 008 должно проходить не менее 65% пробы. Наполняющая добавка не должна вызывать повышения водопотребности бетонной смеси.

Микронаполнители используют следующим образом:

1. Вводят измельченный микронаполнитель в состав бетонной смеси.
2. Раздельно измалывают цемент и микронаполнитель, смешивают их на цементном заводе или перед употреблением.
3. Измельчают совместно цементный клинкер, гипс и микронаполнитель.
4. Осуществляют ступенчатый помол, при котором в одной мельнице.

Самым распространённым наполнителем является зола ТЭЦ. Зола ТЭЦ представляет собой продукт обжига минеральной части угля, причем обжиг (сжигание угля) производится в измельченном состоянии. В итоге зола состоит из мелких (1-80 мкм) и большей частью сферических частиц. Она содержит окислы SiO_2 (35-70%), Al_2O_3 (5-30%), Fe_2O_3 (2-20%), CaO (1-45%), и других соединений. При повышенном содержании CaO зола обладает гидравлической активностью (способностью твердения самостоятельно), при пониженном – пуццоланической активностью (т.е. способностью твердеть в присутствии $\text{Ca}(\text{OH})_2$). Кроме того, частицы золы могут улучшать гранулометрию твердых частиц бетонной смеси, выполняя роль микронаполнителя. В итоге при введении золы в бетоны удается сократить расход цемента и песка. Эффективность введения золы зависит от ее свойств: химической активности, зернового состава, водопотребности, а также от

режима твердения бетона. В условиях тепловой обработки эффективность применения золы возрастает (происходит температурная активизация золы при температуре 90-95°C).

Ориентиром для определения дозировок золы в бетоне может служить положение о том, что содержание тонкодисперсных частиц в бетоне (цемент + наполнитель) должно составлять 450-500 кг/м³. Появление пятого компонента – золы в бетоне осложняет нахождение оптимального состава бетона.

2. Цели лабораторной работы

Цель работы – определение оптимальной дозировки наполнителя в составе бетона.

Основная задача лабораторной работы:

1. Определить влияние количества золы на подвижность раствора.

1. **Выводом** лабораторной работы должно быть сравнение прочности исходного и найденного состава с золой делается вывод об экономии цемента в равнопрочных бетонах.

3. Средства контроля и вспомогательное оборудование

- весы лабораторные по ГОСТ 24104;
- сферическая чаша;
- кельма;
- встряхивающий столик с малым конусом;
- штыковка м=300 гр.;
- штангенциркуль шд-п 2-го класса по ГОСТ 166;
- стальной нож;
- линейки стальные по ГОСТ 427;
- формы-балочки 4х4х16 см;
- виброплощадка лабораторная;
- пресс гидравлический 50-100 кН,
- камера нормального твердения;
- пропарочная камера.

1. Порядок выполнения работы

2. Работа выполняется двумя бригадами. Каждая бригада выполняет одно из нижеуказанных заданий. Характеристика исходных материалов, составы задаются преподавателем с высоким и низким В/Ц (например, 0,5 и 0,8). В каждый состав рассчитываются 2-3 дозировки золы (в диапазоне 50-100-150-200-300 кг). При этом можно считать, что оптимальная дозировка золы должна дополнять расход цемента до ~500 кг/м³. Зола вводится взамен песка при постоянном расходе цемента. Рассчитывается абсолютный объем, занимаемый вводимой золой (ρ золы = 2,2 г/см³), и на этот объем уменьшается расход песка в смеси.

$$\Delta\Pi = \frac{\Delta Z \cdot \rho_{\Pi}}{\rho_3},$$

где $\Delta\Pi$ – уменьшение расхода песка, кг на м³;

ΔZ – дозировка золы в конкретный состав, кг на м³.

ρ_{Π} и ρ_3 – истинная плотность песка и золы, кг/л.

2. Приготовление опытных растворов по ГОСТ 310.4: в чашу, засыпается необходимое количество всех компонентов раствора. После тщательного перемешивания раствора определяется его расплыв на встряхивающем столике. Диаметр расплыва должен составлять 106-115 мм. Для определения расплыва на встряхивающий столик устанавливают стандартный конус. Внутреннюю поверхность конуса и диск столика перед испытанием протирают влажной тканью. Заполняют раствором форму-конус на половину высоты и уплотняют 15 штыкованием металлической штыковкой. Затем наполняют конус раствором с небольшим избытком и штыкуют 10 раз. После уплотнения верхнего слоя избыток раствора удаляют ножом. Нож предварительно протирают влажной тканью. Затем снимают конус в вертикальном направлении. Раствор встряхивают на столике 30 раз за (30±5) с, после чего штангенциркулем измеряют диаметр конуса по нижнему основанию и двух взаимно перпендикулярных направлениях и берут среднее значение. Расплыв конуса с В/Ц=0,40 должен быть в пределах 106-115 мм. Если расплыв конуса окажется менее 106 мм, количество воды увеличивают для получения расплыва конуса 106-108 мм. Если расплыв конуса окажется более 115 мм, количество воды уменьшают для получения расплыва конуса 113-115 мм. **При введении золы подвижность смеси следует сохранять постоянной.**

3. Формование контрольных образцов по ГОСТ 310.4; Отформованные образцы-призмы в количестве 3 штук каждого состава подвергаются пропариванию при 80-90°С, остальные сразу после изготовления накрывают влажной тканью, через 1 сутки распалубливают и образцы-призмы помещают на 27 суток в камеру нормального твердения. Температуру изотермии при пропаривании следует повысить с 80 до 90°С, а длительность изотермического прогрева с 6 до 8-9 часов. Это позволяет лучше выявить химическую активность золы (разумеется, если такой режим удастся реализовать на производстве).

4. Испытание образцов по ГОСТ 310.4

5. Обработка результатов.

При обработке результатов по полученным данным строятся: зависимость прочности бетона от дозировки золы по которой определяется оптимальная дозировка золы. Если дозировки золы приняты правильно, прочность бетона имеет максимум, а соответствующая ему дозировка золы является оптимальной (рис.1):

- зависимость дозировки золы от Ц/В (рис.2);

- прирост водопотребности смеси от расхода золы (рис.3);

- зависимость прочности от Ц/В для бетона без золы и с оптимальными дозировками (рис.4).

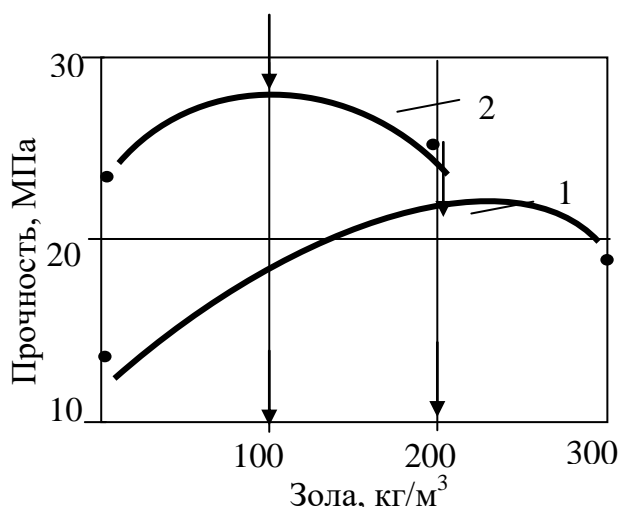


Рис.1. Зависимость прочности бетона от расхода золы: 1 – В/Ц = 0,8; 2 – В/Ц = 0,5

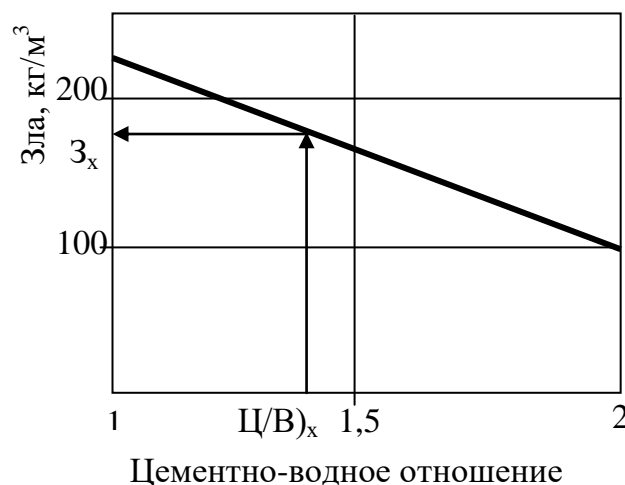


Рис. 2. Зависимость оптимального расхода золы от Ц/В

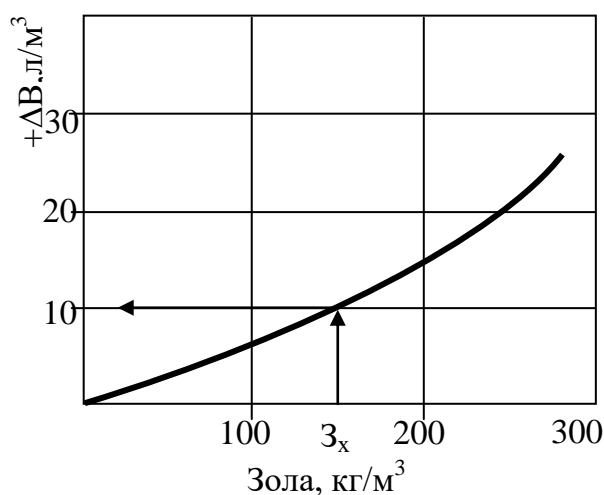


Рис. 3. Влияние расхода золы на водопотребность смеси

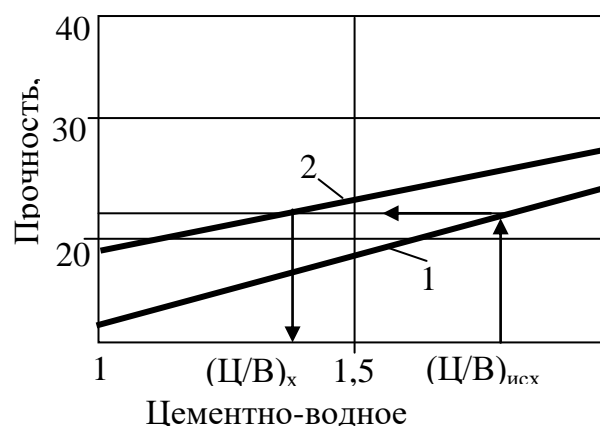


Рис.4. Зависимость прочности бетона от Ц/В: 1 - бетона без золы; 2 – бетон с золой

2. Вывод. Полученные зависимости позволяют перейти к назначению оптимальных составов бетона с золой (табл.1). Исходными являются составы бетонов, в которые планируется введение золы. Определяется Ц/В – равнопрочного бетона с золой (см. рис.4), по его величине – оптимальный расход золы (см. рис. 2), а по расходу золы – 3_x + Δv_x – увеличение $(Ц/В)_x$ водосодержания смеси с золой (см. рис. 3). Расход щебня принимается такой же, что и в исходном составе. Расход цемента находится по принятому Ц/В, расход песка – по уравнению абсолютных объемов, по известным расходам воды, цемента, золы и щебня.

Таблица 1- Результаты определение состава бетона заданной прочности с оптимальной дозировкой золы

№	Композиционное вяжущие		Песок, г	Вода, мл	В/В	Расплы в, мм	Ризг, МПа	Rсж, Мпа F/A
	Цемент, г	Зола, г						

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ № 5

ОЦЕНКА УСАДКИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

1. Общие сведения

Твердение и высыхание цементного камня сопровождаются усадкой, проявляющейся в уменьшении его объема. Линейные размеры образцов из цементного камня за год или несколько лет уменьшаются примерно на 2 мм/м.

Усадка бетона может возникнуть не только вследствие испарения воды из состава. Немалую роль в данном процессе играет действие капиллярных сил в структуре цементного камня. Когда испарение воды происходит из капилляров, диаметр которых менее 200 нанометров, они сужаются, что приводит к ряду последствий. Одним из них является уплотнение материала, что и вызывает усадку бетона. Таким образом, можно отметить, что влага играет ключевую роль в качестве причины возникновения данного процесса.

Заполнители в бетоне, препятствуя усадочным деформациям цементного камня, сопротивляются им и в результате оказываются обжатыми, тогда как цементный камень испытывает растяжение.

При обжатии зерен заполнителя их деформации обратно пропорциональны модулю упругости. Так, пористые заполнители деформируются значительно, чем плотные; их сопротивление силам, возникающим при уменьшении объема цементного камня, меньше. Поэтому усадка легких бетонов на пористых заполнителях больше и составляет примерно 0,5-0,7 мм/м, иногда до 1 мм/м. Тяжелый бетон на плотных жестких заполнителях дает усадку не более 0,2-0,4 мм/м.

На усадочные деформации бетона влияет не только качество, но и содержание заполнителей. Чем больше заполнителей в бетоне и меньше цементного камня, тем меньше усадка. Наибольшее насыщение объема бетона заполнителем достигается при оптимальном его зерновом составе и наибольшей предельной крупности. Заполнители с прерывистым зерновым составом обеспечивают наименьшую усадку бетона. Мелкозернистые бетоны отличаются повышенной усадкой (как и повышенной ползучестью).

Необходимо различать два проявления усадки: усадочные деформации и усадочные напряжения. Последние возникают в том случае, когда осуществлению усадочных деформаций что-то препятствует. В бетоне цементный камень вследствие его усадки и сопротивления заполнителя

оказывается растянутым. Предварительное растяжение цементного камня в бетоне до приложения внешней нагрузки — явление нежелательное, так как уменьшает прочность бетона.

2. Цель лабораторной работы

Цель работы – оценить усадку мелкозернистого бетона при различном В/Ц.

Основная задача лабораторной работы: Определить влияние подвижности состава бетонной смеси на усадку бетона.

Выводом лабораторной работы должно быть определение зависимости эксплуатационных свойств от состава бетонной смеси.

3. Средства контроля и вспомогательное оборудование

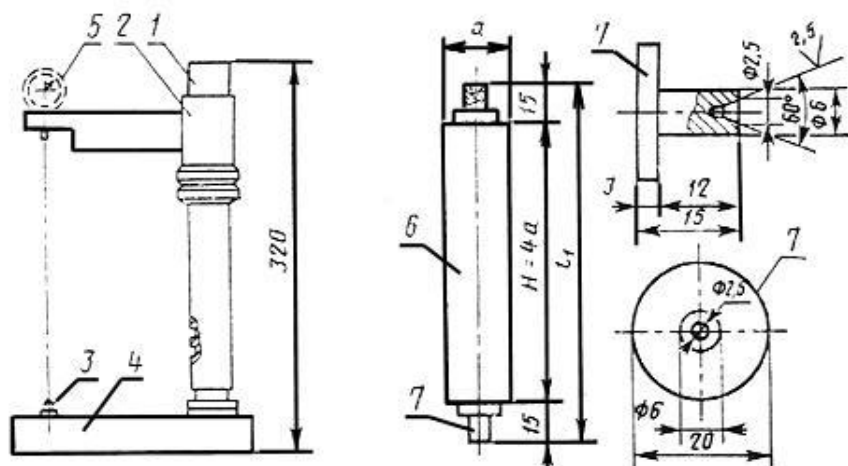
- формы для изготовления образцов бетона по ГОСТ 22685;
- весы лабораторные по ГОСТ 24104;
- виброплощадка лабораторная;
- устройство для определения деформаций усадки образцов с размерами поперечного сечения 40x40 мм;
- быстрополимеризующийся клей;
- линейка металлическая;
- металлические пластины толщиной 4-5 мм;
- установка для определения усадки: штатив, скоба, индикатор часового типа;
- камера нормального твердения.

4. Порядок выполнения работы

1. Составы бетона для испытаний задаются преподавателем.
2. Изготавливают 6 контрольных образцов-призм размерами 40x40x160 см из каждого замеса. Продолжительность виброуплотнения образцов, изготовленных из пластичной смеси - 5-7 сек. Отформованные образцы сразу после изготовления накрывают влажной тканью, через 1 сутки распалубливают и помещают на 27 суток в камеру нормального твердения.
3. Испытания проводятся через 28 сут нормального твердения по ГОСТ 24544-81 "Бетоны. Методы определения деформаций усадки и ползучести".

Подготовку образцов к испытаниям следует начинать с их внешнего осмотра и определения линейных размеров. Каждая серия должна состоять из шести образцов призм, из которых три предназначены для определения призмочной прочности, три - для определения деформаций усадки. Торцевые поверхности всех образцов, предназначенных для определения усадки, должны быть закрыты металлическими пластинами толщиной 4 - 5 мм, наклеиваемыми с помощью быстрополимеризующихся клеев. К торцевым поверхностям образцов размерами 40x40x160 мм, подвергаемых испытанию на усадку, приклеивают реперы в соответствии со схемой.

Схема устройства для определения деформаций усадки образцов с размерами поперечного сечения 40×40 мм



1 - стойка; 2 - кронштейн; 3 - конусообразный выступ; 4 - нижняя опора; 5 - индикатор; 6 - образец; 7 - репер; a - размер стороны поперечного сечения образца; H - высота образца; l_1 - база измерений.

Реперы изготавливают из инвара. Диаметр основания репера 7 должен быть не более 20 мм, а высота не более 15 мм.

Приклеиваемую поверхность репера обезжиривают органическим растворителем. Репер нагревают до температуры 50 - 60 °С и прижимают к образцу в центре торцевой грани, на которую предварительно наносят 2 - 3 капли клея.

На боковых поверхностях образцов размечают базу измерения продольных деформаций, устанавливают крепежные приспособления и измерительные приборы.

Насыщение (пропитка) образцов водой или нефтепродуктами следует производить по ГОСТ 24452-80.

Испытания для определения деформаций усадки и ползучести следует проводить в помещении или в климатической камере, в которых постоянно поддерживается температура (20 ± 2) °С и относительная влажность воздуха (60 ± 5) %. Попадание прямых солнечных лучей на образцы не допускается.

Измерение деформаций только усадки следует начинать не позже чем через 4 ч после распалубливания образцов.

Для измерения деформаций усадки подготовленный образец следует установить в устройство для испытания и снять начальные отсчеты по показаниям приборов.

Отсчеты показаний рекомендуется производить через сутки, затем на 3, 7, 14 сут и далее раз в 2 недели до конца испытаний.

Одновременно с измерением деформаций усадки рекомендуется определять влагопотери путем периодического взвешивания образцов.

При определении только деформаций усадки продолжительность испытания должна быть не менее 120 сут, однако, если три последовательных измерения показывают приращение деформаций, не превышающие погрешность измерительных приборов, испытания могут быть

прекращены до этого срока, о чем делается соответствующая запись в журнале испытаний.

По результатам испытаний вычисляют средние значения абсолютных деформаций $\Delta l_1(t)$ в мм для каждого загруженного и незагруженного образца как среднее арифметическое приращений (по отношению к начальному отсчету) показаний приборов по четырем граням соответствующего образца.

По средним абсолютным значениям деформаций вычисляют относительные величины деформаций $\varepsilon_1(t)$ по формуле

$$\varepsilon_1(t) = \frac{\Delta l_1(t)}{l_1} \quad (1)$$

где l_1 - база измерения деформаций, мм.

Относительные деформации незагруженных образцов принимают в качестве деформаций усадки $\varepsilon_{\text{ж}}(t)$.

По результатам определения относительных величин деформаций усадки отдельных образцов определяют средние значения относительных деформаций усадки для серии образцов по формуле

$$\bar{\varepsilon}_i(t) = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i(t)}{n}, \quad (2)$$

где $\varepsilon_i(t)$ - среднее значение относительных деформаций усадки или ползучести для каждого образца данной серии;

n - число образцов в серии.

По средним значениям относительных деформаций усадки и ползучести, вычисленным по формуле 2, следует построить диаграммы в координатах «относительные деформации усадки - продолжительность (время) испытаний, сут» и приложить их к журналу испытаний, а также определить предельные (условно предельные) значения этих деформаций.

Предельное значение деформаций усадки $\varepsilon_{\text{ж}}^{(\infty)}$ определяют построением диаграммы. Для этого вычисляют значения приращений по формулам:

$$\frac{\Delta l}{\varepsilon_{\text{ж}}(t)}; \quad (3)$$

где Δl - продолжительность проведения испытаний с момента его начала (снятия начального отсчета), сут;

$\varepsilon_{\text{ж}}(t)$ - соответствующие этой продолжительности относительные значения деформаций усадки.

На диаграмме по оси ординат откладывают значения, вычисленные по формуле 3, а по оси абсцисс значения Δl , начиная с момента времени Δl , равного 30 сут для усадки и 50 сут для ползучести. По полученным точкам графически или аналитически строят прямую регрессии, котангенс угла

которой принимают за предельное значение деформаций усадки $\varepsilon_{yc}(\infty)$, а отрезок, отсекаемый этой прямой на продолжении оси абсцисс, за параметр скорости нарастания деформаций α_{yc} .

Полученные числовые параметры деформаций используют при необходимости для вычисления относительных деформаций усадки для сроков времени, превышающих общую продолжительность испытаний. Для этого используют формулу:

$$\varepsilon_{yc}(t) = \varepsilon_{yc}(\infty) \frac{\Delta t}{\alpha_{yc} + \Delta t}; \quad (4).$$

4. Сделать вывод.

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

ОЦЕНКА ПОРИСТОСТИ БЕТОНА ПО КИНЕТИКЕ ВОДОПОГЛАЩЕНИЯ

1. Общие сведения

Пористость, или поровое пространство, бетона на плотных заполнителях, обусловлена в основном пористостью цементного камня и количественно характеризуется такими параметрами, как объем, удельная поверхность и средний радиус. Формирование пористости происходит непрерывно вследствие протекания процессов гидратации и коррозии, в связи с чем параметры поровой структуры бетона непрерывно изменяются.

Пористость бетона – это любое незаполненное твердой фазой пространство в структуре бетона.

Пористость классифицируется:

- по размеру;
- по отношению к воде;
- по происхождению.

1. В зависимости от размера пор различают:

- макропоры (более 0,1-0,2 мм);
- мезопоры;
- микропоры;
- поры геля (самые мелкие).

2. В зависимости от способности поглощать и удерживать воду при атмосферном давлении поры делятся на:

- капиллярные (не способны удерживать воду в обычных условиях);
- некапиллярные (способны поглощать и удерживать воду).

Капиллярные поры играют – роль в морозостойкости и непроницаемости бетона, т.е. чем меньше капиллярных пор, тем лучше.

В зависимости от доступности для воды при насыщении при атмосферном давлении поры делятся на:

- открытые (т.е. доступные при насыщении водой)
- условно замкнутые (резервные) – недоступные для насыщения.

3. По происхождению различают:

- контракционные (образующиеся в следствие химического взаимодействия цемента с водой);

- рецептурные:

а) поры определяемые соотношением водой и цементом;

б) введением специальных добавок (для увеличения или уменьшения прочности бетона).

Поры геля составляют примерно 28% объема гидратированного цемента (цементного геля). Объем гелевых пор не зависит от В/Ц смеси, эти поры являются неотъемлемой частью цементного геля. Размеры гелевых пор (от 0,5 нм до 30 нм) соизмеримы с размерами молекул воды, в связи с чем вода в гелевых порах не является обычной жидкостью. В частности, ее плотность составляет до $1,5 \text{ г/см}^3$, а температура замерзания ниже -70°C .

Контракционные поры образуются вследствие объемных изменений в системе «вода- цемент». Объем контракционных пор составляет несколько процентов объема цементного камня, размер пор изменяется в пределах от 30 нм до 50 нм. Контракционные поры оказывают положительное влияние на морозостойкость бетона.

Капиллярные поры формируются в объеме, заполненном химически несвязанной водой. Их объем и средний радиус возрастают с повышением В/Ц бетонной смеси. При $\text{В/Ц} > 0,38$ образование капиллярных пор неизбежно. Размер пор составляет от 30 нм до 50 мкм. При увеличении капиллярной пористости снижается морозостойкость и непроницаемость бетона.

Седиментационные поры, образующиеся в результате процессов внутреннего водоотделения, имеют размеры от 50 до 1000 мкм и резко ухудшают морозостойкость и непроницаемость бетона.

Воздушные поры формируются в бетоне вследствие недостаточного уплотнения («защемленный» воздух) или в результате специальных технологических приемов («вовлеченный» воздух). Объем воздушных пор в конструкционных бетонах редко превышает 5%. «Защемленный» воздух, вследствие хаотичности распределения пор в объеме и нерегулярности размеров (от 25 до 500 мкм и более), как правило, приводит к снижению прочности бетона на 3-5% на каждый процент «защемленного» воздуха. «Вовлеченный» воздух создает в структуре бетона систему равномерно распределенных почти сферических пор размером от 50 до 300 мкм, что резко повышает морозостойкость бетона.

Увеличение доли открытых пор снижает долговечность бетона и, наоборот, уменьшение доли открытых пор и увеличение доли условно – замкнутых пор способствуют повышению долговечности. Открытые и условно – замкнутые поры образуют полную пористость бетона, с увеличением которой при прочих равных условиях снижается его прочность.

2. Цель лабораторной работы

Цель работы - оценить пористость бетона по кинетике водопоглощения образцов различных составов.

Основная задача лабораторной работы:

Определить водопоглощение у разных классов бетона.

Выводом лабораторной работы должно быть определение зависимости водопоглощения от марки бетона.

3. Средства контроля и вспомогательное оборудование

- формы для изготовления образцов бетона по ГОСТ 22685;
- весы лабораторные по ГОСТ 24104;
- виброплощадка лабораторная;
- линейка металлическая;
- кельма;
- емкость с водой;
- часы, мин
- пресс для испытания предела прочности образцов на сжатие.

4. Порядок выполнения работы

1. Составы бетона для испытаний задаются преподавателем.

2. Изготавливают 6 контрольных образцов-кубов размерами 100*100*100 мм из каждого замеса. Продолжительность виброуплотнения образцов, изготовленных из пластичной смеси - 5-7 сек. Отформованные образцы сразу после изготовления накрывают влажной тканью, через 1 сутки распалубливают и помещают на 27 суток в камеру нормального твердения.

3. Определение пористости выполняется согласно ГОСТ 12730.4-78 "Бетоны. Методы определения показателей пористости" (приложение), ГОСТ 12730.3-78 "Метод определения водопоглощения". Поверхность образцов очищают от пыли, грязи и следов смазки с помощью проволочной щетки или абразивного камня.

Испытание образцов проводят в состоянии естественной влажности или высушенных до постоянной массы.

Образцы помещают в емкость, наполненную водой с таким расчетом, чтобы уровень воды в емкости был выше верхнего уровня уложенных образцов примерно на 50 мм.

Образцы укладывают на прокладки так, чтобы высота образца была минимальной (призмы и цилиндры укладывают на бок).

Температура воды в емкости должна быть (20 ± 2) °С.

Образцы взвешивают через 15, 60 минут и затем каждые 24 ч водопоглощения на обычных или гидростатических весах с погрешностью не более 0,1 %.

При взвешивании на обычных весах образцы, вынутые из воды, предварительно вытирают отжатой влажной тканью. Массу воды, вытекшую из пор образца на чашку весов, следует включать в массу насыщенного образца.

Испытание проводят до тех пор, пока результаты двух последовательных взвешиваний будут отличаться не более чем на 0,1 %.

Образцы, испытываемые в состоянии естественной влажности, после окончания процесса водонасыщения высушивают до постоянной массы.

Водопоглощение бетона отдельного образца по массе W_m в процентах определяют с погрешностью до 0,1 % по формуле:

$$W_m = \frac{m_c - m_g}{m_c} \cdot 100, \quad (1)$$

где m_c — масса высушенного образца, г;

m_b — масса водонасыщенного образца, г.

Водопоглощение бетона отдельного образца по объему W_o в процентах определяют с погрешностью до 0,1 % по формуле:

$$W_o = \frac{W_m \rho_o}{\rho_g}, \quad (2)$$

где ρ_o — плотность сухого бетона, кг/м³;

ρ_b — плотность воды, принимаемая равной 1 г/см³.

Водопоглощение бетона серий образцов определяют как среднее арифметическое значение результатов испытаний отдельных образцов в серии.

В журнале, в который заносят результаты испытаний, должны быть предусмотрены следующие графы:

- маркировка образцов;
- возраст бетона и дата испытаний;
- водопоглощение бетона образцов;
- водопоглощение бетона серии образцов.

Кинетика водопоглощения бетона характеризуется приращением его массы во времени.

Кривые водопоглощения выражаются уравнением:

$$W_t = W_m \left[1 - e^{-(\bar{\lambda}t)^\alpha} \right],$$

где W_t — водопоглощение образца за время t , % по массе;

W_m — водопоглощение образца, определенное по ГОСТ 12730.3, % по массе;

e — основание натурального логарифма, равное 2,718;

t — время водопоглощения, ч;

$\bar{\lambda}$ — показатель среднего размера открытых капиллярных пор, равный пределу отношений ускорения процесса водопоглощения к его скорости, определяемый по номограммам, приведенным на черт. 1-4.

α — показатель однородности размеров открытых капиллярных пор, определяемый по номограммам, приведенным на черт. 1.

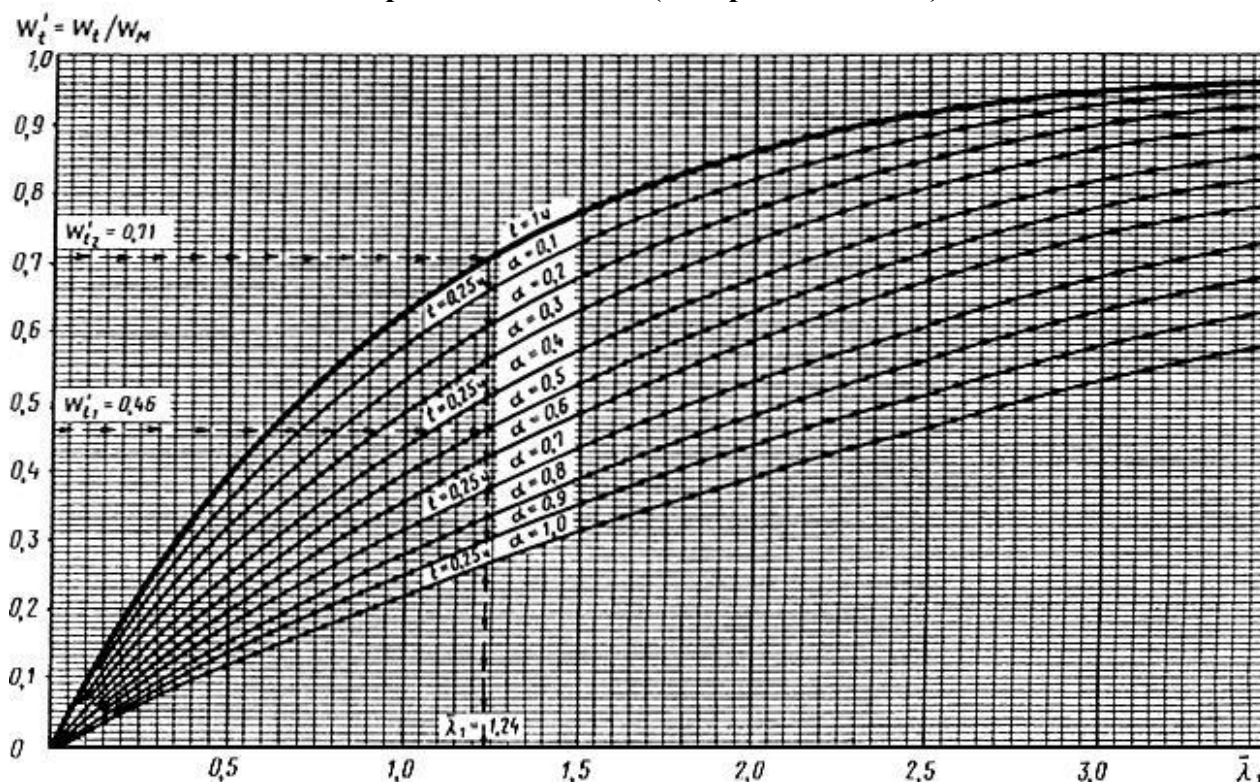
При дискретном способе взвешивание производят через 15 и 30 минут после погружения высушенного образца в воду, а затем через каждые 24 ч до постоянной массы. Постоянной массой считают массу образца, при которой результаты двух последовательных взвешиваний отличаются не более чем на

0,1 %. В конце испытаний производят гидростатическое взвешивание образца. По результатам испытаний рассчитывают относительное водопоглощение по массе в моменты времени $t_1 = 0,25$ и $t_2 = 1$ ч. По этим величинам с помощью номограмм (черт. 1) определяют вспомогательный параметр $\bar{\lambda}_1$ и параметр α , по которым рассчитывают или получают по номограммам (черт. 2) и (черт. 3) параметр $\bar{\lambda}$. Пример пользования номограммой показан на черт. 3.

Параметры пористости $\bar{\lambda}$ и α серии образцов бетона определяют как среднее арифметическое значение результатов испытаний всех образцов серии.

4. Сделать выводы.

Номограмма и пример расчета параметров пористости по кинетике насыщения материала жидкостью (дискретный метод)



$t, \text{ч}$	0	0,25	1,0	24,0
Q_t^c	815,0	838,5	851,0	865,0
Q_t^a	-	-	-	512,0

$$W_t = \frac{866 - 815}{815} \cdot 100 = 6,26\%;$$

$$\rho_a = \frac{815}{866 - 512} = 2,31 \text{ г/см}^3;$$

$$W_o = 6,26 \cdot 2,31 = 14,5 \%;$$

$$W_a = \frac{815 - 815}{815} \cdot 100 = 4,45 \%.$$

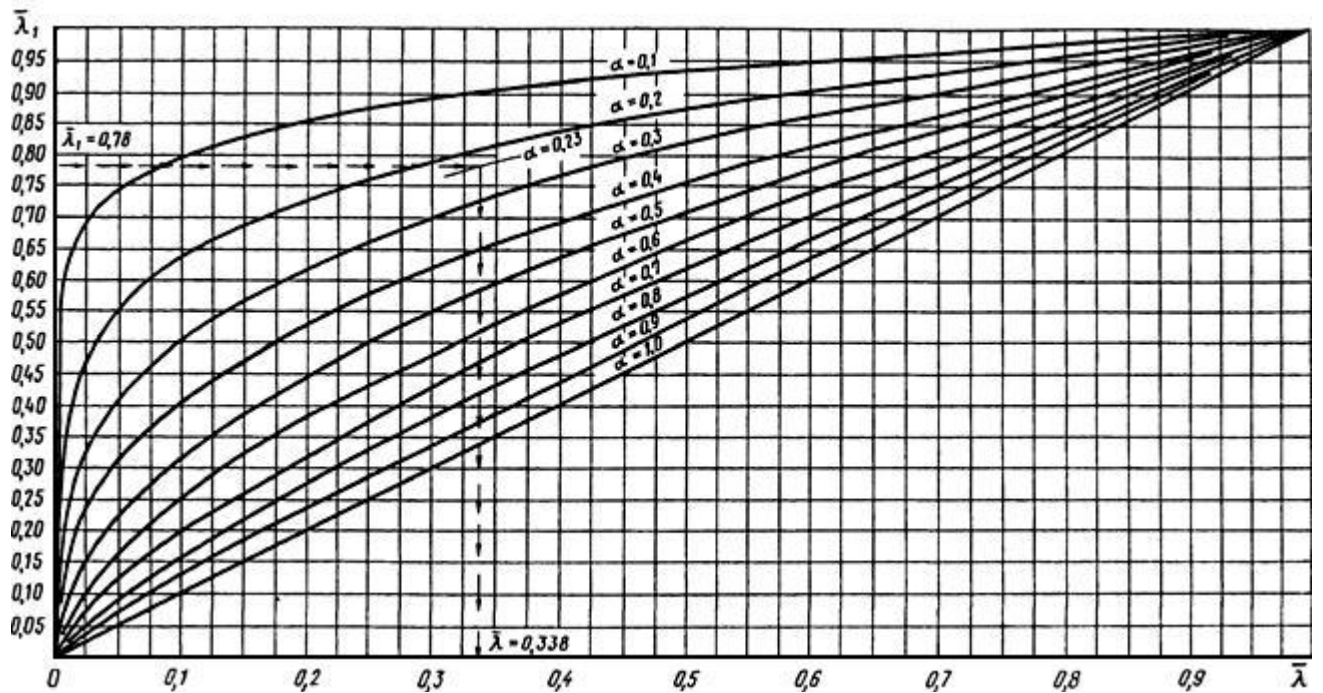
$$W'_d = \frac{4,45}{6,26} = 0,71; \quad \lambda'_1 = 1,24;$$

$$W_d = \frac{838,5 - 815}{815} \cdot 100 = 2,88 \%;$$

$$W'_d = \frac{2,88}{6,26} = 0,46; \quad \alpha = 0,5;$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt[0,5]{1,24} = 1,54$$

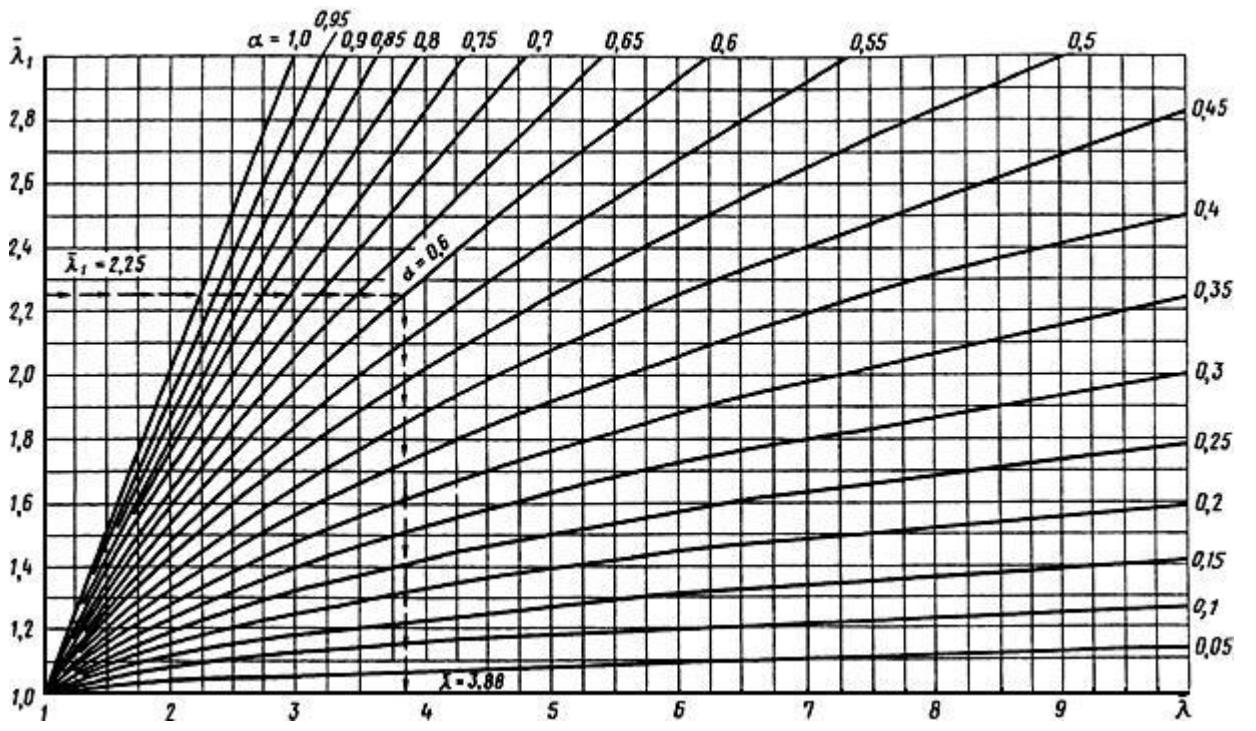
Черт. 1 Номограмма и пример определения величины $\bar{\lambda} = \sqrt[0,5]{\lambda_1}$ при $\lambda_1 \leq 1$



Черт. 2

Номограмма и пример определения величины

$$\bar{\lambda} = \sqrt[0,5]{\lambda_1} \text{ при } \lambda_1 \geq 1,0$$



Черт. 3

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ БЕТОНА

1. Общие положения

Водонепроницаемость бетона – это его способность не пропускать через себя воду под давлением. Согласно ГОСТ 26633 –12, бетонов устанавливают следующие марки по водонепроницаемости W2, W4, W6, W8, W10, W12, W14, W16, W18, W20. Марка бетона по водонепроницаемости соответствует давлению воды при котором еще не наблюдается ее просачивание на четырех из шести образцах при испытании по методу «мокрого пятна» по ГОСТ 12730.5-84 Бетоны. Методы определения водонепроницаемости. Марка по водонепроницаемости соответствует давлению, МПа 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8 и 2,0, соответственно. Существует ускоренный метод определения на приборе АГАМА-2Р, разработанного ЦНИИС Минтрансстроя СССР для измерения воздухопроницаемости пористых строительных материалов.

Водонепроницаемость бетона зависит, в основном, от В/Ц, вида вяжущего, а также от содержания в бетоне тонкомолотых и химических добавок, условий твердения и возраста бетона. Кроме того, на водонепроницаемость бетона влияет структура пор. Понижив В/Ц, мы уменьшаем макропористость и повышаем водонепроницаемость бетона. Это хорошо видно из рис. 1. Уменьшить В/Ц можно повышением расхода цемента при постоянном расходе воды, применением пластифицирующих добавок, в особенности суперпластификаторов, которые понижают водопотребность бетонных смесей на 20-30%.

Более высокую водонепроницаемость имеют бетоны на глиноземистом, расширяющемся, напрягающемся и высокопрочном цементах. Они присоединяют при гидратации большее количество воды и образуют более плотный цементный камень. Пуццолановый портландцемент за счет заполнения пор пуццолановыми добавками и их набухания также повышает водонепроницаемость бетонов.

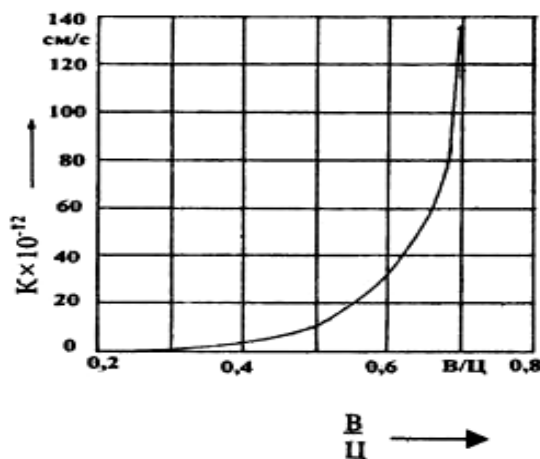


Рис. 1. Зависимость проницаемости бетона от В/Ц

2. Цели лабораторной работы

Цель работы – определить водонепроницаемость бетона по его воздухопроницаемости.

Основная задача лабораторной работы:

Определить водонепроницаемость образцов ускоренным методом.

Выводом лабораторной работы должно быть определение зависимости водонепроницаемости от марки бетона.

3. Средства контроля и вспомогательное оборудование

- формы для изготовления образцов бетона по ГОСТ 22685;
- весы лабораторные по ГОСТ 24104;
- виброплощадка лабораторная;
- прибор АГАМА -2Р (рис.2);
- герметизирующая мастика ГОСТ 14791-79;
- пластина для проверки герметичности (оргстекло ГОСТ 9784- 75);
- металлический шпатель.

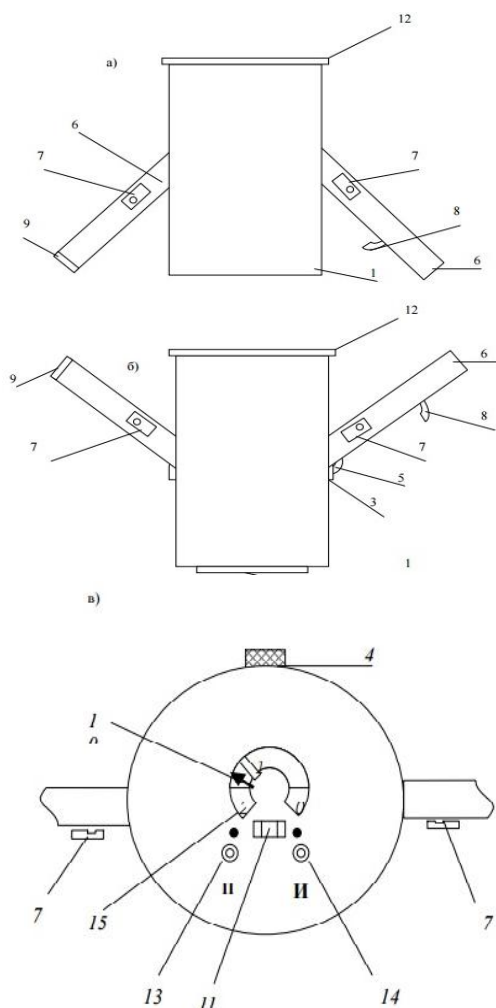


Рис. 2. Схема прибора АГАМА-2Р

1-корпус прибора ,2-торец поршня,3-выступы кронштейна,4- колпачек клапана давления,5-собачка,6-рукоятка ,7- фиксаторы,8-крючек,9-крышка,10-стрелка, 11-цифровое табло, 12-приборная панель, 13-тумблер включения

питания, 14- тумблер включения индикации, 15-окно датчика давления.

Рисунок А1-Внешний вид прибора АГАМА-2Р: а)-прибор в рабочем положении; б)-прибор перед установкой на испытываемую поверхность; в)-вид сверху

4. Порядок выполнения работы

1. Составы бетона для испытаний задаются преподавателем.
2. Изготавливают 6 контрольных образцов-цилиндров размерами 150*150*150 мм из каждого замеса. Продолжительность виброуплотнения образцов, изготовленных из пластичной смеси - 5-7 сек. Отформованные образцы сразу после изготовления накрывают влажной тканью, через 1 сутки распалубливают и помещают на 27 суток в камеру нормального твердения.
3. Проверка прибора. Подготовить поверхность испытываемого материала так, чтобы на ней не было видимых следов влаги, смазочных и гидроизоляционных материалов, пленки цементного раствора, неровностей, превышающих по высоте 3 мм. Включить тумблеры «П» и «И» (13 и 14) , для чего перевести их в положение обозначенное точкой. При этом на индикаторе 11 должны засветиться цифры 000,0 .Выключить тумблеры «П» и «И». Проверить герметичность прибора .Установить рукоятки 6 в рабочее положение (см. рисунок А1 а)и закрепить их фиксаторами 7 развернув последние рукоятками к корпусу прибора. Перевести рычаги прибора в верхнее положение (см. рисунок А1 б) отведя пальцем крючок 8 вправо для снятия собачки 5 с выступа кронштейна 3 и потянув их в направлении приборной панели: при этом торец поршня 2 должен выдвинуться за поверхность рабочего фланца камеры 1 на 2-5 мм. Перевернуть прибор рабочим фланцем вверх и установить его на горизонтальную поверхность . Приготовить из герметизирующей мастики ,входящей в комплект поставки ,жгут диаметром 6-9 мм и уложить его по кольцевой риске на фланце корпуса камеры . Закрыть клапан давления , вращая колпачок 4 по часовой стрелке до упора . Установить пластину из комплекта поставки на горизонтальную плоскость Установить прибор торцом поршня 2 на пластину. Плавно нажать на рукоятки вниз до защелкивания собачки 5 на выступе кронштейна 3.При этом стрелка 10 должна переместиться в сектор 2 окна 15. Включить тумблеры 13 и 14 .осторожно открывая клапан давления вращением колпачка 4 против часовой стрелки, установить правый край флажка стрелки 10 к одной из отметок градуированного сектора окна 15, затем плавно закрыть клапан и оставить прибор в таком положении на 90 минут. После прохождения этого времени флажок не должен дойти до следующей отметки. При работе от сети после окончания измерений отключить блок питания сначала от сети, а затем от прибора. Снять прибор с пластины. Для этого полностью открыть клапан давления, вращая колпачок 4 против часовой стрелки до упора. При этом стрелка 10 должна переместиться на нулевую отметку. Плавно переместить рукоятки прибора в верхнее положение до касания с корпусом, развернув фиксаторы 7 на 180°. Снять прибор с

пластины и очистить шпателем рабочую поверхность фланца и пластины от мастики.

4. Определение водонепроницаемости по его воздухопроницаемости. Для проведения испытаний следует. Установить прибор на выбранном и подготовленном участке поверхности испытуемого материала и проделать операцию. При этом стрелка 10 должна переместиться в сектор 2 или в зону между секторами 1 и 2 окна 15. Если стрелка не заняла указанного положения, следует отвернуть колпачок клапана давления 4 (стрелка 10 переместится при этом на нулевую 5 отметку) переместить рукоятки прибора вверх, не снимая прибора с поверхности, снова закрыть клапан давления и выполнить операцию. Если стрелка опять не переместилась в требуемое положение, значит сопротивление материала протеканию воздуха так мало, что выходит за диапазон действия прибора. При требуемом положении стрелки, включить тумблеры 13 и 14 и убедиться, что на цифровом табло 11 появились цифры 000,0. Оставить прибор на поверхности материала и следить за перемещением стрелки 10 и показаниями индикатора 11. По мере поступления воздуха из окружающей среды через материал в полость камеры стрелка 10 перемещается вправо и при ее прохождении под фотодатчиком (зона 1) происходит измерение, о чем свидетельствует увеличение показаний индикатора 11. По окончании измерений на индикаторе устанавливается постоянное число равное сопротивлению протеканию воздуха через материал в $\text{с/см}^3 \cdot \text{м}$. Для ускорения испытаний допускается приблизить стрелку 10 к фотодатчику слегка отвернув клапан давления 4 (против часовой стрелки), а затем вновь закрыв его. По окончании измерений зафиксировать показания цифрового индикатора в журнале измерений. Выключить тумблеры 13 и 14.

5. Обработка результатов. Выводы по работе.

Полученные значения a_i (m_i), бетона образцов записывают в порядке их возрастания и определяют среднее арифметическое значение a_c (m_c) двух средних образцов (третьего и четвертого) в качестве параметра, характеризующего воздухопроницаемость бетона в серии.

Водонепроницаемость бетона определяют по таблице 1 или , в случае невозможности использования табл.1, по экспериментально устанавливаемой градуировочной зависимости.

Таблица 1-Таблица для определения водонепроницаемости бетона.

Параметр воздухопроницаемости бетона $a_c, \text{см}^3/\text{с}$	Сопротивление бетона прониканию воздуха $m_c, \text{с/см}^3$.	Марка бетона по водонепроницаемости W
0,325-0,224	3,1-4,5	2
0,223-0,154	4,6-6,5	4
0,153-0,106	6,6-9,4	6
0,105-0,0728	9,5-13,7	8
0,0727-0,0510	13,8-19,6	10
0,0509-0,0345	19,7-29	12
0,0344-0,0238	29,1-42	14

0,0237-0,0164	42,1-60,9	16
0,0163-0,0113	61-88,5	18
0,0112-0,077	88,6-130,2	20

По таблице 1 или по установленной градуировочной зависимости определяют марку бетона по водонепроницаемости (W) , соответствующую полученному значению a_c или m_c .

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ БЕТОНА НА РАСТЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ И РАСКАЛЫВАНИИ

1. Общие положения

Увеличение предела прочности на растяжение при изгибе объясняется пластической растяжимостью бетона перед его разрывом. Отношение между деформациями в момент излома балочки и в момент достижения бетоном напряжения $R_{p,H}$ может служить мерой увеличения растяжимости бетона за счет его пластических свойств. При очень быстром проведении опыта пластическая растяжимость может проявиться не в полную меру. Чем медленнее воздействует нагрузка на балку, тем более благоприятны условия для развития пластических деформаций и тем меньше окажется изгибающий момент. Поэтому, чтобы получились сравнимые результаты, скорость испытания образцов должна быть одинаковой.

Согласно ГОСТу нагрузка на образец при испытании должна возрастать непрерывно и равномерно со скоростью $0,5 \pm 0,2$ кГ/см² в секунду вплоть до разрушения образца. Скорость загрузки бетона является решающей для его пластической растяжимости. В связи с этим отношение между полной деформацией, соответствующей моменту разрушения балки, и деформацией, при которой возможно появление трещины (кривая а — в), колеблется в пределах от 1,5 до 3.

Определение прочности бетона состоит в измерении минимальных усилий, разрушающих специально изготовленные контрольные образцы бетона при их статическом нагружении с постоянной скоростью нарастания нагрузки, и последующем вычислении напряжений при этих усилиях.

2. Цели лабораторной работы

Цель работы – оценить прочности бетона на растяжение при изгибе и раскалывании.

Основная задача лабораторной работы:

Ознакомиться с методиками испытания образцов.

Выводом лабораторной работы должна быть зависимость предела прочности бетона на растяжение при изгибе и раскалывании.

3. Средства контроля и вспомогательное оборудование

- формы для изготовления образцов бетона по ГОСТ 22685. Допускается применять следующие образцы: кубы (далее - образцы-кубы) с ребром длиной 70 мм; призмы (далее - образцы-призмы) размером 70x70x280 мм; цилиндры (далее - образцы-цилиндры) диаметром 70 мм; половинки образцов-призм, полученных после испытания на растяжение при изгибе образцов-призм, для определения прочности бетона на сжатие;
- весы лабораторные по ГОСТ 24104;
- виброплощадка лабораторная;
- камера нормального твердения;
- прессы для испытаний на сжатие по гост 8905. Шкалу силоизмерителя испытательной машины выбирают из условия, что ожидаемое значение разрушающей нагрузки должно быть в интервале от 20% до 80% максимальной нагрузки, допускаемой выбранной шкалой. Нагружение образцов проводят непрерывно с постоянной скоростью нарастания нагрузки до его разрушения. При этом время нагружения образца до его разрушения должно быть не менее 30 с;
- устройства и приспособления для испытаний на растяжение при изгибе;
- шарнирно- подвижные опоры;
- устройства и приспособления для испытаний на растяжение при раскалывании;
- линейки стальные по ГОСТ 427;
- штангенциркули шд-п 2-го класса по ГОСТ 166;
- оборудование для изготовления образцов формы с крышками и насадками по ГОСТ 22685;

4. Порядок выполнения работы

1. Составы бетона для испытаний задаются преподавателем.
2. Изготавливают 6 контрольных образцов-призм, - размеры задаются преподавателем.

Продолжительность виброуплотнения образцов, изготовленных из пластичной смеси - 5-7 сек. Отформованные образцы сразу после изготовления накрывают влажной тканью, через 1 сутки распалубливают и помещают на 27 суток в камеру нормального твердения.

3. Образцы должны быть выдержаны до испытания в распалубленном виде в течение 24 ч, если они твердели в воде, и в течение 4 ч, если они твердели в воздушно-влажностных условиях или в условиях тепловой обработки.

4. Испытание на растяжение при изгибе. Образец-призму устанавливают в испытательную машину по схеме на рис. 1 и нагружают до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки $(0,05 \pm 0,01)$ МПа/с.

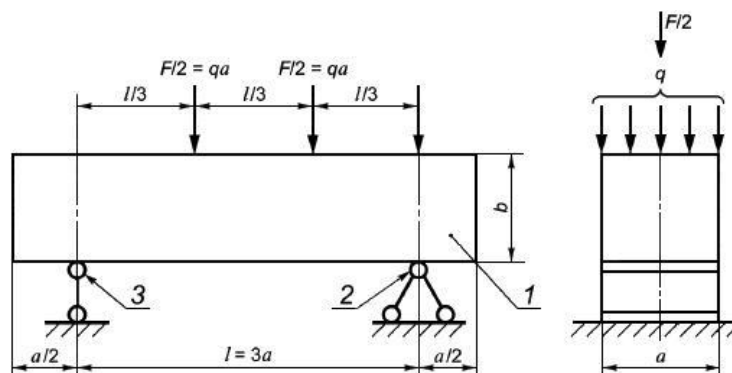


Рис. 1. Схема испытания на растяжение при изгибе

b - ширина и высота образца; F - нагрузка; q - распределенная нагрузка; 1 - пролет; l - образец; 2 - шарнирно-неподвижная опора; 3 - шарнирно-подвижная опора

Разрушенный образец подвергают визуальному осмотру. Если образец разрушился не в средней трети пролета или плоскость разрушения образца наклонена к вертикальной плоскости более чем на 15° , то при определении средней прочности бетона серии образцов этот результат испытания не учитывают.

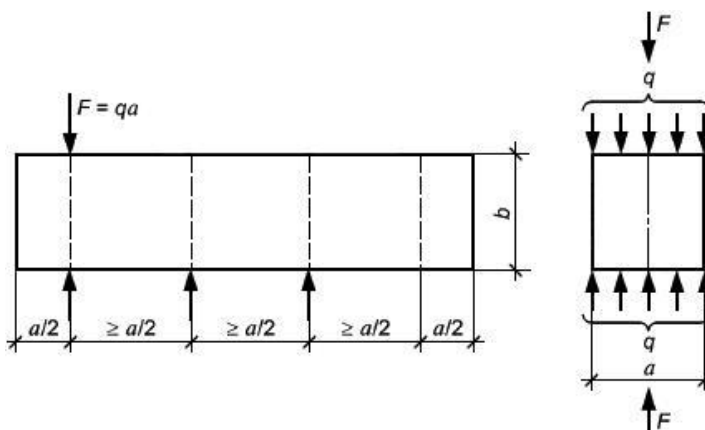
Если при визуальном осмотре выявлены:

- крупные (объемом более 1 см^3) раковины и каверны внутри образца;
- зерна заполнителя размером более $1,5$ комков глины,
- следы расслоения,

то результаты испытаний образцов не учитывают.

5. Испытания на растяжение при раскалывании. Образцы, предназначенные для испытания на осевое растяжение, закрепляют в захватах.

Образец устанавливают на плиту испытательной машины по схеме на рис. 2.



Образцы-призмы из тяжелого бетона

Рис. 2. Схемы испытания на растяжение при раскалывании

С помощью держателя или временных опор проверяют, чтобы образец

был отцентрирован при первоначальном приложении нагрузки. Нагружение проводят при постоянной скорости нарастания нагрузки $(0,05 \pm 0,01)$ МПа/с. Для равномерной передачи усилия на образец между стальной колющей прокладкой и поверхностью образца-куба или между опорными плитами испытательной машины и поверхностью образца-цилиндра устанавливают прокладку из фанеры (используют не более двух раз) или картона (используют не более одного раза) длиной не менее длины образца, шириной (15 ± 1) мм и толщиной (4 ± 1) мм. Результаты испытания не учитывают, если плоскость разрушения образца наклонена к вертикальной плоскости более чем на 15° (см. рис. 2).

6. Оформить результаты (табл.1). Сделать выводы.

Таблица 1 - Результаты определения предела прочности бетона на растяжение при изгибе и раскалывании

№ П/П	Размеры образца, мм	Разрушающая сила, Н	Предел прочности при изгибе, Мпа	Папровочный коэффициент	Предел прочности при раскалывании, Мпа	Среднее Значение, Мпа

Список литературы

1. Баженов Ю.М. Технология бетона.- М.: Изд-во АСВ, 2003 - 500 с.
2. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
3. ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия.
4. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия
- 5 Баженов Ю.М., Комар А.Г. Технология бетонных и железобетонных изделий. - М.: Стройиздат, 1984. 672 с.
6. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Основы бетоноведения. – Санкт-Петербург: Строй Бетон, 2006. 692 с.
7. Баженов Ю.М. Способы определения состава бетона различных видов. - М.: Стройиздат, 1975. 268с.
8. ГОСТ 10178 - 85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия.
9. Рекомендации по подбору составов легких бетонов (к ГОСТ 27006-86). – М., ВНИИжелезобетон, 1990 – 63 с.
10. Бужевич Г.А. Легкие бетоны на пористых заполнителях. – М., Стройиздат, 1970 – 272 с.
11. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Основы бетоноведения. – Санкт-Петербург, ООО «Строй-Бетон», 2006 – 692 с.
12. СНиП 82-02-85. Федеральные (типовые) элементные нормы расхода цемента при изготовлении бетонных и железобетонных изделий и конструкций
13. ГОСТ 25820-2000. Бетоны легкие. Технические условия.
12. СНиП 3.09.01-85. Производство сборных и железобетонных конструкций и изделий.
14. ГОСТ 27006-86. Бетоны. Правила подбора состава.
15. ГОСТ 7473-2010. Смеси бетонные. Технические условия.
16. ГОСТ 10181-2000. Смеси бетонные. Методы испытаний.
17. Ратинов В.В., Розенберг Т.Н. Добавки в бетон. - М.: Стройиздат, 1973. - 207 с.
18. ГОСТ 24211-2008. Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия.
19. ГОСТ 30459-2008. Добавки для бетонов и строительных растворов. Методы определения эффективности.
20. Касторных Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы. – Рн/Д: Феникс, 2005. – 221 с.
21. Пособие по применению химических добавок при производстве

сборных железобетонных конструкций и изделий (к СНиП 3.09.01-85).

22. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. - М.: Стройиздат. 1998.- 768с.

23. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона. – М.: КазГАСУ: Издательство «Палеотип», 2006. – 244 с.

24. Руководство по применению химических добавок в бетоне. - М.: Стройиздат, 1985.- 64 с.

Методические указания
к выполнению лабораторно-практических работ по дисциплине «Структура
и свойства цементного бетона и его компонентов» для студентов по
направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» по программе
магистратуры «Инновационные технологии высокопрочных и
высокофункциональных бетонов»

Составители: Красиникова Наталья Михайловна
Морозов Николай Михайлович
Хозин Вадим Григорьевич

Редакция авторов

Подписано в печать _____ 2017.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Печ.л. 4,5. Тираж 25. Заказ

Печатно-множительный отдел
Казанского государственного архитектурно-строительного университета
420043, Казань, Зеленая,1