

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности 08.05.01*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2019**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра строительства горных предприятий
и подземных сооружений

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности 08.05.01*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2019

УДК 69.2 (073)

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *О.М. Смирнова*, СПб, 2019. 48 с.

Методические указания к лабораторным работам содержат методики и необходимую справочную информацию по оценке основных свойств строительных материалов и установлению взаимосвязей между составом, структурой и свойствами строительных материалов. Приведены иллюстрационные и справочные материалы, а также актуализированная нормативная документация, облегчающие принятие инженерных решений.

Предназначены для студентов специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» специализации «Строительство подземных сооружений».

Научный редактор проф. *А.Г. Протосеня*

Рецензент проф. *А.М. Харитонов* (Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2019

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности 08.05.01*

Сост. *О.М. Смирнова*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
строительства горных предприятий и подземных сооружений

Ответственный за выпуск *О.М. Смирнова*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 18.03.2019. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 2,8. Усл.кр.-отт. 2,8. Уч.-изд.л. 2,5. Тираж 50 экз. Заказ 221. С 84.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы составлены в соответствии с учебным планом и программой учебной дисциплины «Строительные материалы».

Методические указания к лабораторным работам содержат методики и необходимые справочные данные по оценке основных свойств строительных материалов и установлению взаимосвязей между составом, структурой и свойствами строительных материалов.

Целью лабораторных работ является закрепление теоретических знаний в области строительных материалов, связанных с выбором и производством строительных материалов для уникальных зданий и сооружений, методиками оценки свойств материалов, развитие творческого естественно-научного мышления.

Основными задачами лабораторных работ являются изучение взаимосвязи состава, строения и свойств конструкционных и функциональных строительных материалов, способов формирования заданных структуры и свойств материалов при максимальном ресурсо- и энергосбережении; овладение методами оценки показателей качества строительных материалов, а также технологиями их производства; формирование навыков правильного выбора конструкционных материалов, обеспечивающих требуемые показатели надежности, безопасности, экономичности и эффективности сооружений; анализа воздействия окружающей среды на материал в конструкции, установление требований к строительным материалам исходя из их назначения и условий эксплуатации.

Качество современного строительства зависит от многих факторов, к основным из которых относятся качество применяемых строительных материалов, изделий и конструкций, а также их объективная тщательная оценка и приемка лабораторией или отделами технического контроля заводов (ОТК).

Строительные организации, выполняющие строительномонтажные и ремонтно-восстановительные работы, а также предприятия по производству строительных материалов, изделий и конструкций обязаны обеспечить контроль качества строительной продукции, технологического процесса ее производства и качества сырьевых компонентов своими силами или с привлечением специализированных испытательных лабораторий сторонних организаций.

Основной единицей, выполняющей оценку качества сырья, материалов, изделий и конструкций являются лаборатории и ОТК заводов строительных материалов и изделий, а на стройплощадке качество поступающих на стройку материалов и полуфабрикатов и качество выполняемых строительных работ оценивают строительные лаборатории. Достоверность оценки свойств материалов и конструкций зависит от оснащенности лабораторий современным испытательным оборудованием, средствами измерений и контроля, наличием необходимых условий для работы лаборатории, наличием современных методик контроля, квалифицированного персонала и актуализированной нормативной документации.

При выполнении лабораторных работ студенты должны руководствоваться национальными и региональными стандартами; информацией о существующем лабораторном оборудовании и средствах измерений, применяемых в строительстве. Результаты, полученные при выполнении лабораторной работы, обрабатываются согласно принятым методикам и приводятся в отчете.

Отчет по лабораторной работе должен содержать титульный лист, основные разделы согласно ниже приведенным требованиям к содержанию отдельных работ. В каждом разделе должны быть указаны исходные данные и полученные результаты испытаний, формулы, по которым производились расчеты, должны быть приведены в общем виде и с необходимыми значениями, вывод к каждому разделу работы. В конце отчета к работе необходимо сформулировать заключение. Отчет может быть оформлен вручную или с использованием компьютерной техники.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА.
ФИЗИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Цель работы: изучить взаимосвязь строения и свойств материала.

Содержание работы:

1. Определение истинной плотности (ρ) строительного материала.
2. Определение средней плотности (ρ_m) образца пористого материала.
3. Определение водопоглощения ($W_{\text{мас}}$; $W_{\text{об}}$) пористого материала.
4. Определение пористости.
5. Определение теплопроводности материала расчетно-экспериментальным методом.
6. Определение предела прочности при сжатии и коэффициента размягчения материала.
7. Определение коэффициента конструктивного качества; предела прочности на растяжение при изгибе.
8. Заключение о взаимосвязи структуры и свойств материалов.

Порядок выполнения работы:

1. Истинная плотность – масса единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии (*без пор*).

$$\rho = m/V_c,$$

где m — масса материала;

V_c — объем материала в абсолютно плотном состоянии, измеряется в г/см^3 , кг/м^3 .

Один из способов определения – с помощью колбы Лешатель-Кандло (рис.1).

Истинную плотность материала вычисляют с точностью до 0,01 г/см^3 : $\rho_{\text{СТАЛЬ}} \approx 7,85 \dots 7,86 \text{ г/см}^3$; $\rho_{\text{КИРПИЧ}} \approx 2,60 \dots 2,65 \text{ г/см}^3$; $\rho_{\text{ДРЕВЕС.}} \approx 1,52 \dots 1,54 \text{ г/см}^3$.

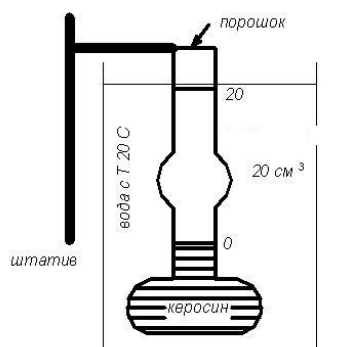


Рис.1. Колба Ле-Шателье-Кандло

2.Средняя плотность (объёмный вес, объёмная масса, плотность материала) – масса единицы объёма материала в естественном состоянии (вместе с порами).

$$\rho^o = m/V,$$

где m – масса материала в естественном состоянии;

V – объём материала.

Обычно $\rho^o \leq \rho$

$$\rho^o_{\text{СТАЛЬ}} \approx 7,85 \dots 7,86 \text{ г/см}^3;$$

$$\rho^o_{\text{КИРПИЧ}} \approx 1,60 \dots 1,90 \text{ г/см}^3;$$

$$\rho^o_{\text{СОСНА}} \approx 0,47 \dots 0,54 \text{ г/см}^3.$$

3.Пористость – степень заполнения объёма материала порами.

$$П = V_{II}/V \times 100\%,$$

где V_{II} – объём пор.

3.1. Интегральная (истинная, общая, суммарная) пористость:

$$П = (1 - \rho^o/\rho) \times 100\%$$

$$П = П_{\text{откр.}} + П_{\text{закр.}}$$

3.2. Закрытая пористость (условно-замкнутые поры).

3.3. Открытая пористость.

Многие свойства материалов определяются их пористой структурой. Размеры пор, их общий объём, относительное расположение различных по величине пор оказывают существенное влияние на свойства материала и его отношение к воде. Основные свойства пористых строительных материалов, которые зависят от параметров

(гигроскопичность, капиллярный подсос, водопоглощение, усадка и набухание, водопроницаемость, морозостойкость, теплопроводность, средняя плотность, прочность, водостойкость).

4. Водопоглощение

Свойство материала поглощать и удерживать воду при непосредственном соприкосновении с ней.

$$4.1. \text{ Водопоглощение по массе: } W_m = \frac{m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \cdot 100\% ,$$

где $m_{\text{нас}}$ — масса материала в водонасыщенном состоянии;
 $m_{\text{сух}}$ — масса материала в сухом состоянии;

$$4.2. \text{ Водопоглощение по объёму: } W_o = \frac{m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}}}{V} \cdot 100\% ,$$

где V — объём материала.

5. Теплопроводность - свойство материала проводить тепловой поток через толщу от одной поверхности до другой.

Показателем теплопроводности материала служит коэффициент теплопроводности, Вт/(м °С), который можно приближенно оценить по экспериментальной формуле:

$$\lambda = 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22\rho_o^2} - 0,14$$

Формула Некрасова оценивает коэффициент теплопроводности приближенно, т.к. теплопроводность так же зависит от геометрии, размера пор, состава скелета и др.

Коэффициенты теплопроводности основных строительных материалов представлены в Приложении 1.

Коэффициент теплопроводности - это количество тепла прошедшее через стену толщиной 1 м, площадью 1 м², в течение одного часа, при разности температур на противоположных поверхностях в 1 градус.

Коэффициенты теплопроводности воды и воздуха составляют 0,6 и 0,022 Вт/(м °С) соответственно. Этим можно объяснить повышение теплопроводности стен зданий при их увлажнении.

Наглядно влияние средней плотности материала и толщины стены на ее теплопроводность представлено на рисунке 2.

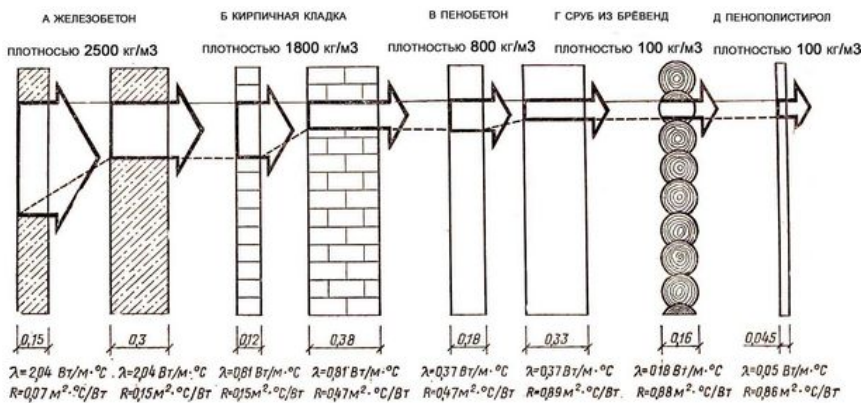


Рис.2. Влияние средней плотности материала и толщины стены на ее теплопроводность

В заключении к работе обосновывают полученные результаты и зависимости.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ВЯЖУЩИХ

Цель работы: изучение стандартных методик испытаний гидравлического вяжущего.

Общие сведения

Согласно ГОСТ 30515-2013 цементы классифицируют по следующим основным признакам: по назначению; виду клинкера; вещественному составу; прочности на сжатие; скорости твердения; срокам схватывания.

По назначению цементы подразделяют: на общестроительные и специальные. По виду клинкера цементы подразделяют на изготовленные на основе: портландцементного клинкера; глиноземистого (высокоглиноземистого) клинкера; смеси портландцементного и сульфоалюминатного (сульфоферритного) клинкера. По вещественному составу цементы на основе портландцементного клинкера подразделяют на типы, характеризующиеся различным видом и содержанием минеральных добавок: например, тип I - портландцемент, содержащий в качестве основного компонента вещественного

состава только портландцементный клинкер. По прочности на сжатие цементы подразделяют на классы: 22,5; 32,5; 42,5; 52,5. В нормативных документах на цементы конкретных видов могут быть установлены дополнительные классы прочности или ограничения по применяемым классам. Для некоторых специальных видов цементов с учетом их назначения допускается устанавливать значения прочности, отличающиеся от указанных выше. По скорости твердения общестроительные цементы подразделяют на подклассы прочности:

- нормальнотвердеющие (Н) с нормированием прочности в возрасте 2 (7) и 28 суток;

- быстротвердеющие (Б) с нормированием прочности в возрасте 2 сут, повышенной по сравнению с нормальнотвердеющими, и 28 суток;

- медленнотвердеющие (М) с нормированием начальной прочности в возрасте 7 (2) сут, пониженной по сравнению с нормальнотвердеющими цементами, и 28 суток.

По срокам схватывания цементы подразделяют:

- на медленносхватывающиеся - с нормируемым сроком начала схватывания более 2 ч;

- нормальносхватывающиеся - с нормируемым сроком начала схватывания от 45 мин до 2 ч;

- быстросхватывающиеся - с нормируемым сроком начала схватывания менее 45 мин.

Классификацию специальных цементов по назначению устанавливают в нормативных документах на эти цементы.

Для лучшего понимания изучаемой темы необходимо изучить основные термины и определения, которые приведены в Приложении 2.

По вещественному составу цементы подразделяют на пять типов: ЦЕМ I - портландцемент; ЦЕМ II - портландцемент с минеральными добавками; ЦЕМ III - шлакопортландцемент; ЦЕМ IV - пуццолановый цемент; ЦЕМ V - композиционный цемент.

По содержанию портландцементного клинкера и добавок цементы типов ЦЕМ II - ЦЕМ V подразделяют на подтипы А, В и С.

Вещественный состав цементов должен соответствовать приведенному в Приложении 3 согласно ГОСТ 31108-2016.

Согласно новому ГОСТ 31108-2016 (по сравнению с прежней редакцией ГОСТ 31108- 2003) увеличено допустимое содержание минеральных добавок для общестроительного портландцемента. Например, если ранее их количество ограничивалось 20% (цементы типа ЦЕМ II), то сегодня допускается вводить до 35% этих добавок. В композиционных цементах (цементы типа ЦЕМ V) содержание наполнителей может достигать 49% против 30%. Интересно, что содержание доменных и электротермофосфорных шлаков увеличено до 95%, т.е. в составе цемента количество портландцементного клинкера не превышает 5% (цементы типа ЦЕМ III). В этом случае портландцементный клинкер становится лишь малым технологическим модификатором. Даже в действующем ГОСТ 10178-85, который является итогом многолетних исследований по технологии получения и применения шлакопортландцемента, содержание доменных и электротермофосфорных шлаков ограничивается 80%. Следует отметить, что ГОСТ 31108-2016 дублирует многие положения европейского стандарта EN 197-1 Common cement. Specifications.

Условное обозначение цементов должно состоять: из наименования цемента по таблице Приложения 3; сокращенного обозначения цемента, включающего обозначение типа и подтипа цемента и вида добавки; класса прочности; обозначения подкласс; обозначения стандарта.

Например, портландцемент типа ЦЕМ II, подтипа В со шлаком (Ш) от 21% до 35%, класса прочности 32,5, нормальноотвердеющий:

Портландцемент со шлаком ЦЕМ II/В-Ш 32,5Н ГОСТ 31108-2016

Требования к физико-механическим показателям цементов по ГОСТ 31108-2016 приведены в Приложении 4.

Пример условного обозначения портландцемента марки 400, с добавками до 20%, быстротвердеющего, пластифицированного:

Портландцемент 400-Д20-Б - ПЛ ГОСТ 10178-85

Требования к механическим показателям цементов по ГОСТ 10178-85 приведены в Приложении 5.

Пример условного обозначения портландцемента для бетона дорожных и аэродромных покрытий ДП, типа ЦЕМ I, класса прочности 42,5Н:

Портландцемент ЦЕМ I 42,5Н ДП ГОСТ Р 55224-2012

Пример условного обозначения портландцемента тампонажного бездобавочного с нормированными требованиями при водоцементном отношении, равном 0,44, умеренной сульфатостойкости:

ПЦТ I-G-CC-2 ГОСТ 1581-96

В разных странах применяют существенно различающиеся методы определения основных физико-механических свойств цемента - прочности, водопотребности, сроков схватывания, равномерности изменения объема, которые дают различные результаты при испытаниях одних и тех же цементов. Европейским Комитетом по стандартизации приняты европейские стандарты, регламентирующие единые для стран ЕС методы физико-механических испытаний цемента в пластичных растворах с использованием полифракционного песка и специального оборудования. В России разработан ряд стандартов с целью нормативного обеспечения производителей цемента методиками испытаний своей продукции, позволяющими получать аналогичные со странами ЕС результаты для сопоставимой оценки строительно-технических свойств цемента в процессе научно-технического и экономического сотрудничества.

Содержание работы:

1. Изучение документа о качестве на цемент и установление нормативного документа, в соответствии с которым изготовлен цемент. Установление контролируемых показателей для изучаемого цемента.
2. Определение нормальной густоты цементного теста;
3. Определение тонкости помола, сроков схватывания портландцемента;
4. Изготовление образцов-балочек для определения активности, марки или класса прочности портландцемента;

5. Испытание образцов-балочек в 7-ми или 28-ми суточном возрасте; обработка результатов многократных испытаний; вывод об активности, марке или классе прочности портландцемента.

6. Заключение о соответствии испытанного портландцемента требованиям нормативного документа, в соответствии с которым изготовлен цемент.

Для выполнения лабораторной работы рекомендуется следующая нормативная документация:

1. ГОСТ 31108-2016 Цементы общестроительные. Технические условия.

2. ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия (с Изменениями № 1, 2).

3. ГОСТ 25094-2015 Добавки активные минеральные для цементов. Метод определения активности

4. ГОСТ 30515-2013 Цементы. Общие технические условия

5. ГОСТ 30744-2001 Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка

6. ГОСТ 6139-2003 Песок для испытаний цемента. Технические условия

7. ГОСТ Р 55224-2012 Цементы для транспортного строительства. Технические условия

8. ГОСТ 310. 1 -76. Цементы. Методы испытаний. Общие положения.

9. ГОСТ 310. 2 -76. Цементы. Методы определения тонкости помола.

10.ГОСТ 310. 3-76. Цементы. Методы определения нормальной плотности, сроков схватывания и равномерности объема.

11.ГОСТ 310. 4-81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии.

12.ГОСТ 1581-96 Портландцементы тампонажные.

Порядок выполнения работы:

1. Тонкость помола.

а) ситовой анализ:

Согласно ГОСТ 310.2 -76 необходимо использовать сито с контрольной сеткой №008, через которое должно проходить не менее 85% массы пробы.

Согласно ГОСТ 30744-2001 необходимо использовать сито с контрольной сеткой №009. Допускается применение сита с сеткой №008.

б) удельная поверхность определяется при помощи поверхностномера ПСХ ($S_{\text{пл}} = 2500 \dots 3500 \text{ см}^2/\text{г}$).

2. Истинная плотность портландцемента определяется с помощью колбы Ле-Шателье и составляет $\rho_{\text{пл}} \approx 2,9 \dots 3,1 \text{ г/см}^3$;

3. Нормальная густота цементного теста – это такая консистенция теста, при которой пестик прибора Вика не доходит до дна кольца на 5...7 мм.

4. Равномерность изменения объёма.

Равномерность изменения объёма твердеющего цемента определяется путём трёхчасового кипячения лепёшек суточного возраста изготовленных из цементного теста нормальной густоты согласно ГОСТ 310.2 -76.

Согласно ГОСТ 30744-2001 равномерность изменения объёма цемента характеризуется величиной расширения образца из цементного теста нормальной густоты в кольце Ле-Шателье при кипячении.

5. Сроки схватывания.

Определяются с помощью прибора Вика на цементном тесте нормальной густоты.

По ГОСТ 310.3-76 начало схватывания должно наступать не ранее 45 минут, конец схватывания — не позднее 10 часов.

6. Консистенция (нормальная густота) цементной растворной смеси — водо-цементное отношение, которое определяется по методике с использованием встряхивающего столика по ГОСТ 310. 4-81. На основе растворной смеси нормальной густоты изготавливают образцы-балочки для определения прочностных характеристик.

Согласно ГОСТ 30744-2001 для определения класса прочности цемента образцы-балочки изготавливают из состава, состоящего из цемента и стандартного полифракционного песка в соотношении Ц:П=1:3 по массе при водоцементном отношении, равном В/Ц=0,50. Для приготовления одного замеса цементного раствора, необходимого для изготовления трех образцов-балочек, взвешивают 450 г цемента, используют одну упаковку стандартного полифракционного песка массой 1350 г и взвешивают 225 г воды.

7. Активность и марка портландцемента ПЦ.

Марка цемента ($R_{ц}^{28}$) — гарантированный предел прочности при сжатии половинок стандартных образцов-балочек размером $4 \times 4 \times 16$ см в возрасте 28 суток, после хранения в воде при температуре $+20$ °С.

Образцы изготавливаются из растворной смеси нормальной густоты состава 1:3 (на одну часть цемента приходится три части песка по массе).

Испытания на растяжение при изгибе выполняются в соответствии с рисунком 3:

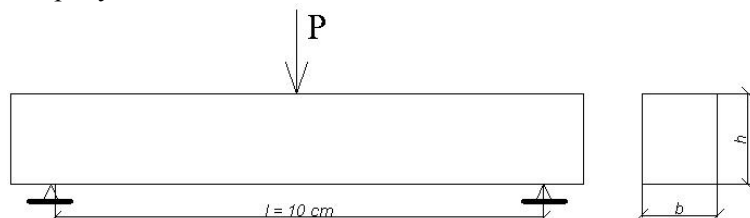


Рис.3. Схема испытания на растяжение при изгибе

$$R = \frac{3}{2} \frac{Pl}{bh^2} \quad [\text{МПа, кгс/см}^2]$$

где P —разрушающая нагрузка; l —расстояние между опорами;

Средняя скорость нарастания нагрузки на образец должна быть (50 ± 10) Н/с.

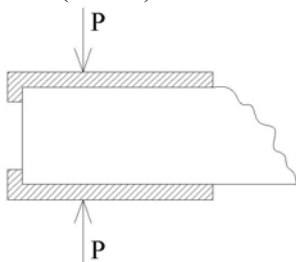


Рис.4. Схема испытания на сжатие

Половинки балочек испытывают на сжатие в соответствии с рисунком 4 и определяют активность, марку или класс прочности цемента:

$$R = P/F \quad [\text{МПа, кгс/см}^2]$$

где P — разрушающая нагрузка, Н; F - площадь рабочей поверхности нажимной пластинки, мм^2 .

Активность — прочность при сжатии или изгибе стандартных образцов в любом возрасте (обычно активность при сжатии).

Марка цемента определяется по пределам прочности при сжатии и изгибе в возрасте 28 суток согласно Приложению 5.

Средняя скорость нарастания нагрузки на образец должна составлять (2400 ± 200) Н/с.

Марки цемента по ГОСТ 10178-85: ПЦ400, ПЦ500, ПЦ550, ПЦ600 и др. (кг/см^2).

По ГОСТ 31108-2016, который гармонизирован с европейским стандартом, для оценки прочности при сжатии цементно-песчаных образцов вместо марок используют классы прочности (определенные в МПа): 22,5; 32,5; 42,5; 52,5 (см. Приложение 4).

В выводах к работе делается заключение о соответствии испытанного портландцемента требованиям нормативного документа.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА МЕЛКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ БЕТОНОВ

Цель работы: изучение свойств мелкого заполнителя, методов его испытания и требований нормативных документов, предъявляемых к этому материалу.

Содержание работы:

1. Определение влажности заполнителя;
2. Определение насыпной плотности заполнителя;
3. Определение плотности зерен заполнителя;
4. Определение содержания глинистых и пылевидных примесей в заполнителе;
5. Определение органических примесей в заполнителе;
6. Определение пустотности заполнителя;
7. Определение гранулометрического состава заполнителя и модуля крупности ($M_{кр}$), построение кривых просеивания.
8. Заключение о соответствии испытанного заполнителя требованиям стандарта.

Для выполнения лабораторной работы рекомендуется следующая нормативная документация:

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

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. ПОДБОР СОСТАВА БЕТОНА. СВОЙСТВА БЕТОННОЙ СМЕСИ

Цель работы: приобретение навыков подбора состава тяжелого бетона с рациональным соотношением между цементом, водой, мелким и крупным заполнителем, обеспечивающим требуемую марку по удобоукладываемости бетонной смеси и класс прочности затвердевшего бетона при минимальном расходе портландцемента.

Порядок выполнения работы:

1. Определение водоцементного отношения по заданной прочности на сжатие бетона, активности цемента и качестве заполнителей. Пример исходных данных представлен в таблице 1.

Таблица 1

Пример задания для выполнения работы

Вариант	1
Класс прочности бетона	B35
Активность цемента	43,6 МПа
Осадка конуса	5 см
Крупный заполнитель	гравий
крупность	20 мм
влажность	1,1%
качество	среднее
Мелкий заполнитель	песок
влажность	2,4%
Коэффициент раздвижки зерен заполнителя	1,2
Коэффициент вариации	9%
Объем бетоносмесителя	750л

2. Расчет материалов на лабораторный замес в зависимости от заданного значения коэффициента заполнения пустот в крупном заполнителе.

3. Уточнение состава бетона по заданной подвижности бетонной смеси.

4. Изготовление стандартных образцов бетона и определение средней плотности свежесделанной бетонной смеси.

5. Заключение о составе бетона на 1 куб.м. Обоснование преимуществ и недостатков расчетного, расчетно-экспериментального и экспериментального методов подбора состава.

Для выполнения лабораторной работы рекомендуется следующая нормативная документация:

1.ГОСТ 7473-2010. Смеси бетонные. Технические условия.

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

В заключении к работе приводятся лабораторный и производственный составы бетона на 1 м³, а также производственный состав на объем бетоносмесителя.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. ПОДБОР СОСТАВА РАСТВОРА. СВОЙСТВА РАСТВОРНОЙ СМЕСИ

Цель работы: приобретение навыков подбора состава раствора с рациональным соотношением между цементом, водой, мелким заполнителем и при необходимости добавки, обеспечивающим требуемую марку по подвижности растворной смеси и прочности затвердевшего раствора при минимальном расходе портландцемента.

Порядок выполнения работы:

1. Расчет расхода материалов на лабораторный замес для приготовления строительного раствора.

2. Изготовление образцов-балочек.

3. Испытание образцов-балочек в 7-ми и 28-ми суточном возрасте на растяжение при изгибе и сжатие.

4. Определение фактической марки цементного раствора.

5. Расчет расхода материалов на 1 м³ раствора.

6. Заключение: Обоснование выбора наиболее экономичного состава раствора.

Для выполнения лабораторной работы рекомендуется следующая нормативная документация:

1. ГОСТ 28013-98 Растворы строительные. Общие технические условия

2. ГОСТ 5802-86 Растворы строительные. Методы испытаний

В заключении к работе приводится лабораторный состав раствора на 1 м³, а также состав раствора по массе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫЕ СПЛАВЫ. КОМПОНЕНТЫ И ФАЗЫ В СПЛАВАХ ЖЕЛЕЗА И УГЛЕРОДА

Цель работы: изучить взаимосвязь состава, структуры и свойств железоуглеродистых сплавов.

Общие сведения

В технике используют преимущественно не чистые металлы, а сплавы. Сплавы - это сложные вещества, получаемые сплавлением или спеканием простых веществ, называемых компонентами. Сплав считается металлическим, если его основу (свыше 50% по массе) составляют металлические компоненты. Металлические сплавы обладают более высокими механическими свойствами, чем чистые металлы, поэтому их широко используют в качестве конструкционных материалов.

Условно (исторически) металлы и сплавы делят на *черные* и *цветные*.

К *черным* относят железо и его сплавы с углеродом – стали (до 2,14% С), чугуны (более 2,14% С) и ферросплавы, сплавы железа, содержащие повышенное количество кремния и марганца.

Цветными металлами называют алюминий, бериллий, ванадий, гафний, кобальт, магний, медь, никель, олово, свинец, титан, цинк и др. Сплавы на их основе соответственно называют цветными.

Наибольшее применение в различных отраслях строительства имеют в настоящее время черные металлы и сплавы (стали и чугуны). Они сочетают высокую жесткость с достаточной статической и циклической прочностью. Эти параметры можно менять в широком диапазоне за счет изменения концентрации углерода, легирующих элементов и технологии термической и химико-термической обработки. Изменяя химический состав сплава, можно получать ма-

териал с необходимыми свойствами и использовать его в различных отраслях промышленности, в том числе и строительной. Кроме того, черные металлы и их сплавы до сих пор остаются относительно дешевыми. Если взять ориентировочно стоимость железа за 1, то относительная стоимость цветных металлов таких, как алюминия, меди, магния будет равна, примерно, - 7,0...7,5; никеля, олова, хрома, кобальта, титана, - 25-35; молибдена и серебра – 160-250. Эти ориентировочные данные свидетельствуют в пользу повсеместного использования железа и его сплавов. Однако в последнее время легкие цветные металлы, например, алюминий и его сплавы находят в строительстве все большее применение в качестве конструкционного материала и архитектурно-строительных деталей. Титан и его сплавы находят новое применение в качестве отделочных материалов.

Диаграмма состояния $Fe - Fe_3C$

Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов (рис. 5) описывает равновесное состояние сплава железо-углерод в зависимости от содержания углерода и температуры. По ней судят о структуре медленно охлажденных сплавов, а также о возможности изменения их микроструктуры в результате термической обработки, определяющей эксплуатационные свойства сплавов.

На диаграмме состояния железоуглеродистых сплавов, на оси ординат отложена температура, на оси абсцисс – содержание в сплавах углерода до 6,67%, т.е. до такого количества, при котором образуется химическое соединение Fe_3C - цементит. Пунктирными линиями нанесена диаграмма состояния системы железо – графит, так как возможен распад цементита.

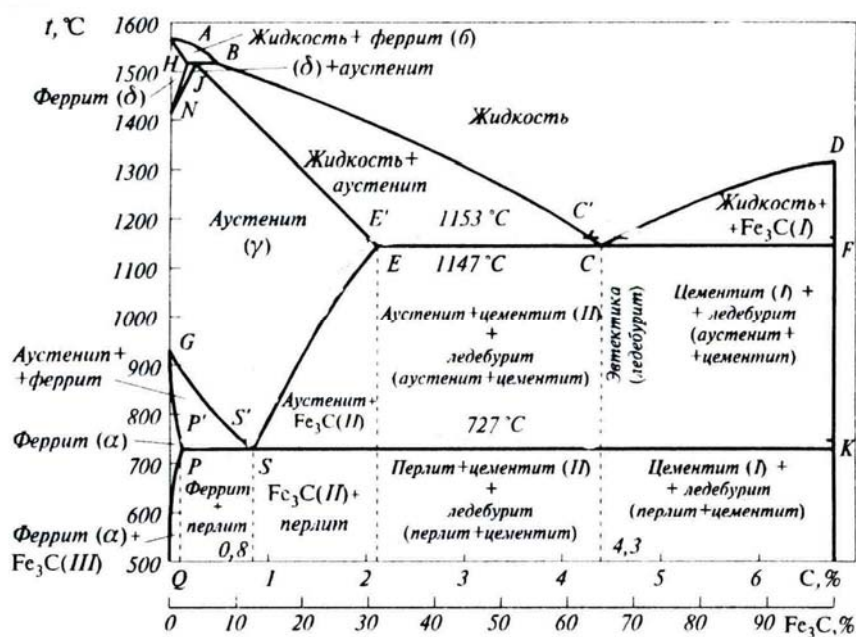


Рис.5. Диаграмма состояния Fe-Fe₃C

Рассматриваемую диаграмму правильнее считать не железоуглеродистой, а железцементитной, поскольку свободного углерода в сплавах не содержится. Но так как содержание углерода пропорционально содержанию цементита, то удобнее все изменения структуры сплавов связывать с различным содержанием углерода.

Все линии на диаграмме соответствуют критическим точкам, т.е. тем температурам, при которых происходят структурные изменения в сплавах.

Точка A (1539°C) соответствует температуре плавления чистого железа, точка D (1250°C) – температуре плавления цементита. Точки N (1392°C) и G (910°C) соответствует полиморфному превращению α -Fe в γ -Fe. Точка E (1147°C) характеризует предельную растворимость углерода (2,14%) в γ -Fe.

Линия ACD – линия начала кристаллизации сплава (линия ликвидуса), линия AECF – линия конца кристаллизации сплава (линия солидуса). Область AESG на диаграмме соответствует аустени-

ту. Линия GS – начало выделения феррита, а линия SE – вторичного цементита. Линия PSK соответствует окончательному распаду аустенита и выделению перлита. В области ниже линии PSK никаких изменений структуры не происходит. Линия GSK и PSK имеют большое значение при термической обработке стали. Линию GSK называют линией верхних критических точек.

По мере охлаждения сплав железо-углерод проходит фазы жидкости и твердого тела.

Основными структурными составляющими железоуглеродистых сплавов являются:

- феррит;
- цементит;
- аустенит;
- перлит;
- ледебурит;
- графит.

При этом феррит и аустенит являются твердыми растворами, цементит – химическое соединение Fe_3C , перлит и ледебурит – механические смеси, а графит – разновидность углерода.

Феррит – твердый раствор углерода в $\alpha-Fe$ (рис. 6). Атомы углерода располагаются в центре граней куба, в вакансиях, на дислокациях. Предельная растворимость углерода в феррите при $20^\circ C \approx 0,006\%$, $727^\circ C \approx 0,02\%$, в интервале $1392-1539^\circ C=0,1\%$. В смеси с другими фазами феррит устойчив ниже линии GSK на диаграмме (рис. 3) в доэвтектоидных сталях, серых и ковких чугунах. Чистый феррит пластичен, имеет небольшую прочность и твердость, магнитен: $\sigma_b=250\text{МПа}$, $\sigma_{0,2}=120\text{МПа}$, $\delta=50\%$, $\psi=80\%$, $HV=800-900\text{МПа}$.

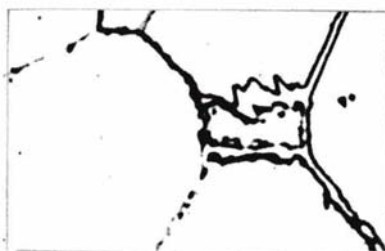
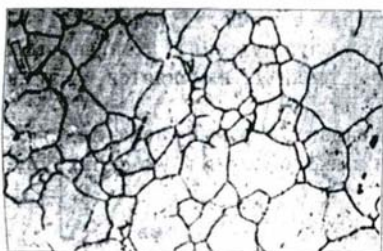


Рис.6. Микроструктура технического чистого железа:
а – $< 0,006\%$ С при увеличении $\times 300$; б – $0,01\%$ С при увеличении $\times 600$

Аустенит – твердый раствор углерода в $\gamma\text{-Fe}$. Предельная растворимость углерода в аустените 2,14% при 1147°C. Атомы углерода располагаются в центре элементарной ячейки и дефектных областях кристалла. Повышенная растворимость углерода в аустените обусловлена большим объемом и числом пор в кристаллической решетке $\gamma\text{-Fe}$. Аустенит устойчив в железоуглеродистых сплавах при $t > 727^\circ\text{C}$. Прочность и твердость (НВ=1700-2000 МПа) аустенита в 2,5-3 раза больше феррита при той же пластичности и пределе текучести; он легко наклепывается, обладает большим температурным коэффициентом теплового расширения.

Перлит – эвтектоидная смесь феррита и цементита; образуется в процессе распада аустенита при 723°C и содержании углерода 0,83%. Примеси Si и Mn способствуют образованию перлита и при меньшем содержании углерода. Структура перлита может быть пластинчатой и глобулярной (зернистой). Механические свойства перлита зависят от формы и дисперсности частичек цементита. Прочность пластинчатого перлита несколько выше, чем зернистого.

Ледебурит – эвтектическая смесь аустенита и цементита, образующаяся при 1130°C и содержании углерода 4,3%. Структура неустойчивая: при охлаждении аустенит, входящий в состав ледебурита, распадается на вторичный цементит и перлит. Ледебурит очень тверд (НВ=700), хрупок.

Графит – мягкий и хрупкий компонент чугуна, состоящий из разновидностей углерода. Встречается в серых и ковких чугунах.

Цементит – химическое соединение железа с углеродом – карбид железа Fe_3C , содержащий 6,67% С, имеет сложную ромбическую решетку с плотной упаковкой атомов. Цементит является метастабильной фазой, претерпевающей изменения при легировании и термической обработке сплавов. Различают первичный цементит, выделяющийся при кристаллизации из жидкого расплава и вторичный и третичный цементиты, выделяющиеся при распаде аустенита и феррита. Твердость цементита НВ – 8000 МПа, он хрупок.

В зависимости от содержания углерода сплавы железа с углеродом подразделяют на стали (С<2,14%) и чугуны (С от 2,14 до 6,67%).

Стали подразделяют в свою очередь на:

- технически чистое железо $\text{C} \leq 0,02\%$;

- доэвтектоидные стали $C < 0,83\%$;
- эвтектоидные стали ($C = 0,83\%$);
- заэвтектоидные стали ($0,83 \dots 2,14\% C$).

Структура доэвтектоидных сталей состоит из феррита и перлита, эвтектоидной стали – из одного перлита, а заэвтектоидных сталей – из перлита и цементита, который выделяется по границам зерен перлита, уменьшая однородность структуры, характерную для эвтектоидной стали (рис. 7).

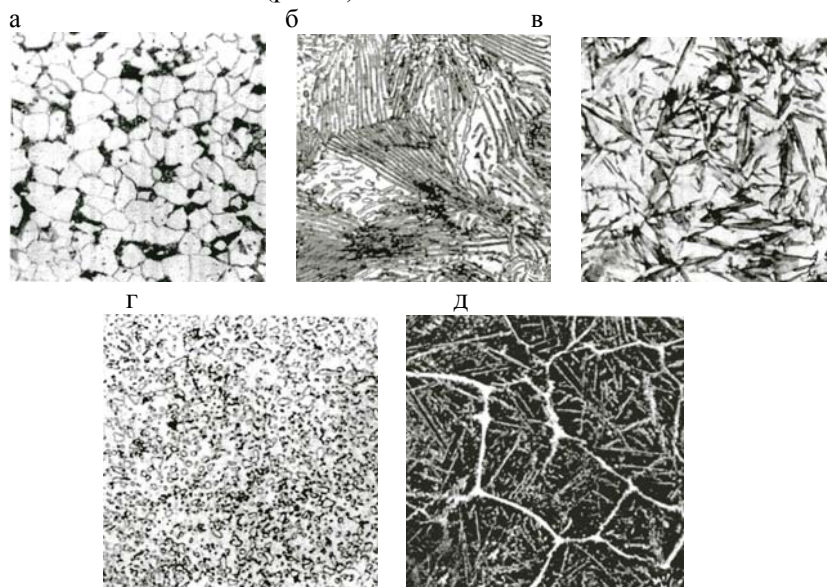


Рис.7. Структура сталей:

а – сталь с 0,15% С: зерна феррита (светлые) и участки перлита (темные); б – сталь с 0,8% С (пластинчатый перлит); в – сталь с 0,85% С (пластины мартенсита и остаточный аустенит); г – сталь с 0,91% С (сфероидизированный цементит в феррите); д – сталь с 1,18% С: сетка и пластины цементита (светлые) в перлите.

При нормальных температурах в обычных углеродистых сталях аустенит не сохраняется. Он существует лишь при температурах выше 723°C , распадаясь при охлаждении на эвтектоидную смесь феррита и цементита, называемую перлитом. Однако аустенит, обладая высокой пластичностью и вязкостью, играет очень важную роль в технологии стали, обуславливая возможность терми-

ческой и механической обработки давлением (прокат, ковка, штамповка).

При введении большого количества (более 10%) некоторых легирующих добавок (марганца, хрома, никеля и др.) аустенит может содержаться в структуре стали и при обычных температурах (например, в высокомарганцовистой стали, используемой для устройства крестовин железнодорожных стрелочных переводов).

Железоуглеродистые сплавы с содержанием углерода от 2,14% до 6,67% называются чугунами.

Чугуны делятся на три группы: доэвтектические ($C=2,14-4,3\%$), эвтектический ($C=4,3\%$) и заэвтектические ($C>4,3\%$). Структура доэвтектических чугунов – прелит + цементит (II) + ледебурит, эвтектических – ледебурит (II) и заэвтектических – ледебурит (II) + цементит (I). Чугуны, в которых весь углерод связан и находится в форме цементита, называют белыми (рис. 8).

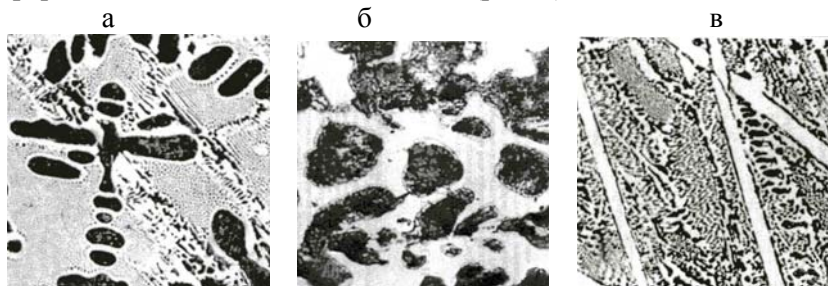


Рис.8. Структура белого чугуна:

а – белый доэвтектический чугун: дендриты первичного аустенита (и ледебурит);

б – доэвтектический чугун (эвтектический монолитный цементит и перлит);

в – белый заэвтектический чугун (пластины первичного цементита и ледебурит)

На диаграмме железоуглеродистых сплавов (рис. 5) показаны белые чугуны, применяющиеся, как правило, не для изготовления чугунных изделий, а для получения стали. В белых чугунах углерод находится в химически связанном состоянии, т.е. в виде цементита. При медленном охлаждении и большом содержании кремния цементит распадается с выделением свободного углерода в виде графита; образуются серые чугуны, используемые для получения отливок, в том числе и для строительных деталей (опорных частей мостов, труб, тьюбингов и т.д.).

С увеличением содержания углерода в железоуглеродистых сплавах меняется и структура, увеличивается содержание цементита и уменьшается количество феррита. Чем больше углерода в сплавах, тем выше их твердость и прочность, но ниже их пластические свойства. Механические свойства сплавов зависят также от формы и размера частиц структурных составляющих. Твердость и прочность стали тем выше, чем тоньше и мельче частицы феррита и цементита.

Исследование строения металлов и сплавов на их основе проводят путем изучения макроструктуры с увеличением до 10 раз и без увеличения; микроструктуры – с увеличением от 10 до 2000 раз на оптических микроскопах и до 100 000 раз на электронных микроскопах, атомной структуры – рентгенографическим анализом.

По содержанию углерода стали подразделяются на низкоуглеродистые ($C < 0,25\%$), среднеуглеродистые ($C = 0,25-0,59\%$) и высокоуглеродистые ($C > 0,6\%$).

Низкоуглеродистые и реже среднеуглеродистые стали используются преимущественно в строительных конструкциях.

Влияние содержания углерода на свойства стали графически изображено на рис. 7, где по оси абсцисс отложено содержание углерода, а по оси ординат – величины важнейших свойств стали: предела прочности на растяжение σ_s , предела текучести σ_s , твердости HV , относительного удлинения δ , относительного сужения ψ , ударной вязкости α_k .

Видно, что по мере увеличения содержания углерода от 0 до 0,8% непрерывно и заметно растет предел прочности стали, так как при этом уменьшается количество феррита и повышается количество более прочного перлита. При содержании углерода 0,8% сталь состоит из перлита, т.е. имеет наиболее однородную структуру. При дальнейшем увеличении содержания углерода цементит выделяется по границам зерен перлита, постепенно разобщая их и, следовательно, нарушая однородность структуры стали. Это приводит к тому, что с ростом содержания углерода сверх 1% прочность стали резко снижается.

Предел текучести стали изменяется аналогично пределу прочности. Относительное удлинение, относительное сужение и связанная с ними ударная вязкость, наоборот, с увеличением содержания углерода до 0,8-1% резко уменьшаются, что обусловлено раз-

личием свойств структурных составляющих в стали. Наиболее пластичной и вязкой структурной составляющей является феррит, значительно менее вязкой – перлит и хрупкой – цементит.

Твердость стали с увеличением содержания углерода непрерывно возрастает, т.к. наименьшей твердостью обладает феррит, несколько большей – перлит и значительной – цементит.

Из рис. 9 видны и основные недостатки обычных углеродистых сталей, заставляющие переходить или к их термообработке, или к легированию.

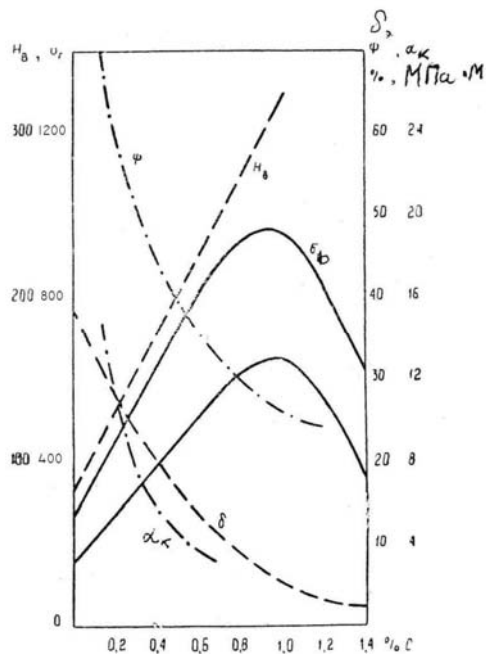


Рис.9. Влияние углерода на механические свойства сталей

Один из существенных недостатков обычных углеродистых сталей – неоднозначное влияние углерода на их свойства. При повышении содержания углерода, с ростом прочности и предела текучести в конструкционных сталях непрерывно уменьшаются их пластические характеристики и ударная вязкость.

Второй существенный недостаток обычных углеродистых сталей – относительно низкий предел текучести.

В стальных конструкциях нельзя допустить появления остаточных деформаций, поэтому напряжения, возникающие в них, должны быть, по крайней мере, в полтора раза ниже величины предела текучести, а так как он меньше предела прочности, то, следовательно, приходится назначать высокий “запас прочности”, по отношению к пределу прочности стали (не менее 3). С увеличением предела текучести повышается расчетное (допускаемое) напряжение в стали или уменьшается расход металла, что достигается либо термообработкой с образованием структур сорбита или троостита, либо введением легирующих добавок

Третий существенный недостаток обычных углеродистых сталей – их коррозия, дающая большие ежегодные потери металла.

Порядок выполнения работы:

1. Изучение микроструктуры стали и чугуна.
2. Изучение микроструктуры (с помощью микроснимков) феррита, углеродистой стали (дозвтектоидной, эвтектоидной, заэвтектоидной) с последующей их зарисовкой в рабочей тетради; определение структурных составляющих; определение механических свойств стали в зависимости от содержания углерода.
3. Изучение микроструктуры (с помощью микроснимков) белого чугуна (дозвтектического, эвтектического, заэвтектического); серых чугунов; ковкого чугуна; высокопрочного чугуна с последующей их зарисовкой в рабочей тетради; определение структурных составляющих и металлической основы чугунов.
4. Заключение: Установление взаимосвязи состав-структура-свойства для железоуглеродистых сплавов.

Для выполнения лабораторной работы рекомендуется следующая нормативная документация:

1. ГОСТ 27772-2015 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия.
2. ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.
3. ГОСТ 7293-85 Чугун с шаровидным графитом для отливок. Марки.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА.
ОЦЕНКА КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ
ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА**

Цель работы: изучить взаимосвязь состава, структуры и свойств железобетонных сплавов.

Порядок выполнения работы:

1. Оценка степени агрессивности воды по отношению к бетону при сравнении фактических значений показателей химической коррозии цементного камня с нормативными значениями.
2. Анализ исходных данных – марка бетона по водонепроницаемости, коэффициент фильтрации грунта, фактические показатели химической коррозии цементного камня из химического анализа грунтовых вод.
3. Сравнение исходных данных с требованиями ГОСТ 31384-2017.
4. Выводы по лабораторной работе сводятся в таблицу 2.

Таблица 2

Выводы по работе

№	Вид химической коррозии	Показатель коррозии	Фактическое значение показателя коррозии
1	2	3	4

Продолжение Табл. 2

Нормативное значение показателя коррозии	Результаты сравнения показателей	Предлагаемые первичные и вторичные способы защиты
5	6	7

5. Заключение: Установление вида химической коррозии, которая может протекать в бетоне в данных условиях.

Для выполнения лабораторной работы рекомендуется следующая нормативная документация:

1. ГОСТ 31384-2017 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА.
ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА
КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА**

Цель работы: изучить основные свойства керамического кирпича.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомление с требованиями отбора проб керамического кирпича и подготовки образцов к проведению испытаний.
2. Определение водопоглощения кирпича.
3. Испытание кирпича для определения прочностных характеристик и марки кирпича по прочности.
4. Визуальный осмотр пробы кирпичей и оценка их качества согласно требованиям ГОСТ530-2012. Результаты испытаний сводятся в таблицу 3.

Таблица 3

Результаты испытаний

№	Вид кирпича	Масса, г	Фактические размеры, мм	Номинальные размеры, мм	Отклонения от размеров, мм
1	2	3	4	5	6

Продолжение Табл. 3

Наличие дефектов	Средняя плотность, кг/м ³	Класс средней плотности кирпича	Водопоглощение по массе, %
7	8	9	10

5. Заключение: Установление марки кирпича по прочности, класса средней плотности, соответствия требованиям ГОСТ530-2012 по водопоглощению, отклонениям по размерам, наличию дефектов (трещины, сколы, недожог/пережог и др.).

Для выполнения лабораторной работы рекомендуется следующая нормативная литература:

1. ГОСТ 530-2012 Кирпич и камень керамические. Общие технические условия.
2. ГОСТ Р 57349-2016 Кирпич и блоки. Метод определения прочности на сжатие.

3. ГОСТ 7025-91 Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА.
ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ДРЕВЕСИНЫ**

Цель работы: изучить взаимосвязь структура – основные свойства древесины.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомление с требованиями отбора проб и подготовки образцов к проведению испытаний.
2. Определение общей влажности древесины.
3. Определение равновесной влажности древесины по номограмме равновесной влажности древесины (см. Приложение 6).
4. Определение средней плотности древесины при равновесной влажности и стандартной влажности. Вывод о породе древесины.
5. Определение усушки древесины в радиальном и тангентальном направлениях. Вывод о возможном короблении пиломатериалов из древесины.
6. Определение количества годичных слоев, содержания поздней древесины.
7. Определение прочности древесины полевыми методами на основании данных о средней плотности и содержании поздней древесины.
8. Испытание образцов древесины и определение предела прочности при сжатии и изгибе при равновесной влажности и стандартной влажности.
9. Сравнение результатов полевых методов и реальных испытаний.
10. Заключение: установление породы древесины, обоснование результатов по определению свойств древесины.

Для выполнения лабораторной работы рекомендуется следующая нормативная литература:

1. ГОСТ 16483.0-89 (СТ СЭВ 6470-88) Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям.

2. ГОСТ 16483.7-71 Древесина. Методы определения влажности
3. ГОСТ 16483.10-73 Древесина. Методы определения предела прочности при сжатии вдоль волокон
4. ГОСТ 16483.3-84 (СТ СЭВ 390-76) Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе
5. ГОСТ 16483.1-84 (СТ СЭВ 388-76) Древесина. Метод определения плотности
6. ГОСТ 8486-86 Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА.
ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА.
ИСПЫТАНИЕ БИТУМОВ**

Цель работы: изучить основные свойства органических вяжущих.

Общие сведения

Органические вяжущие вещества – это природные или искусственные твердые, вязкопластичные и жидкие материалы, состоящие из смеси органических высокомолекулярных соединений.

По механизму отвердевания органические вяжущие вещества делят на коагуляционные (битумы, деготь) и поликонденсационные (или полимеризационные).

В зависимости от свойств химического состава, вида сырья и технологического процесса органические вяжущие вещества коагуляционного отвердевания делят на:

- битумные (природные, нефтяные, сланцевые) вещества, состоящие из углеводородов метанового, нефтяного и ароматического рядов, а также их кислородных, серных и азотных производных;
- дегтевые (каменноугольные, торфяные, древесные) вещества, которые состоят из смеси ароматических углеводородов и их кислородных, азотных или серных производных;
- битумнополимерные, которые состоят из нефтяных битумов и полимеров;
- резинобитумные, полученные в результате совместной переработки нефтяных битумов и старой резины;

- резинодегтевые, полученные совместной переработкой старой резины и дегтепродуктов.

Битумные и дегтевые вяжущие входят в группу органических вяжущих материалов, которые состоят из высокомолекулярных углеводородов и их неметаллических производных (соединений углеводородов с серой, кислородом и азотом). Основными признаками этих вяжущих является их размягчение при нагревании и восстановлении начальной вязкости при охлаждении.

Битумы применялись в качестве строительного материала еще в глубокой древности, например, в качестве вяжущего и водоизолирующего материала.

К битумным материалам относятся следующие:

Природные битумы – вязкие жидкости или твердообразные вещества, состоящие из смеси углеводородов и их неметаллических производных: серы, азота, кислорода и др. Природные битумы получились в результате естественного процесса окислительной полимеризации нефти. Они встречаются в местах нефтяных месторождений, образуя линзы, а иногда и асфальтовые озера. Однако природные битумы в чистом виде встречаются редко, чаще они пронизывают пески, песчаники, известняки, доломиты, сланцы.

Асфальтовые породы – пористые горные породы, пропитанные битумом. Из этих пород извлекают битум или их размалывают и применяют в виде асфальтового порошка.

Нефтяные (искусственные) битумы, получаемые переработкой нефтяного сырья, в зависимости от технологии производства могут быть: остаточные, получаемые из гудрона путем дальнейшего глубокого отбора из него масел; окисленные, получаемые окислением гудрона в специальных аппаратах (продувка воздухом); крекинговые, получаемые переработкой остатков, образующихся при крекинге нефти. *Гудрон* – остаток после отгонки из нефти масляных фракций; он является основным сырьем для получения нефтяных битумов, используется в виде связующего вещества в дорожном строительстве.

К дегтевым материалам относят различные виды дегтя и пеки, получаемые в результате сухой перегонки каменного угля, древесины и др.

Все эти материалы относятся к *органическим вяжущим веществам*. Наиболее широкое применение они получили в промышленно-гражданском, гидротехническом, дорожном строительстве в виде кровельных, гидроизоляционных и материалов дорожных одежд – асфальтобетона, асфальтораствора. Органические вяжущие хорошо совмещаются с резиной и полимерами, что позволяет значительно улучшить качество битумных материалов в соответствии с требованиями современного строительства.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомление с требованиями отбора проб и подготовки образцов к проведению испытаний

2. Определение глубины проникания (пенетрация).

Испытуемый образец битума нагревают до подвижного состояния, при наличии влаги его обезвоживают путем нагрева до температуры на 90 °С выше температуры размягчения, но не выше 180 °С (для дорожных битумов - не выше 160 °С) при осторожном перемешивании, избегая местных перегревов. Время нагревания битума при указанных условиях не должно превышать 30 мин.

Обезвоженный и расплавленный до подвижного состояния битум процеживают через металлическое сито и наливают в две пенетрационные чашки так, чтобы поверхность битума была не более чем на 5 мм ниже верхнего края чашки, и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха.

Чашку с битумом охлаждают на воздухе при 18-30 °С, предохраняя образец от пыли. Продолжительность охлаждения 60-90 мин при испытании битума с глубиной проникания иглы до 250 и 90-120 мин - с глубиной проникания иглы более 250. Затем чашки с битумом помещают в баню для термостатирования при заданной температуре испытания. Время выдерживания чашек в бане высотой 35 мм - 60-90 мин, а чашек высотой 60 мм - 90-120 мин.

Если в нормативной документации на битумы не предусмотрены условия испытания, то глубину проникания иглы определяют при температуре 25°С, нагрузке 100 г в течение 5 с.

Глубину проникания иглы определяют с помощью пенетрометра (рис.11) и повторяют не менее трех раз в различных точках на

поверхности образца битума, отстоящих от краев чашки и друг от друга не менее чем на 10 мм.

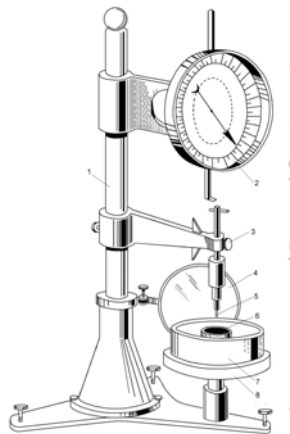


Рис.11. Пенетрометр

После каждого погружения иглу вынимают из гнезда, отмывают ее толуолом, бензином или другим растворителем и насухо вытирают в направлении острия.

За результат испытания при 25 °С принимают среднее арифметическое результатов не менее трех определений, расхождение между наибольшим и наименьшим определением не должно превышать значений, указанных в ГОСТ 11501-78.

3. Определение растяжимости битума (дуктильность).

Прибор дуктилометр определяет максимальную длину растяжения битума до разрыва (рис.12).

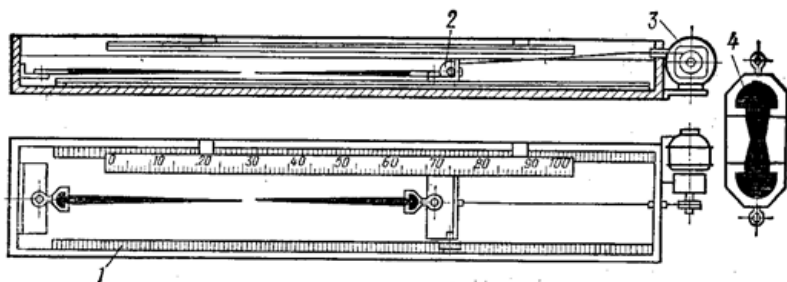


Рис.12. Прибор дуктилометр

Битум заливается в форму, которая раздвигается с заданной скоростью при определенной температуре.

Дуктилометр это коробка с винтом (1) и салазками (2) внутри. При вращении винта салазки начинают поступательное движение. С правой стороны прибора находится стойка с 3-мя штифтами. После включения мотора (3) происходит растяжение образцов битума. Длина нити в момент разрыва определяется с помощью линейки в сантиметрах и принимается как растяжимость битума. Во время эксперимента скорость перемещения салазок должна быть установлена на 5 см/мин. Формы-восьмерки (4) с битумом закрепляются в дуктилометре, для этого кольцо с зажимами надеваются на штифты, которые находятся на салазках и стойке дуктилометра.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение трех параллельных определений.

4. Определение температуры размягчения битума по методу «Кольцо и шар» (рис.13).

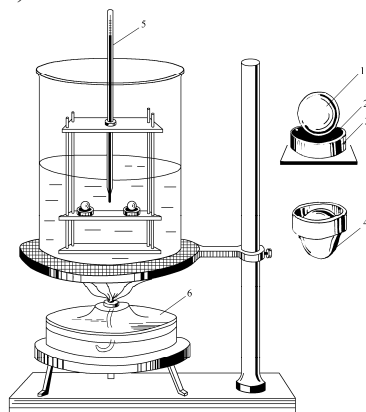


Рис.13. Прибор «Кольцо и шар»: 1-стальной шарик, 2- битум, 3-кольцо, 4-продавливание битума шариком, 5-термометр, 6-горелка

Прибор «Кольцо и шар» с водяной баней устанавливают на нагревательный прибор так, чтобы плоскость колец была строго горизонтальной.

Температура воды в бане после первых 3 мин подогрева должна подниматься со скоростью $(5,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ в 1 мин. При проведении испытания необходимо обеспечивать равномерность нагрева-

ния бани по высоте при помощи мешалки (устройства) для перемешивания. Для каждого кольца и шарика отмечают температуру, при которой выдавливаемый шариком битум коснется нижней пластинки или при которой шарик прерывает луч света, если используется автоматическая или полуавтоматическая аппаратура.

За температуру размягчения битума принимают среднеарифметическое значение двух параллельных определений, округленное до 0,2°С. Расхождения результатов определений не должно превышать 1°С.

5. Заключение о марке битума согласно действующим стандартам. Требования к маркам битумов представлены в таблицах 4-6.

Таблица 4

Определение марки битума нефтяного дорожного согласно ГОСТ 22245-90

Наименование показателя	Норма для битума марки									Метод испытания
	БНД 200/30	Б11Д 130/20	БНД 90/130	БНД 60/90	БНД 40/60	БН 200/30	БН 130/20	БН 90/130	БН 60/90	
1. Глубина проникания иглы, 0,1 мм:										По ГОСТ 11501
при 25°С	201-300	131-200	91-130	61-90	40-60	201-300	131-200	91-130	60-90	
при 0°С, не менее	45	35	28	20	13	24	18	15	10	
2. Температура размягчения по кольцу и шару, °С, не ниже	35	40	43	47	51	33	38	41	45	По ГОСТ 11506
3. Растяжимость, см, не менее										По ГОСТ 11505
при 25 °С	-	70	65	55	45	-	80	80	70	
при 0 °С	20	6,0	4,0	3,5	-	-	-	-	-	

Таблица 5

Определение марки битума нефтяного кровельного согласно ГОСТ 9548-74

Наименование показателя	Норма для марки			Метод испытания
	БНК-40/180	БНК-45/190	БНК-90/30	
1. Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм	160-210	160-220	25-35	По ГОСТ 11501-78
2. Температура размягчения по кольцу и шару, °С	37-44	40-50	80-95	По ГОСТ 11506-73

По физико-химическим показателям изоляционные нефтяные битумы должны соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 6.

Таблица 6

Определение марки битума нефтяного изоляционного согласно ГОСТ 9812-74

Наименование показателя	Норма для марки			Метод испытания
	БНИ-IV-3	БНИ-IV	БНИ-V	
1. Температура размягчения, °С	65-75	75-85	90-100	ГОСТ 11506
2. Глубина проникания иглы, 0,1 мм: при 25 °С при 0 °С, не менее	30-50 15	25-40 12	20-40 9	По ГОСТ 11501
3. Температура вспышки, °С, не ниже	250	250	240	По ГОСТ 4333
4. Растяжимость при 25 °С, см, не менее	4	3	2	По ГОСТ 11505
5. Водонасыщенность за 24 ч, %, не более	0,10	0,10	0,10	По п.3.2 из ГОСТ 9812

Для выполнения лабораторной работы рекомендуется следующая нормативная литература:

1. ГОСТ 11501-78 Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы.
2. ГОСТ 11506-73 Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару
3. ГОСТ 11505-75 Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости.
4. ГОСТ 9548-74 Битумы нефтяные кровельные.
5. ГОСТ 9812-74 Битумы нефтяные изоляционные. Технические условия

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аскадский А.А. Структура и свойства полимерных строительных материалов: Учебное пособие/ Аскадский А.А., Попова М.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 203 с.
2. Величко Е.Г. Строение и основные свойства строительных материалов: Учебное пособие/ Величко Е.Г.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017.— 475 с.
3. Комохов П.Г. и др. Металлы. Учебное пособие. Изд-во: ПГУПС, 2009
4. Петрова Т.М., Макаревич О.Е., Смирнова О.М. Бетоны: Учебное пособие. СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. – 46 с.
5. Семенов В.С. Неорганические вяжущие вещества: Учебное пособие/ Семенов В.С., Сканава Н.А., Ефимов Б.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016.— 110 с.
6. Сидоренко Ю.В. Строительные материалы: Учебное пособие/ Сидоренко Ю.В., Коренькова С.Ф.— Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2008.— 88 с.
7. Смирнова О.М., Петрова Т.М. Высокопрочные бетоны для подрельсовых конструкций: Монография. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2017. – 84 с.
8. Широкий Г.Т. Строительное материаловедение: Учебное пособие/ Широкий Г.Т., Юхневский П.И., Бортницкая М.Г.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Высшая школа, 2015.— 461 с.
9. ГОСТ 31108-2016 Цементы общестроительные. Технические условия.
10. ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия (с Изменениями № 1, 2).
11. ГОСТ 25094-2015 Добавки активные минеральные для цементов. Метод определения активности
12. ГОСТ 30515-2013 Цементы. Общие технические условия
13. ГОСТ 30744-2001 Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка
14. ГОСТ 6139-2003 Песок для испытаний цемента. Технические условия
15. ГОСТ 16483.0-89 (СТ СЭВ 6470-88) Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям.
16. ГОСТ 16483.7-71 Древесина. Методы определения влажности
17. ГОСТ 16483.10-73 Древесина. Методы определения предела прочности при сжатии вдоль волокон
18. ГОСТ 22245-90 Битумы нефтяные дорожные вязкие.
19. ГОСТ 33142 – 2014 Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры размягчения. Метод «Кольцо и Шар».

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Коэффициенты теплопроводности основных строительных материалов

МАТЕРИАЛЫ	Коэффициент теплопроводности λ , (Вт/м·К)
СТРОИТЕЛЬНЫЕ	
Бетон	1.0 - 1.03
Железобетон	1.3 - 1.5
Кладка кирпичная	0.7 - 1.0
Штукатурка цементная	0.9 - 1.0
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ	
Минераловатные	0.07 - 0.09
Пенобетон	0.15 - 0.17
Шлак котельный	0.23 - 0.31
Шлак гранулированный	0.15 - 0.18
Керамзитовый гравий	0.15 - 0.21
Пенопласт ПХВ-1	0.05 - 0.058
Пенополистирол ПС-БС	0.04 - 0.05
ПАРО- И ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ	
Битум	0.18 - 0.2
Гидроизол	0.3 - 0.35

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Основные термины и определения по ГОСТ 30515-2013

Термин	Определение
<i>1 Общие понятия</i>	
Цемент	Порошкообразный строительный вяжущий материал, обладающий гидравлическими свойствами, состоит из клинкера и, при необходимости, гипса или других материалов, содержащих в основном сульфат кальция, минеральных добавок
Общестроительный цемент	Цемент, основным требованием к которому является обеспечение прочности и долговечности бетонов или строительных растворов
Специальный цемент	Цемент, к которому наряду с обеспечением прочности предъявляют специальные требования
Вещественный состав цемента	Содержание основных компонентов в цементе, выражаемое в процентах его массы
Основные компоненты цемента	Клинкер, а также минеральные добавки, содержание которых в цементе превышает 6% общей суммы основных и вспомогательных компонентов (кроме гипсового камня и других материалов, содержащих в основном сульфат кальция)
Вспомогательные компоненты цемента	Минеральные добавки, содержание которых в цементе не более 5% общей суммы основных и вспомогательных компонентов (кроме гипсового камня и других материалов, содержащих в основном сульфат кальция)
Портландцемент	Цемент на основе портландцементного клинкера
Глиноземистый (высокоглиноземистый) цемент	Цемент на основе глиноземистого (высокоглиноземистого) клинкера
Сульфоалюминатный (сульфоферритный) цемент	Цемент, полученный на основе сульфоалюминатного (сульфоферритного) клинкера
Сульфатированный портландцемент	Портландцемент, содержащий кроме портландцементного клинкера сульфоалюминатный (сульфоферритный) клинкер
Тонкость помола цемента	Характеристика дисперсности цемента, которая может быть выражена массовой долей остатка (прохода) на одном или нескольких контрольных ситах или значением удельной поверхности
Гранулометрический состав цемента	Распределение частиц цемента по фракциям заданного размера, определяемое с помощью гранулометра или рассевом на трех и более калиброванных ситах

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 2

Термин	Определение
Характеристики гранулометрического состава цемента	Числовые значения, характеризующие гранулометрический состав цемента
Затворение цемента	Смешивание цемента с водой
Водоцементное отношение (В/Ц)	Отношение массы воды затворения к массе цемента
Цементно-водное отношение (Ц/В)	Величина, обратная водоцементному отношению
Цементное тесто	Однородная пластичная смесь цемента с водой
Цементный раствор	Однородная смесь цемента, кварцевого песка и воды в любых соотношениях
Стандартный песок	Кварцевый природный песок с нормированным зерновым и химическим составом, предназначенный для испытаний цемента
Стандартный цементный раствор	Однородная смесь цемента, стандартного песка и воды в нормированном соотношении
Нормальная густота цементного теста	Водоцементное отношение в процентах, при котором при затворении достигается нормированная консистенция цементного теста
Водопотребность цемента	Водоцементное отношение, при котором при затворении достигается нормированная подвижность стандартного цементного раствора
Гидратация цемента	Химическое взаимодействие цемента с водой с образованием гидратных новообразований, ведущее к формированию цементного камня
Схватывание цемента	Необратимая потеря подвижности цементным тестом в результате гидратации
Сроки схватывания цемента	Время начала и конца схватывания цементного теста, определяемое в нормированных условиях
Ложное схватывание цемента	Преждевременная частичная или полная потеря подвижности цементным тестом, устраняемая с помощью механического воздействия
Ложное схватывание типа 1	Резкая преждевременная потеря подвижности цементным тестом, обычно связанная с гидратацией полуводного гипса, образовавшегося в цементе при его помоле, устраняемая с помощью механического воздействия
Ложное схватывание типа 2	Постепенная, обычно частичная преждевременная потеря подвижности цементным тестом по другим причинам, устраняемая с помощью механического воздействия

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 2

Термин	Определение
Твердение цементного теста	Процесс формирования прочной структуры цементного камня
Цементный камень	Материал, образующийся в результате гидратации и твердения цемента
Класс прочности цемента	Условное обозначение одного из значений параметрического ряда по прочности цемента (МПа) в максимальные сроки, установленные нормативным документом
Подкласс прочности цемента	Дополнительное уточнение класса прочности цемента, учитывающее его начальную прочность
Активность цемента	Фактическая прочность на сжатие образцов из стандартного цементного раствора, изготовленных и испытанных в стандартных условиях, установленных нормативным документом
Гидравлические свойства	Способность тонкоизмельченного материала, затворенного водой, после предварительного твердения на воздухе или без него продолжать твердеть в воде и на воздухе Примечание - Термин относится как к цементам, так и к минеральным добавкам к нему.
Пуццоланические свойства	Способность тонкоизмельченного материала в присутствии извести проявлять гидравлические свойства
Гидрофобизация цемента	Повышение устойчивости цемента к воздействию влаги воздуха путем введения при его помоле специальных добавок, гидрофобизирующих поверхность зерен цемента
Пластификация цемента	Снижение водопотребности цемента путем введения при его помоле специальных пластифицирующих добавок
<i>2 Компоненты вещественного состава цемента и их характеристика</i>	
Цементный клинкер (клинкер)	Продукт, получаемый обжигом до спекания или плавления сырьевой смеси надлежащего состава и содержащий главным образом высокоосновные силикаты и (или) высоко- или низкоосновные алюминаты кальция
Портландцементный клинкер	Клинкер, состоящий преимущественно из высокоосновных силикатов кальция, а также алюминатов и алюмоферритов кальция
Глиноземистый (высокоглиноземистый) клинкер	Клинкер, состоящий преимущественно из низкоосновных алюминатов кальция

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 2

Термин	Определение
Сульфоалюминатный (сульфоферритный) клинкер	Клинкер, состоящий преимущественно из сульфоалюминатов (сульфоферритов) кальция
Клинкерный минерал	Искусственное соединение стехиометрического состава, представляющее собой кристаллохимическую основу клинкерных фаз
Клинкерная фаза	Составляющая часть клинкера в виде твердых растворов на основе клинкерных минералов, отдельных оксидов или стекла
Минералогический состав клинкера	Содержание основных клинкерных минералов, определяемое расчетным путем на основе данных химического анализа
Клинкер нормированного состава	Клинкер, к минералогическому и химическому составу которого установлены требования нормативным документом
Фазовый состав клинкера	Содержание основных клинкерных фаз, определяемое физико-химическими методами анализа
Минеральная добавка к цементу	Материал, вводимый в цемент взамен части клинкера в целях достижения определенных показателей качества и (или) экономии топливно-энергетических ресурсов
Активная минеральная добавка к цементу	Минеральная добавка к цементу, которая в тонкоизмельченном состоянии обладает гидравлическими или пуццоланическими свойствами
Гидравлическая добавка к цементу	Активная минеральная добавка к цементу, обладающая гидравлическими свойствами
Пуццолановая добавка к цементу (пуццолана)	Активная минеральная добавка к цементу, обладающая пуццоланическими свойствами
Добавка-наполнитель к цементу	Минеральная добавка к цементу, которая в тонкоизмельченном состоянии является инертной или имеет слабые гидравлические или пуццоланические свойства, но не ухудшает или способствует улучшению свойств цементного камня
Композиционная добавка к цементу	Добавка, состоящая из смеси двух и более минеральных добавок
Специальная добавка к цементу	Добавка к цементу, вводимая для придания ему специальных свойств или регулирования отдельных показателей качества

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 2

Термин	Определение
Технологическая добавка к цементу	Добавка к цементу, вводимая для улучшения процесса помола и (или) для облегчения транспортирования цемента по трубопроводам
<i>3 Свойства цемента</i>	
Равномерность изменения объема цемента	Свойство цемента в процессе твердения образовывать цементный камень, деформация которого не превышает значений, установленных нормативным документом
Тепловыделение цемента	Количество теплоты, выделяемое при гидратации цемента
Водоотделение цемента	Количество воды, отделившейся при расслоении цементного теста, хранившегося в нормированных условиях, вследствие седиментационного осаждения частиц цемента
Самонапряжение цемента	Способность цементного камня некоторых специальных цементов вследствие расширения при гидратации напрягать заложенную в него арматуру
Расширение цемента	Увеличение линейных размеров цементного камня при твердении
Усадка цемента	Уменьшение линейных размеров цементного камня при твердении
Тампонажно-технические свойства цемента	Совокупность свойств цемента, характеризующих его пригодность для тампонирувания скважин
Коррозиестойкость цемента	Способность цементного камня противостоять химическому и физическому воздействию агрессивной среды
Сульфатостойкость цемента	Способность цементного камня противостоять разрушающему воздействию водных сред, содержащих сульфат-ионы в повышенной концентрации
Морозостойкость цемента	Способность цементного камня противостоять многократному попеременному замораживанию и оттаиванию

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Классификация цементов по вещественному составу
по ГОСТ 31108-2016

Тип цемента	Наименование цемента		Вещественный состав цемента, масс. %*								Вспомогательные компоненты	
			Основные компоненты									
			Портландцементный клинкер	Доменный или электротермофосфорный шлаки (гранулированные)	Микрокремнезем	Пулцолана	Глиек	Золы-уноса	Обожженный сланец	Известняк		
Кл	Ш	Мк	П	Г	З	С	И					
ЦЕМ I	Портландцемент	ЦЕМ I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
ЦЕМ II	Портландцемент с минеральными добавками: **											
	шлаком	ЦЕМ II/A-Ш	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		ЦЕМ II/B-Ш	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	микрокремнеземом	ЦЕМ II/A-Мк	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	0-5
		ЦЕМ II/A-П	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
	пулцоланой	ЦЕМ II/B-П	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
		ЦЕМ II/A-Г	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
	глиежем	ЦЕМ II/B-Г	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
		ЦЕМ II/A-З	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5
	золы-уносом	ЦЕМ II/B-З	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5
		ЦЕМ II/A-Сл	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5
	обоженным сланцем	ЦЕМ II/B-Сл	65-79	-	-	-	-	-	21-5	-	-	0-5
		ЦЕМ II/A-И	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5
	известняком	ЦЕМ II/B-И	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5
ЦЕМ II/A-К		80-88	←-----12-20-----→							-	-	0-5
Композиционный портландцемент***	ЦЕМ II/B-К	65-79	←-----21-35-----→							-	-	0-5

Тип цемента	Наименование цемента		Вещественный состав цемента, масс. %*								Вспомогательные компоненты
			Основные компоненты								
			Портландцементный клинкер	Доменный или электротермофосфорный (гранулированный) шлак	Микрокремнезем	Пулцолана	Глиек	Золы-уноса	Обожженный сланец	Известняк	
Кл	Ш	Мк	П	Г	З	С	И				
ЦЕМ III	Шлакопортландцемент	ЦЕМ III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	0-5
		ЦЕМ III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	0-5
		ЦЕМ III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	0-5
ЦЕМ IV	Пулцолановый цемент	ЦЕМ IV/A	65-89	-	←-----11-35-----→				-	-	0-5
		ЦЕМ IV/B	45-64	-	←-----36-55-----→				-	-	0-5
ЦЕМ V	Композиционный цемент***	ЦЕМ V/A	40-64	18-30	-	←-----18-30-----→			-	-	0-5
		ЦЕМ V/B	20-38	31-49	-	←-----31-49-----→			-	-	0-5

* Значения относятся к сумме основных и вспомогательных компонентов (кроме гипса), принятой за 100 %.

** В наименовании цементов типа ЦЕМ II (кроме композиционного портландцемента) вместо слов «с минеральной добавкой» указывают наименование минеральных добавок — основных компонентов.

*** Обозначение вида минеральных добавок — основных компонентов должно быть указано в наименовании цемента.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Требования к физико-механическим показателям цементов
по ГОСТ 31108-2016

Класс, подкласс прочности цемента	Прочность на сжатие, МПа, в возрасте				Начало схватывания, мин, не ранее	Равномерность изменения объема (расширение), мм, не более
	2 сут, не менее	7 сут, не менее	28 сут			
			не менее	не более		
32,5М*	-	12	32,5	52,5	75	10
32,5Н	-	16				
32,5Б	10	-				
42,5М*	-	16	42,5	62,5	60	
42,5Н	10	-				
42,5Б	20	-				
52,5М*	10	-	52,5	-	45	
52,5Н	20	-				
52,5Б	30	-				

* Подкласс применяют только для цементов типа ЦЕМ III.

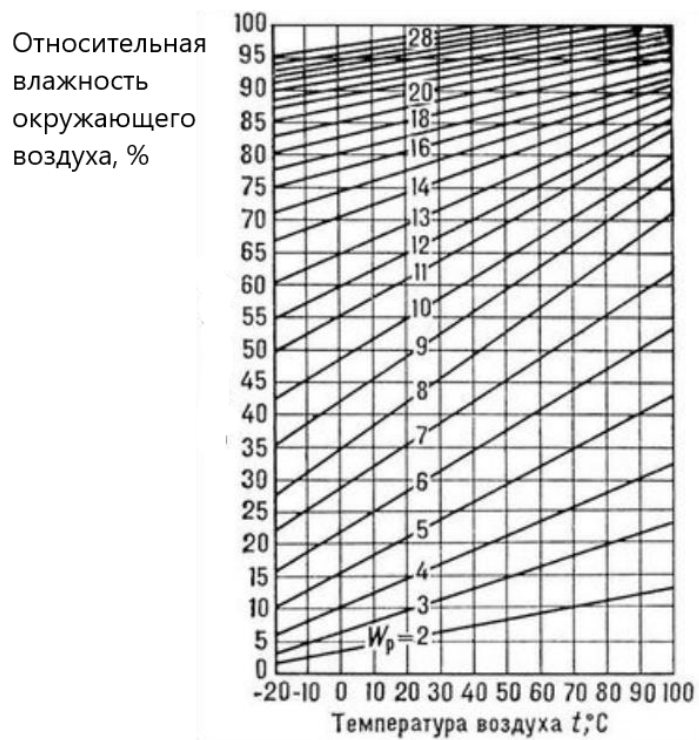
ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Требования к механическим свойствам портландцемента
по ГОСТ 10178-85

Обозначение цемента	Гарантированная марка	Предел прочности, МПа (кгс/см ²)			
		при изгибе в возрасте, сут		при сжатии в возрасте, сут	
		3	28	3	28
ПЦ-Д0, ПЦ-Д5, ПЦ-Д20, ШПЦ	300	-	4,4 (45)	-	29,4 (300)
	400		5,4 (55)		39,2 (400)
	500		5,9 (60)		49,0 (500)
	550		6,1 (62)		53,9 (550)
	600		6,4 (65)		58,8 (600)
ПЦ-Д20-Б	400	3,9 (40)	5,4 (55)	24,5 (250)	39,2 (400)
	500	4,4 (45)	5,9 (60)	27,5 (280)	49,0 (500)
ШПЦ-Б	400	3,4 (35)	5,4 (55)	21,5 (220)	39,2 (400)

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Определение равновесной влажности древесины



СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Физические и механические свойства строительных материалов	5
Основные свойства вяжущих	8
Основные свойства мелкого заполнителя для бетонов.....	15
Подбор состава бетона. Свойства бетонной смеси	16
Подбор состава раствора. Свойства растворной смеси	17
Железоуглеродистые сплавы. Компоненты и фазы в сплавах железа и углерода.....	18
Оценка коррозионной стойкости тяжелого бетона	28
Оценка показателей качества керамического кирпича	29
Оценка физических и механических свойств древесины	30
Органические вяжущие вещества. Испытание битумов.....	31
Библиографический список.....	38
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	39
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	40
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	45
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	46
ПРИЛОЖЕНИЕ 5	46
ПРИЛОЖЕНИЕ 6	47