

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ростовский государственный строительный университет»

Утверждено на заседании кафедры
строительных материалов

« 3 » октября 2013г.

Долговечность строительных материалов

Методические указания к лабораторной работе на тему:

**«Оценка коррозионной стойкости бетонов и растворов при действии
сульфатных сред» для бакалавров направления подготовки 270800
«Строительство» профиль «Производство строительных материалов,
изделий и конструкций»**

Ростов - на - Дону

2014

УДК 691.714

Долговечность строительных материалов: методические указания на тему «Оценка коррозионной стойкости бетонов и растворов при действии сульфатных сред» для бакалавров направления подготовки (специальности) 270800 «Строительство» профиль «Производство строительных материалов». – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2014. – 30 с.

Предназначено для обучающихся, изучающих дисциплину «Долговечность строительных материалов» для проведения лабораторных работ и подготовки ответов на контрольные вопросы по теоретическому курсу. Электронная версия методических указаний находится в библиотеке, ауд. 224.

УДК 691.714

Составитель:

доц., к.т.н. А.К. Сысоев

Редактор М.А. Цыганова

Темплан 2014 г., поз.267

Подписано в печать 14.06.14. Формат 60х84х16. Бумага писчая. Ризограф

Уч.-изд.л.1,3 Тираж 25экз. Заказ

Редакционно-издательский центр

Ростовского государственного строительного университета

344022, Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162.

© Ростовский государственный

строительный университет, 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания являются дополнительным материалом при изучении курса «Долговечность строительных материалов» для бакалавров направления подготовки 27080 «Строительство», профиль «Производство строительных материалов, изделий и конструкций». Методические указания содержат темы лабораторных работ, соответствующие учебной программе по дисциплине «Долговечность строительных материалов».

ВВЕДЕНИЕ

Производство строительных материалов и изделий отличается большим многообразием видов и широким ассортиментом продукции. Специалист по технологии строительных материалов кроме знаний номенклатуры строительной продукции и основных свойств должен владеть знаниями в технологии бетона и железобетона, представлять не только суть физико – химических процессов при их создании, но и разбираться в сложных процессах, происходящих при воздействии различных сред на различные строительные материалы. Методические указания составлены таким образом, что в описании лабораторных работ по каждой теме содержатся: цель лабораторной работы, порядок выполнения лабораторной работы, описание методов испытаний, контрольные вопросы для проверки знаний студентов по лабораторным испытаниям и теоретическим знаниям.

1. Основные термины и определения

1. **Коррозия строительного материала** – необратимый процесс ухудшения характеристик и свойств строительного материала в конструкции в результате химического и (или) физико – химического и (или) биологического или иных процессов в самом материале.

2. **Агрессивная среда** – среда, воздействие которой вызывает коррозию строительного материала в изделии или конструкции.

3. **Коррозионное разрушение строительного материала** – изменение массы, сечения, прочности или ухудшение других количественных характеристик и показателей качества строительного материала и (или) конструкции вследствие коррозии.

4. **Скорость коррозии строительного материала** – скорость изменения свойств строительного материала в изделии или конструкции в единицу времени, вследствие воздействия агрессивной среды.

5. **Коррозионная стойкость строительного материала** – относительная способность строительного материала в изделии или конструкции в течение определенного срока сопротивляться воздействию агрессивной среды.

6. **Коррозия бетона** – ухудшение характеристик и свойств бетона в результате вымывания (выщелачивания) из него растворимых составных частей (коррозия первого вида); образования продуктов коррозии, не обладающих вяжущими свойствами или (и) образования легко растворимых соединений (коррозия второго вида), и накопления малорастворимых кристаллизующихся солей, увеличивающих объем его твердой фазы (коррозия третьего вида).

7. **Сульфатная коррозия бетона** – коррозия бетона в результате взаимодействия цементного камня с сульфатами.

8. **Магнезиальная коррозия бетона** – коррозия бетона в результате взаимодействия цементного камня с растворами магнезиальных солей.

9. **Кислотная коррозия бетона** – коррозия бетона в результате взаимодействия его с кислотами.

10. **Углекислотная коррозия бетона** – коррозия бетона в результате взаимодействия с агрессивной углекислотой, содержащейся в воде.

11. **Щелочная коррозия бетона** – коррозия бетона в результате взаимодействия со щелочами.

12. ***Защита от коррозии строительного материала*** – способы и средства, уменьшающие или предотвращающие коррозию строительного материала.

13. ***Первичная защита от коррозии*** – защита от коррозии, достигаемая ограничением или исключением действия среды на конструкцию после изготовления.

14. ***Вторичная защита от коррозии*** – защита от коррозии, достигаемая ограничением или исключением действия среды на конструкцию после изготовления.

15. ***Коррозионные испытания*** – испытания строительных материалов, изделий и конструкций или защитных покрытий с целью определения их коррозионной стойкости и (или) их защитной способности в агрессивной среде.

16. ***Ускоренные коррозионные испытания*** – лабораторные коррозионные испытания, проводимые по специальной методике с целью быстрого получения необходимых и достаточных результатов.

2. Общие сведения

Существуют различные классификации коррозионных процессов, происходящих с цементными композитами - классификация проф. В.И. Бабушкина, В.М.Москвина, В.Кинда и другие. По виду агрессивной среды их рассматривают как: 1) аммонийная коррозия; 2) кислотная коррозия; 3) магниезиальная коррозия бетона; 3) сульфатная коррозия; 4) углекислотная коррозия; 5) щелочная коррозия; 6) электрокоррозия; 7) электрохимическая коррозия; 8) радиационная коррозия; 8) коррозия под действием органических сред; 9) коррозию заполнителей и другие. По классификации проф. В.И. Бабушкина различают физическую, химическую и физико-химическую виды коррозии. Общепринято выделять три вида коррозии (классификация проф. В.М. Москвина) – коррозию первого, второго и третьего вида. В СНиП 2.03.11 -85 «Защита строительных конструкций от коррозии» сульфатостойкость бетона рассматривается в зависимо-

сти от двух основных параметров: - вида используемого цемента (рядовой, повышенной сульфатостойкости, сульфатостойкий); - проницаемости бетона. Первый параметр связан с большей или меньшей способностью цементного камня химически взаимодействовать с сульфатами агрессивной среды (реакционная способность), образуя продукты реакции гипс и гидросульфоалюминаты кальция и моно - и трехсульфатной форме. Кристаллизация указанных соединений происходит с увеличением объема твердых фаз, что вызывает сначала уплотнение бетона (заполнение пор и капилляров), затем возникновение внутренних напряжений и разрушение бетона. Чем ниже содержание минералов C_3A и C_3S в клинкере портландцемента, тем меньше количество указанных новообразований в цементном камне, и тем меньше опасность коррозионного повреждения бетона. Второй параметр – проницаемость бетона – предопределяет скорость проникания сульфат-ионов агрессивной среды внутрь бетона.

Общая методология испытаний бетонов в сульфатных средах.

Сульфатостойкость бетона определяется с учетом требований ГОСТ 27677-88 «Бетоны. Общие требования к проведению испытаний» и «Рекомендации по методам определения коррозионной стойкости бетона» М., НИИЖБ, 1988 г. В соответствии с названными документами испытания выполняются на образцах малых размеров 1х1х6 см (определение кинетики поглощения сульфатов и прочности при изгибе) и 2х2х12 см (определение деформаций образцов). Испытания бетонов выполняют в растворах сульфата натрия с концентрацией иона SO_4^{2-} 5000, 10000, 34000 мг/л. Концентрацию ионов сульфатов в исходных растворах и в процессе испытаний определяют объемным методом - титрованием иона SO_4^{2-} раствором хлорида бария по индикатору – нитхромазо. При уменьшении концентрации сульфатов на 5% агрессивный раствор заменяют новым. По разности концентраций иона SO_4^{2-} до и в процессе испытаний определяли количество поглощенных сульфатов в пересчете иона SO_4^{2-} мг/см³ в % от массы цемента. Однако опыт исследований сульфатостойкости бетона показывает, что результаты кинетических исследований, полученные за период

до 6 месяцев испытаний, не следует использовать для прогнозирования срока службы бетона конструкций в сульфатных средах. В этот период времени процесс коррозии протекает в диффузионно – кинетической области на поверхности образцов. Наружный отработанный слой бетона, диффузия через который в дальнейшем определяет скорость процессов коррозии в целом, еще только образуется. Определение деформации расширения образцов в растворах сульфата натрия указанных выше концентраций и в водопроводной воде выполняют на образцах размерами 2х2х12 см. Стойкость характеризуется двумя параметрами - деформациями расширения и коэффициентом стойкости бетона по прочности при изгибе. Для измерения деформации расширения образцов 2х2х12 см в их торцевые стороны устанавливают при формовке реперы. Деформации расширения образцов определяют с помощью устройства, состоящего из штатива с индикатором часового типа и ценой деления 0,01 мм. Неизменность первоначального отсчета по индикатору проверяют установкой и измерением длины контрольного стержня перед началом измерения, в процессе испытаний и после его окончания. На основании результатов 12 – ти месячных испытаний по методике НИИЖБ сделан прогноз долговечности срока службы. Критическое количество сульфатов для бетона на портландцементе принимается по методике ЦЛК НИИЖБа. Расчет сроков службы бетона выполняется по формуле:

$$\tau = [(P_{кр} \cdot \tau_{исп}) / P_{исп}]^2, \quad (1)$$

где $\tau_{исп}$ – продолжительность испытаний, в данном случае 1 год.

$P_{исп}$ – количество сульфатов, поглощенное образцами за время испытаний.

4. Определение стойкости бетонов в жидких сульфатных средах

Лабораторная работа №1 «Исследование коррозионной стойкости бетонов по поглощению образцов сульфат - ионов из водного раствора»

1. Цель и задачи испытаний

Основная цель проводимых испытаний - сравнительная оценка стойкости цементных композитов в сульфатных средах.

Сущность коррозионных испытаний заключается в сравнении значений показателей, характеризующих коррозионную стойкость: 1) исследуемых образцов в модельной агрессивной среде и неагрессивной среде; 2) исследуемых образцов и эталонных образцов в агрессивной среде одинакового состава.

Косвенным показателем течения процесса коррозии может быть: поглощение образцом исследуемого бетона сульфат - ионов из водного раствора (при исследовании сульфатной коррозии бетона). Метод измерения: определение поглощения сульфат ионов образцом бетона – основан на турбидиметрическом определении концентрации сульфат-ионов до и после экспозиции исследуемого образца в растворе сульфата натрия в течение определенного интервала времени.

2. Материалы и оборудование: бетонные образцы с различным составом и на разных вяжущих (обычный рядовой портландцемент, сульфатостойкий портландцемент и сульфатостойкий портландцемент с разными добавками), бюретка для отбора проб, растворы сульфата натрия, соляная кислота, гликолевый реагент, прибор для определения оптической плотности.

3. Порядок испытаний

1. Подготовка образцов бетона к испытаниям. Изготавливают образцы тяжелого бетона из бетонной смеси состава: 1:1,5:3,2 (Ц:П:Щ) (эталонные образцы – при В/Ц =0,5 без добавок на обычном и сульфатостойком портландцементе; основные образцы – при В/Ц=0,38 на обычном и сульфатостойком портландцементе с суперпластифицирующей добавкой) в количестве трех образцов на каждый состав.

2. Отбирают пробу 5 мл из раствора сульфата натрия используемой концентрации. Прибавляют 1-2 капли соляной кислоты (1:1) и 5 мл гликолевого реа-

гента, затем перемешивают, оставляют на 20-30 мин для образования и стабилизации суспензии сульфата бария. После 20-30 мин экспозиции измеряют оптическую плотность суспензии D_0 в кювете $l=20$ мм при длине волны 364 нм (в соответствии с инструкцией к КФК).

3. Последовательно помещают исследуемые и эталонные образцы бетона в раствор сульфата натрия (равные объема раствора в двух различных емкостях) таким образом, чтобы образцы были полностью покрыты раствором. Оставляют в растворе на 1,5 часа. После этого отбирают пробы из растворов, получают суспензию сульфата бария, измеряют оптическую плотность суспензии, полученной при обработке с эталонным образцом $-D_{\text{эталон}}$ и раствора с исследуемым образцом $-D_{\text{исслед}}$.

4. Расчетные формулы

Рассчитывают K – относительный показатель коррозионной стойкости исследуемого образца бетона к сульфатной коррозии (в сравнении с использованным эталоном в данной испытательной среде) по формуле:

$$K = \frac{C_0 - C_{\text{исслед}}}{C_0 - C_{\text{эталон}}} = \frac{D_0 - D_{\text{исслед}}}{D_0 - D_{\text{эталон}}} = \frac{\Delta D_{\text{исслед}}}{\Delta D_{\text{эталон}}}, \quad (2)$$

где, $C(\text{SO}_4^{2-}) \approx D$ (суспензии);

C_0 – концентрация сульфат иона в 8% растворе сульфата натрия, моль/л;

D_0 – оптическая плотность суспензии, пропорциональная C_0 сульфат иона;

$C_{\text{исслед}}$, $C_{\text{эталон}}$ – концентрация сульфат иона в растворе экспозиции в нем исследуемого эталонного образцов бетона соответственно;

$D_{\text{исслед}}$, $D_{\text{эталон}}$ – оптическая плотность суспензии, пропорциональная $C_{\text{исслед}}$, $C_{\text{эталон}}$, соответственно. При K больше 1 основные образцы бетона являются менее стойкими, а при K меньше 1 более стойкими к воздействию агрессивной среды, содержащей сульфат-ионы. Результаты измерений записывают в табл.1.

Таблица 1

Относительный показатель коррозионной стойкости

Номер состава	D_0	$D_{\text{исслед}}$	$D_{\text{эталон}}$	$K = \frac{D_0 - D_{\text{исслед}}}{D_0 - D_{\text{эталон}}}$

Лабораторная работа №2 «Ускоренный метод определения сульфатостойкости бетона»

1. Цель и задачи работы

Основная цель проводимой лабораторной работы – ускоренное определение коррозионной стойкости цементных композитов в сульфатных средах с концентрацией ионов SO_4^{2-} не более 2000 мг/л.

Метод основан на сравнении скорости поглощения агрессивных ионов SO_4^{2-} испытуемых бетоном и особо плотным бетоном повышенной сульфатостойкости, приготовленным из портландцемента по ТУ 21-21-10-80.

2. Материалы и оборудование: образцы для испытаний, емкости для хранения образцов, агрессивный раствор – раствор сульфата натрия, концентрированная соляная кислота HCL, 2,5% раствор BaCl_2 , электроплита, термостойкий стакан с часовым стеклом, фильтр, химреактивы, тигель, сушильный шкаф, муфель с температурой до 1200⁰С.

3. Порядок испытаний и расчетные формулы

1. Для определения сульфатостойкости бетона на обычном портландцементе изготавливают образцы-кубики размерами 5х5х5 см, твердение кубиков должно проводиться по режиму, соответствующему режиму тепловой обработки конкретных элементов конструкций.

2. Состав бетона подбирают таким образом, чтобы обеспечить марку по водонепроницаемости не менее В8.
3. На каждое испытание изготавливают по 6 образцов – близнецов из одного замеса. Образцы помещают в эксикатор и заливают раствором сульфата натрия в количестве 5 л, приготовленного из расчета 2,8 г безводного сульфата натрия Na_2SO_4 в 1 дистиллированной воды.
4. После установки образцов в агрессивный раствор, в сроки соответствующие 1, 3, 6, 9 и 12 неделям, из каждого эксикатора отбираю пробы пипеткой пробы агрессивного раствора для определения ионов SO_4^{2-} в количестве 100 мл.
5. Содержание ионов SO_4^{2-} определяют в каждой пробе и в исходном агрессивном растворе, приготовленном при испытания кубиков.
6. Для определения содержания в растворе сульфатных ионов в отобранную пробу исследуемого раствора в количестве 100 мл добавляют 1 мл концентрированной HCl нагревают на плитке до кипения. В 25 мл 2,5% -ного раствора BaCl_2 , нагретого до кипения, добавляют при перемешивании исследуемый раствор и оставляют на теплой плитке 3 ч, накрыв стакан с исследуемым раствором часовым стеклом, охладив раствор до комнатной температуры, его фильтруют (синяя лента). Осадок количественно переносят на фильтр и промывают теплой водой до исчезновения промывных водах реакции на ион хлора (по азотнокислomu серебру). Фильтр с осадком переносят в тигель, высушивают в сушильном шкафу и прокаливают при температуре 800- 900⁰С до постоянной массы. Содержание сульфатных ионов SO_4^{2-} в мг/л, рассчитывают по формуле (3):

$$Q^{\text{P}}_{\text{SO}_4} = P_{\text{oc}} \times 41,15 \quad (3)$$

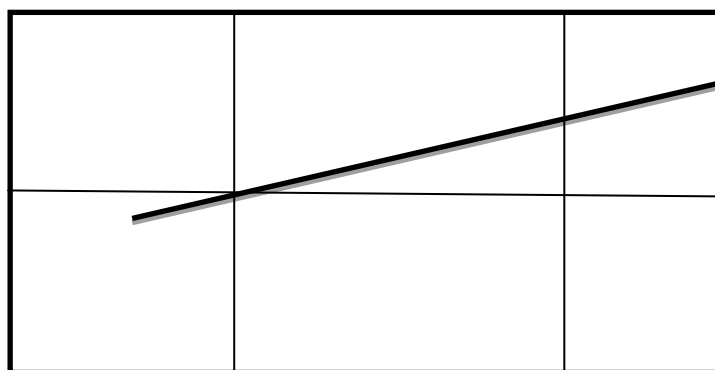
Расчет количества сульфатных ионов в пересчете на SO_3 поглощенных бетоном. Количество ионов SO_3^{2-} , в г поглощенных бетоном $Q^{\text{б}}_{\text{SO}_4}$ рассчитывают по формуле (4):

$$Q^6_{SO_4} = \frac{(C - Q^P_{SO_4}) \cdot 5}{1000}, \quad (4)$$

где C – концентрация исходного агрессивного раствора сульфата натрия, мг/л, в который были помещены образцы бетона, в пересчете на SO_4^{2-} . Относительное количество ионов SO_4^{2-} в пересчете на SO_4^{2-} , поглощенное образцами, рассчитывают по формуле (5):

$$Q^6_{SO_3} = \frac{(Q^6_{SO_4})^{0,83}}{P}, \quad (5)$$

Где $Q^6_{SO_3}$ – относительное количество агрессивных ионов, поглощенное бетоном, г/г; P – масса цементного камня в объеме всех образцов одного состава, установленных на испытание, г. После завершения всех испытаний строят кривую поглощения бетоном сульфатных ионов во времени и сравнивают с эталонной кривой, приведенной на рис. 1.



Если кривая поглощения лежит ниже эталонной кривой, бетон считается сульфатостойким и его можно использовать для изготовления конструкций работающих в сульфатных средах с концентрацией ионов SO_4^{2-} не более 2000 мг/л.

Лабораторная работа 3 «Определение стойкости бетонов при циклическом действии увлажнения и высушивания в сульфатных средах»

Настоящая методика испытаний устанавливает метод определения стойкости в ненапряженном состоянии при воздействии на них жидких сульфатных агрессивных сред (далее - сред) путем испытания контрольных образцов.

1. Общие положения

1.1. Метод испытаний основан на определении стойкости бетонов по изменению массы, прочности образцов, деформации после выдержки в сульфатной среде в течение контрольного периода времени. С целью ускорения коррозионных процессов образцы подвергают циклическому насыщению сульфатами с последующим высушиванием. Режим испытаний: цикл испытаний – 3 суток образцы насыщаются в растворе сульфата натрия с концентрацией $\text{SO}_4^{2-} = 20000 \text{ мг/л}$ и сутки высушиваются при температуре $105 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

1.2. Лица, допущенные к проведению испытаний, должны пройти курс обучения и инструктаж по безопасности труда и правилам эксплуатации испытательных машин, приборов и оборудования в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.004-79.

2. Изготовление образцов

2.1. Образцы для испытания изготавливают размерами $40 \times 40 \times 160 \text{ мм}$.

2.2. Для испытания в сульфатных средах изготавливают семь серий образцов из одной пробы бетона. Число образцов в серии должно быть не менее 3.

2.3. Образцы уплотняют на виброплощадке с частотой (2900 ± 100) колебаний в минуту и амплитудой $(0,5 \pm 0,05) \text{ мм}$ в течение 1-2 мин.

2.4. Образцы должны распалубливаться через 24 ч отверждения при температуре не ниже $18 \text{ }^\circ\text{C}$. Последующие условия твердения образцов до погружения в среду должны быть аналогичны твердению изделий из этого бетона с учетом требований ГОСТ 25246-82.

3. Аппараты, материалы и реактивы

3.1. При проведении испытаний применяют следующее оборудование и приборы:

- испытательная машина или пресс по ГОСТ 8905-82;
- весы технические по ГОСТ 24104-80 или весы настольные по ГОСТ 29329;
- штангенциркуль по ГОСТ 166-80;
- металлические линейки по ГОСТ 427-75;
- формы для изготовления контрольных образцов по ГОСТ 310.4-81;
 - лабораторная виброплощадка типа 435А по ГОСТ 10181 с частотой колебаний (2900 ± 100) колебаний /мин и амплитудой $(0,5 \pm 0,05)$ мм;
 - стержень контрольный длиной 160 ± 1 мм из коррозионно-стойкой стали по ГОСТ 5632;
- противни;
- щипцы;
- емкости для погружения образцов в среду;
- реактивы по ГОСТ 25246-82;
- терморегулирующее устройство (термометры электроконтактные по ГОСТ 9871-75).
- шкаф сушильный по ОСТ 16. 0.801.397-87;
- рН - метр;
- емкости из полиэтилена для приготовления и хранения агрессивных сред;

3.2. Емкости должны быть из материала стойкого к воздействию применяемых сред, закрываться крышками и иметь размеры, позволяющие разместить необходимое количество испытываемых образцов.

3.3. Реактивы для получения химически агрессивных сред и их концентрацию выбирают в соответствии с условиями эксплуатации конструкции. Перечень наиболее распространенных химически агрессивных сред приведен в ГОСТ 25246-82.

4. Подготовка к испытанию

4.1. Образцы должны иметь маркировку, в которой указывают номер серии и порядковый номер образца в серии. Маркировка должна сохраняться в течение всего процесса испытаний.

4.2. На поверхности образцов не должно быть загрязнений, следов смазки и других веществ. Загрязнения должны удаляться с помощью наждачной бумаги или растворителями, не оказывающими отрицательного влияния на поверхность образцов. Образцы не должны иметь внешних дефектов в виде трещин, вздутий и раковин диаметром и глубиной более 4 мм.

4.3. Плотность отдельных образцов одной серии не должна различаться более чем $\pm 1\%$. При отклонении в больших пределах образцы отбраковывают.

4.4. Плотность образцов должна определяться в соответствии с требованиями ГОСТ 12730.1-78.

4.5. Для определения деформаций применяют устройство, схема которого показаны на рис.2. Устройство, схема которого приведена на рис.2, предназначено для измерения деформаций образцов с поперечным сечением размером 4x4 см.

4.6. Для определения линейных размеров, массы образцов и плотности бетона следует применять средства измерений и оборудование по ГОСТ 10180-78 и ГОСТ 12730.1-78.

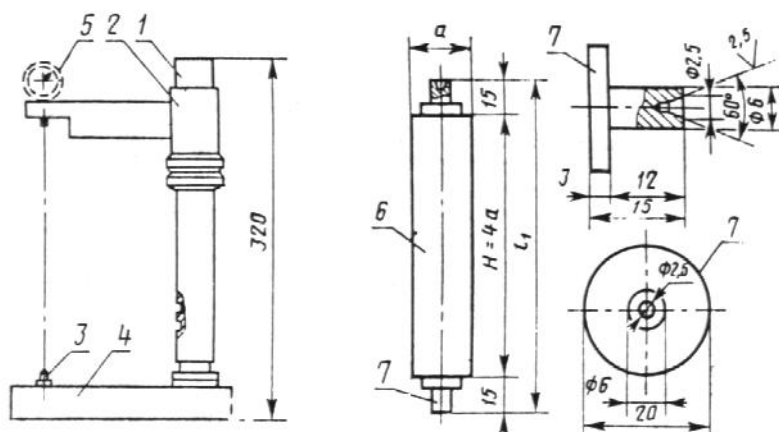


Рис. 2. Схема устройства для определения деформаций усадки образцов с размерами поперечного сечения 40 x 40 мм:

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.

4.7. Подготовку образцов к испытаниям следует начинать с их внешнего осмотра и определения линейных размеров, допускаемые отклонения которых от номинальных размеров должны удовлетворять требованиям ГОСТ 10180-78.

4.8. К торцевым поверхностям образцов размерами 40 x 40 x 160 мм, подвергаемых испытанию, приклеивают реперы в соответствии со схемой, показанной на рис.2.

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

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

Рекомендуется применять быстрополимеризующийся клей следующего состава (по массе):

эпоксидная смола по ГОСТ 10587-84 - 80 частей;

полиэтиленполиамин - 3 части;

дибутилфталат по ГОСТ 8728-77 - 1 часть.

4.9. На боковых поверхностях образцов размечают базу измерения продольных деформаций, устанавливают крепежные приспособления и измерительные приборы в соответствии с требованиями ГОСТ 24452-80.

4.10. Подготовку образцов для определения деформаций следует производить в соответствии с требованиями ГОСТ 24452-80.

4.11. Не более чем за сутки до испытания образцов следует определить плотность бетона этих образцов по ГОСТ 12730.1-78.

4.12. Результаты измерений деформаций заносят в таблицу испытаний (табл. 4-5). Образцы для испытаний изготавливают из тяжелого бетона или раствора (табл. 2-3)

Таблица 2

Составы тяжелых бетонов

Номер состава	Расход материалов на 10л					В/Ц
	цемент	песок	щебень	вода	Добавка, *покрытие	
Состав 1 цемент рядовой						0,6
Состав 2 сульфатостойкий цемент						0,45
Состав 3 сульфатостойкий цемент с защитой *						0,45

- Примечание. Добавку или покрытие назначает преподаватель.

Таблица 3

Составы бетонов

Номер состава	Расход материалов на 10л	В/Ц
---------------	--------------------------	-----

	цемент	песок	вода	Добавка, *покрытие	
Состав 1 цемент рядовой					0,6
Состав 2 сульфатостойкий цемент					0,45
Состав 3 сульфатостойкий цемент с защитой *					0,45

- Примечание. Добавку или покрытие назначает преподаватель.

5. Проведение испытания

5.1. Перед погружением в среду измеряют размеры образцов всех серий металлической линейкой или штангенциркулем с погрешностью до 1 мм.

5.2. Определяют массу образцов взвешиванием с погрешностью до 0,01 г.

5.3. Образцы испытывают сериями: одну до погружения в среду, затем по одной серии после каждого срока, предусмотренного п. 5.5.

5.4. Образцы испытывают на растяжение при изгибе и сжатие в соответствии с требованиями ГОСТ 310.4-81, производят замеры деформации и изменения пористости и массы.

5.5. Продолжительность испытания образцов по назначенному циклу принимают равной 120 сут. при промежуточных сроках 12, 24, 36, 48, 60 и 120 сут.

5.6. Образцы для испытания помещают в емкость так, чтобы они не соприкасались друг с другом и со стенками емкости, заливают их заранее приготовленным раствором среды необходимой концентрации и температуры до полного погружения. Слой раствора над образцами должен быть не менее 2-3 см.

5.7. Регулярно через 14 сут необходимо проверять концентрацию среды. В случае снижения концентрации более чем на 10% от установленной, среду полностью заменяют.

5.8. При истечении установленного срока нахождения (3 суток) в условиях воздействия среды образцы с помощью щипцов извлекают из емкости, устанавливают на противень, промокают фильтровальной бумагой или протирают тканью и отправляют в сушильный шкаф.

5.9 После прохождения назначенного цикла образцы измеряют, взвешивают и определяют прочность на растяжение при изгибе, сжатие и производят замеры деформации и изменения пористости и массы.

5.10. Температура среды должна быть в пределах $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Начальные испытания изготовленных бетонов сводят в табл.4.

Таблица 4

Начальные испытания образцов

Номер состава	Определяемые параметры*					
	Ризг, МПа	Рсж, МПа	Масса, г,	П, %	ε, мм/м	Плотность, г/см ³
Состав 1						
Состав 2						
Состав 3						

- Примечание Предел прочности при сжатии, предел прочности при изгибе, пористость, плотность и деформации определяются как среднеарифметическое значение результатов трех испытаний.

6. Обработка результатов

6.1. По результатам испытаний в пределах каждой серии находят среднеарифметическое значение показателей прочности образцов на растяжение при изгибе, сжатие, деформации, пористости и их массы. Отбраковка аномальных результатов испытаний по прочности должна производиться по ГОСТ 10180-78.

6.2. Стойкость бетона оценивают путем сравнения фактического коэффициента стойкости K_c , определяемого на серии образцов, выдержанных в среде в течение 120 сут, с требованиями ГОСТ 25246-82.

6.3. Коэффициент стойкости K_c определяют по изменению прочности образцов на растяжение при изгибе, сжатии после каждого срока испытаний по формуле

$$K_c = \frac{R_\tau}{R_0}, \quad (6)$$

где R_0 - предел прочности серии образцов на растяжение при изгибе, сжатии не погружавшихся в среду;

R_τ - предел прочности серии образцов на растяжение при изгибе после выдержки в среде в течение времени τ , сут.

6.4. Изменение массы образцов m после каждого срока испытания Δm в процентах вычисляют по формуле

$$\Delta m = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100, \quad (7)$$

где m - масса серии образцов до погружения в среду, г;

m_1 - масса серии образцов после выдержки в среде, г.

6.5. Результаты полных и промежуточных испытаний заносят в табл.5, которая должна содержать:

наименование испытываемого бетона, его состав, способ и режим изготовления образцов;

наименование и температуру среды, срок выдерживания образцов в среде;

массу образцов до и после выдерживания в среде и изменение массы в процентах;

изменения поверхности образцов и внешнего вида в результате воздействия химической среды (наличие трещин, вздутий, раковин);

прочность при изгибе и сжатии до и после выдержки образцов в среде и их изменения (коэффициент стойкости);

дату проведения испытаний (определение прочности на растяжение при изгибе, сжатии, деформации, пористости и массы).

Таблица 5

Сводная таблица результатов испытаний

Номер состава	Показатель	Размерность	Сроки испытаний, сут						
			0	14	28	42	56	70	120
Состав 1	Прирост массы	г							
	Деформации	мм/м							
	Пористость	%							
	Предел прочности при изгибе	МПа							
	Предел прочности при сжатии	МПа							
	Коэффициент стойкости Кс								
Состав 2	Прирост массы	г							
	Деформации	мм/м							
	Пористость	%							
	Предел прочности при изгибе	МПа							
	Предел прочности при сжатии	МПа							
	Коэффициент стойкости Кс								
Состав 3	Прирост массы	г							
	Деформации	мм/м							
	Пористость	%							

	Предел прочности при изгибе	МПа							
	Предел прочности при сжатии Коэффициент стойкости Кс	МПа							

6.6 В емкость для испытаний на расстоянии 200 мм устанавливают стержни, на которые на расстоянии не менее 15 мм друг от друга укладывают расформованные образцы. В емкости с образцами наливают воду или раствор сульфат натрия так, чтобы уровень воды и раствора в емкости был не менее чем на 20 мм выше верха образцов. Перед проведением испытания устройства для измерения деформаций необходимо отрегулировать по длине контрольного стержня. Неизменность первоначального по индикатору проверяют установкой и измерением длины контрольного стержня перед началом, в процессе испытания и после его окончания. Отклонения в отсчете по индикатору не должно превышать $\pm 0,01$ мм. При большем отклонении следует отрегулировать устройство. Образец, установленный в устройство для измерения деформации, поворачивая вокруг оси на один оборот и снимают начальный отсчет по индикатору. Измерение повторяют три раза. Записывают среднеарифметическое трех измерений. Обработка результатов испытаний Относительную деформацию каждого образца ε , % определяют по формуле:

$$\varepsilon = \frac{L_{\tau} - L_0}{L} \cdot 100, \quad (8)$$

где L_{τ} – отсчет по индикатору после испытаний в сульфате натрия на момент испытания τ , мм; L_0 – начальный отсчет по индикатору после испытания в дистиллированной воде, мм; L – база измерения, равная 160 мм. Среднее относительное удлинение образцов $\varepsilon_{\text{ср}}$ определяют по формуле:

$$\varepsilon_{\text{ср}} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{3}, \quad (9)$$

где ε_1 , ε_2 , ε_3 – относительная деформация первого, второго и третьего образцов.

5. Определение относительного сопротивления некоторых строительных материалов солевой коррозии

Лабораторная работа №4 «Определение относительного сопротивления некоторых строительных материалов солевой коррозии»

Цель работы – экспериментальная определение относительной стойкости образцов из нескольких строительных материалов в условиях солевой коррозии. Скорость солевой коррозии зависит: от плотности материалов, их сопротивления растяжению, концентрации солей в подсасываемых жидкостях и их состава, температуры и влажности окружающего воздуха, а также некоторые другие причины.

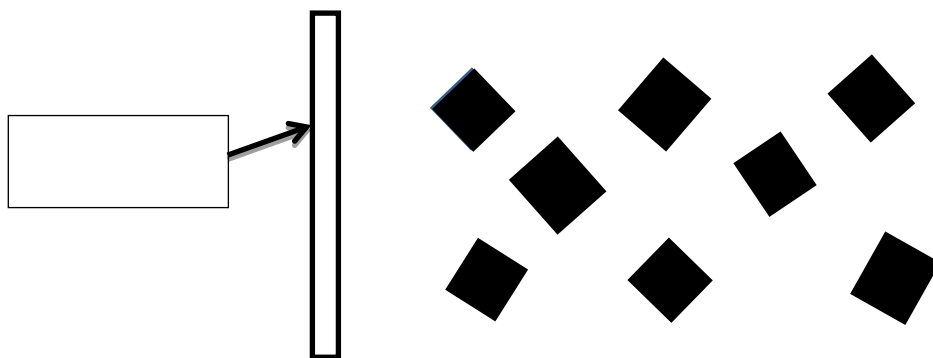
1. Материалы и оборудование: образцы из песчаного бетона, кирпича, металлическая линейка, ножовка, формы для образцов 2х2х12см, противень с мастерками, мерные цилиндры, весы, виброплощадка, битумные мастики, раствор сульфата натрия, химические добавки, аппарат для выдерживания образцов в условиях, способствующих развитию солевой коррозии, прибор типа прибора Михаэлиса для испытания на изгиб.

2. Порядок выполнения работы и основные расчётные формулы

1. Изготавливаются образцы призмы из нескольких материалов. Изготавливаются образцы из песчаного бетона (номинальный состав 1:3 по весу), глиняного кирпича и клинкерного кирпича или иных материалов (например, образцы из песчаного бетона пропитанных битумными мастиками, раствором битума в бензине и т.д). Размеры балочек из песчаного бетона – 2х2х12 см, кирпича 3,2х3,2х12 см. В качестве вяжущего применяют – портландцемент, сульфатостойкий или пуццолановый портландцемент.

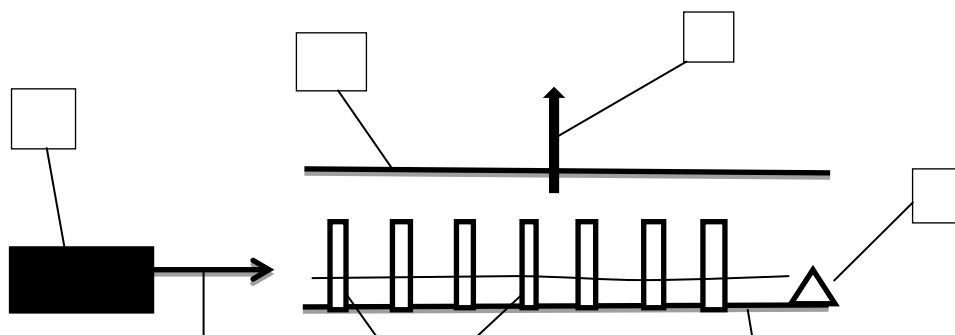
2. Подготавливается ванна для выдерживания образцов в условиях обеспечивающих подсос ими растворов сульфатных сред, а также тепловентилятор для

обдувания образцов теплым воздухом. Ванны изготавливаются из кровельного железа, имеющие бортики высотой 4-5 см. Ванна внутри покрывается битумным праймером в два слоя. На дно ванны насыпается слой песка толщиной около 3 см. Песок увлажняется 2% раствором сульфата натрия (в пересчете на безводное вещество). Количество раствора берется таким образом, чтобы его уровень его в песке находился примерно на расстоянии 2 см от поверхности. Образцы устанавливаются вертикально, погружаясь на 2 см в песок, в шахматном порядке (см. рис.3) так, чтобы расстояние между ними в свету было от 1 до 1,5 см.



Ванна перекрывается съемным кожухом (см. рис.4), в котором укрепляется термометр для измерения температуры.

3. Определяется начальная прочность образцов, а также плотность и открытая пористость. Образцы помещают в ванну. Перед установкой образцов определяется их предел прочности при изгибе, плотность и открытая пористость. Для открытой пористости применяют обезвоженный керосин. Образцы помещают в ванну. Включают тепловентилятор. Температура в кожухе – 35-40⁰С. Работа вентилятора с 9 до 16 часов ежедневно.



4. Периодически раз в неделю пополняется убыль растворов в ванне. Через 1 и 3 месяца после помещения определяется прочность образцов. Раз в неделю снимается кожух и дается описание состояния образцов – появление высолов, наростов солей, разрушение ребер и т.д. Через 1 и 3 месяца после установки в ванну образцы испытываются на поперечный изгиб. Определяется количество накопившихся в образцах солей (путем взвешивания образцов до и после удаления солей, достигаемого длительным растворением их в проточной воде).
5. Производится обработка полученных данных. Определяется относительная стойкость материалов. Строится график изменения прочности образцов. На вертикальной оси откладывается относительная прочность (первоначальная принимается за 100%) . На горизонтальной – время, в месяцах.
6. Результаты испытаний заносятся в нижеследующие таблицы (табл.6- 10).

Таблица 6

Составы испытываемых образцов

№ со- става	Вид цемента	Ц:П	Вид, кол-во добавки	Расход материалов на замес, кг				Диаметр лепешки
				Ц	В	П	Добавки, покрытия	

--	--	--	--	--	--	--	--	--

Таблица 7

Предел прочности при изгибе образцов до испытания

Номер состава и материал образца	Номер образца (три образца на один состав)	Разрушающая нагрузка, кгс	Предел прочности при изгибе, $R_{из}$, МПа	Средний предел прочности при изгибе, $R_{из}$, МПа	Визуальное описание образцов
Состав 1					
Состав 2					
Состав 3					

Таблица 8

Пористость материалов

№	Материал образца и состав	V_n	V_c	V	$P, \%$	№	Материал образца и состав	V_n	V_c	V	$P, \%$

Для определения величины открытой пористости образцы высушиваются до постоянного веса, после чего помещаются наполовину в воду на 30 мин, а затем полностью в воду еще на 30 мин, извлекают из воды, обтирают сухой тканью и снова взвешивают. Объем открытых пор определяется по формуле

$$\Pi = \frac{B_n - B_c}{V} \cdot 100, \quad (11)$$

где - B_n масса насыщенного водой образца;

B_c – масса сухого образца;

V – объем образца, см^3 .

Таблица 9

Предел прочности при изгибе образцов после 1,5 месяца испытаний

Номер состава	Номер образца (по три образца на состав)	Разрушающая нагрузка, кгс	Предел прочности при изгибе, $R_{из}$, МПа	Средний предел прочности при изгибе, $R_{из}$, МПа	Визуальное описание образцов
Состав 1					
Состав 2					
Состав 3					

Таблица 10

Предел прочности при изгибе образцов после 3 месяцев испытаний

Номер состава и материал	Номер образца (по три образца на один состав)	Разрушающая нагрузка, кгс	Предел прочности при изгибе, $R_{из}$, МПа	Средний предел прочности при изгибе, $R_{из}$, МПа	Визуальное описание образцов
Состав 1					
Состав 2					
Состав 3					

Производится сопоставление наблюдаемое изменение прочности с открытой пористостью образцов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните принципы классификации коррозионных процессов (классификация проф. Бабушкина В.И., В.М. Москвина, В. Кинда и другие). Дать анализ этим классификациям.
2. Нормативные документы по защите строительных конструкций и сооружений.
3. Коррозия первого вида. Основные причины возникновения коррозии. Основные способы, методы защиты и современные материалы, применяемые для защиты.
4. Коррозия второго вида. Основные причины возникновения коррозии. Основные способы, методы и современные материалы, применяемые для защиты.
5. Коррозия второго вида. Основные причины возникновения коррозии. Основные способы, методы и современные материалы, применяемые для защиты.
6. Физическая коррозия. Суть коррозионных процессов при данном виде воздействия.
7. Физико-химическая коррозия. Суть коррозионных процессов при данном воздействии.
8. Химическая коррозия. Суть коррозионных процессов при этих воздействиях.
9. Дать определения агрессивным средам и их воздействиям на материалы и конструкции.
10. Понятие о долговечности и стойкости строительных материалов. Критерии оценки долговечности и стойкости строительных материалов.
11. Портландцемент. Теория твердения. Процессы гидратации. Процессы твердения по теории А.А. Байкова, М.М. Сычева, А.Ф. Полака и др.

12. Коррозия 3 вида. Влияние концентрации сульфатных ионов и содержание C_3A в цементе на интенсивность коррозии 3 вида.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 12.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии.
2. Пособие проектированию защиты от коррозии бетонных и железобетонных строительных конструкций (к СНиП 2.0.3.11-85).-М., 1989.-176с.
3. ГОСТ 31384 -2008 Защита бетонных и железобетонных строительных конструкций от коррозии. Общие технические требования.
4. ГОСТ 10060.4 – 95. Бетоны Структурно-механический метод ускоренного определения морозостойкости
5. СП 28.13330 2012. Свод правил. Защита строительных конструкций от коррозии 01-01-2013.
6. ГОСТ Р 52804-2007. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии.
7. Стандарт предприятия СТО-ГК Трансстрой -017-2007 Бетонные и железобетонные конструкции транспортных сооружений. Защита от коррозии
8. ГОСТ 25881-83 Бетоны химически стойкие. Методы испытаний.
9. ГОСТ 24544-81* Бетоны. Методы определения деформаций усадки и ползучести.