

Министерство образования и науки РФ
ГОУ ВПО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная
академия (СибАДИ)»

Кафедра «Строительные материалы и специальные
технологии»

«Вяжущие композиты»

Учебно-методическое пособие
к лабораторным работам

Авторы: И.Л. Чулкова,
Т.Ф. Пиндюк,
И.В. Пастушенко

Омск
СибАДИ
2011

УДК 666.96
ББК 38.32

Рецензент директор по производству ООО «ЖБИ Миллениум»
А.С. Парфенов

Работа одобрена научно-методическим советом специальности (НМСС) факультета ПГС в качестве методических указаний к лабораторным работам по дисциплине «Вяжущие композиты».

Учебно-методическое пособие к лабораторным работам по дисциплине «Вяжущие композиты» / сост.: Т.Ф. Пиндюк, И.Л. Чулкова, И.В. Пастушенко – Омск: СибАДИ, 2011. – 64 с.

Пособие содержит теоретические основы и методики исследований основных вяжущих композитов, указания по организации лабораторных работ, составлению отчетов, контрольные вопросы по темам и тесты ко всему теоретическому и практическому материалу.

Учебно-методическое пособие предназначено для бакалавров по направлению 270108 «ПСК», также для магистрантов и аспирантов при выполнении исследований вяжущих веществ для производства строительных материалов, изделий и конструкций.

Табл. Библиогр.

Введение

Лабораторный практикум по минеральным вяжущим веществам рекомендуется проводить с подгруппами до 13 студентов, давая им общие задания на выполнение экспериментов в виде небольших исследовательских работ.

Чтобы обеспечить участие в работе всех студентов, каждым двум, реже трем, студентам дают индивидуальные задания.

Данные, полученные при выполнении этих отдельных заданий, сводят в общие таблицы и графики.

После выполнения работы каждый студент составляет индивидуальный отчет по форме, принятой при составлении отчетов о научных исследованиях.

В отчет рекомендуется включать:

- 1) краткий обзор литературы о состоянии и задачах исследования, предусмотренного заданием;
- 2) выбор методики исследований;
- 3) краткое описание работ, выполненных студентом;
- 4) данные, полученные подгруппой, в виде таблиц и графиков;
- 5) анализ эти данных;
- 6) общие выводы и рекомендации.

Чтобы обеспечить определенную достоверность данных, получаемых при проведении лабораторных работ, необходимы математическая обработка результатов испытаний, а также, где это возможно, обобщение результатов наблюдений, применение их для оценки вероятностно-статистических методов.

1. Гипсовые вяжущие

Гипсовыми вяжущими веществами называют материалы, состоящие из полуводного гипса или ангидрита и получаемые обычно тепловой обработкой исходного сырья и его помолом.

Гипсовые воздушные вяжущие вещества в зависимости от температуры тепловой обработки разделяют на две группы: низкообжиговые (собственно гипсовые) и высокообжиговые (ангидритовые). Первые получают тепловой обработкой при низких температурах (110...180°C); они состоят главным образом из полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ и характеризуются быстрым твердением. Вторые обжигают при высоких температурах (600...900° C); в них преимущественно входит безводный гипс (ангидрит CaSO_4), отличаются они медленным твердением.

К низкообжиговым гипсовым вяжущим веществам относятся:

- а) строительный гипс;
- б) формовочный гипс;
- в) высокопрочный (технический) гипс;
- г) гипсовые вяжущие из гипсосодержащих материалов.

Высокообжиговыми являются:

- а) ангидритовое вяжущее (ангидритовый цемент);
- б) высокообжиговый гипс (эстрих-гипс).

Иногда ангидритовое вяжущее получают только помолом природного ангидрита с активизаторами твердения (без обжига).

Выделяют несколько модификаций водного и безводного сульфата кальция, которые получают, обезвоживая двугидрат при различных температурах. Для практических целей особое значение имеет знание условий получения модификаций полуводного сульфата кальция.

Д. С. Белянкин и Л. Г. Берг, а также Келли, Суттард и Андерсон выделяют следующие модификации водного и безводного сульфата кальция:

- 1) двухводный сульфат кальция (гипс) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;
- 2) α -полуводный сульфат кальция (α -полугидрат) α - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$;
- 3) β -полуводный сульфат кальция (β -полугидрат) β - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$;
- 4) α -обезвоженный полугидрат α - CaSO_4 ;~
- 5) β -обезвоженный полугидрат β - CaSO_4 ;

- 6) α -растворимый ангидрит α -CaSO₄;
- 7) β -растворимый ангидрит β -CaSO₄;
- 8) нерастворимый ангидрит (обычно называемый ангидритом) CaSO₄.

Образование α - и β -модификаций полуводного гипса зависит от условий тепловой обработки.

По данным Д. С. Белянкина и Л. Г. Берга и др., α -полугидрат образуется при обработке гипса при температуре выше 97...100°C в среде насыщенного пара и в воде или в растворах некоторых солей, т.е. в условиях, при которых вода из гипса выделяется в жидком состоянии. В технике для этой цели применяют тепловую обработку при температуре 107...125°C и более.

β -модификация полуводного гипса получается при обычном нагревании гипса до 100...160°C в открытых аппаратах, сообщающихся с атмосферой, при удалении из него воды в виде перегретого пара.

Интенсивное выделение воды из двухводного гипса в виде пара приводит к образованию частичек полугидрата с рыхлой губчатой структурой, характеризующейся большой внутренней поверхностью. Это обуславливает повышенную реакционную способность β -модификаций полуводного гипса и определяет повышенную его водопотребность. Наоборот, при дегидратации двухводного гипса в среде насыщенного пара (особенно под давлением выше атмосферного), а также при его тепловой обработке в водных растворах солей при температурах около 110°C и выше полуводный гипс получается в виде крупных, хорошо оформленных плотных кристаллов α -модификации, характеризующихся пониженной водопотребностью.

В процессе затворения α -полугидрата водой благодаря пониженной дисперсности его кристаллов требуемую подвижность теста можно получить при меньшем расходе воды, чем при затворении β -полугидрата, отличающегося тонкокристаллической структурой и повышенной скоростью гидратации. В результате затвердевший гипс из α -полугидрата приобретает повышенную плотность и прочность по сравнению с β -полугидратом. Прочность же затвердевшего гипса, полученного из α - или β -полугидрата при одинаковом водогипсовом отношении, примерно одинакова, α -полугидрат схватывается несколько медленнее β -полугидрата.

Гипсовое вяжущие часто готовят непосредственно на заводах, применяющих эти вяжущие вещества для изготовления строительных изделий.

Свойства гипсовых вяжущих в значительной мере зависят от технологии их получения. Поэтому для определения оптимальных технологических параметров производства необходимы соответствующие исследования, особенно, если меняются источники поставки сырья.

Строительный гипс

Строительным гипсом называется низкообжиговое вяжущее вещество, состоящее из β -полуводного гипса и получаемое тепловой обработкой природного гипса с последующим или предшествующим этой обработке измельчением в тонкий порошок.

Двугидрат переходит в полугидрат по схеме: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} + 1,5\text{H}_2\text{O}$ (с поглощением тепла).

Схватывание и твердение α - и β -модификаций обусловлено переходом их при взаимодействии с водой в двугидрат по схеме:



По теории Ле Шателье (1887), при смешении полуводного гипса с водой он растворяется с образованием насыщенного водного раствора. В растворе он взаимодействует с водой и переходит в двуводный. С течением времени раствор становится пересыщенным по отношению к двугидрату, поэтому в жидкой фазе возникают условия для образования зародышей кристаллов двуводного гипса и выделения их из раствора. Это в свою очередь вызывает уменьшение концентрации полугидрата в жидкой фазе и создает возможность для растворения новых порций этого вещества и образования пересыщенного раствора $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. По мере выделения из раствора все новых и новых количеств двуводного гипса кристаллики его растут, переплетаются, срастаются и обуславливают схватывание и твердение исходной смеси гипса с водой. Нарушение структуры твердеющего гипса после начала его схватывания приводит к резкому снижению его прочности.

По теории А. А. Байкова (1923), процессы твердения полуводного гипса, а также других минеральных вяжущих веществ, образующих гидратные соединения, можно разделить на три периода.

В первый период, начинающийся с момента смешения гипса с водой, растворяется полугидрат и образуется его насыщенный раствор.

Во втором периоде вода взаимодействует с полуводным гипсом с прямым присоединением ее к твердому веществу, Это приводит к

возникновению двуводного гипса в виде высокодисперсных кристаллических частичек и к образованию коллоидной массы в виде геля, что сопровождается схватыванием массы.

В третий период частички двугидрата коллоидных размеров перекристаллизовываются с образованием более крупных кристаллов, что сопровождается твердением системы и ростом ее прочности.

Следует подчеркнуть, что, по А.А. Байкову, эти периоды не следуют строго один за другим. Они налагаются так, что в твердеющей массе одновременно протекают процессы коллоидообразования, характерные для второго периода, и процессы перекристаллизации в более крупные частички. Дальнейшее высыхание затвердевшей системы приводит к значительному увеличению прочности.

По данным П. А. Ребиндера и Е. Е. Сегаловой, гидратация полуводного гипса идет по схеме Ле Шателье с образованием кристаллизационной структуры. При этом рост прочности системы обычно заканчивается несколько раньше полного перехода полуводного гипса в двуводный. Прекращение роста прочности или даже понижение ее в конечной стадии гидратации гипса объясняется частичным разрушением структуры под влиянием внутренних напряжений, возникающих в процессе направленного роста кристалликов, спаянных между собой контактами срастания и образующих сплошную кристаллизационную структуру затвердевшего гипса.

Гидратация основной массы полуводного гипса и кристаллизация двугидрата практически заканчиваются одновременно через 20...40 мин после затворения. К этому же времени достигается и максимальная прочность системы во влажном состоянии. Прочность затвердевшего гипса по мере высыхания значительно возрастает, что объясняется уже не дальнейшими процессами гидратации, а испарением воды. При этом из водного раствора выделяется двуводный гипс, способствующий упрочнению контактов между кристаллическими сростками. Кроме того, предполагается, что при удалении воды, смачивающей поверхность кристаллов, устраняется их взаимное скольжение, что приводит к повышению прочности затвердевшего гипса, а также к резкому уменьшению деформаций ползучести под нагрузкой. При полном высыхании рост прочности прекращается.

Свойства строительного и высокопрочного гипса

Плотность этих полуводных модификаций гипса колеблется в пределах 2,6...2,75 г/см³. Объемная масса в рыхлонасыпанном со-

стоянии обычно составляет 800...1100, в уплотненном – 1250...1450 кг/м³.

Водопотребность. Теоретически для гидратации полуводного гипса с образованием двуводного гипса необходимо 18,6 % воды от массы вяжущего вещества. Практически же для получения теста нормальной плотности строительный гипс требует до 50...70 % воды, а высокопрочный (технический) – 30...40 %.

Затвердевший гипс представляет собой твердое тело с высокой пористостью, достигающей 40...60 % и более. Естественно, что с увеличением количества воды затворения пористость гипсового изделия возрастает, а прочность уменьшается.

Водопотребность гипса увеличивается с повышением степени его измельчения. Вместе с тем измельчение его до удельной поверхности примерно 2500...3000 см²/г даже при некотором увеличении водопотребности смеси приводит к повышению прочности гипсовых отливок.

Водопотребность гипса значительно снижается при введении с водой затворения замедлителей схватывания (кератинового, известково-клеевого, замедлителя В.В.Помазкова и др.), сульфитно-дрожжевой бражки и ее концентратов, синтетических жирных кислот (СЖК) и др. в количестве от 0,1 до 0,3 % массы вяжущего. С помощью этих веществ удается снизить нормальную плотность строительного гипса на 10...15 %, что способствует увеличению прочности гипсовых изделий.

Сроки схватывания. Строительный и высокопрочный гипсы - быстросхватывающиеся вяжущие вещества. Как правило, начало схватывания строительного гипса должно наступать не ранее 4 мин, а конец схватывания - не ранее 6 мин, но не позднее 30 мин после затворения водой. Начало схватывания высокопрочного гипса должно быть не ранее 4 мин, а конец схватывания - в пределах 8...20 мин от начала затворения гипсового теста.

Сроки схватывания гипса зависят от свойств сырья, технологии изготовления, длительности хранения, количества, вводимой воды, температуры вяжущего вещества и воды, условий перемешивания, наличия добавок и др. Быстрее всех схватывается полуводный гипс, содержащий некоторое количество частичек неразложившегося дву-гидрата, являющихся центрами кристаллизации и вызывающих ускоренную гидратацию полуводного гипса. Схватывание гипса значительно ускоряется при затворении его пониженным количеством во-

ды по сравнению с тем, которое требуется для теста нормальной густоты, и наоборот.

Повышение температуры гипсового теста до 40...45°C способствует ускорению его схватывания, а выше этого предела, наоборот, - замедлению. При температуре гипсовой массы 90...100°C схватывание и твердение прекращаются. Это объясняется тем, что при указанных и более высоких температурах растворимость полуводного гипса в воде становится меньше растворимости двугидрата. В результате прекращается переход полугидрата в двугидрат, а следовательно, и связанное с ним твердение. Схватывание замедляется, если гипс применяют в смеси с заполнителями - песком, шлаком, опилками и т.д.

Быстрое схватывание полуводного гипса является в большинстве случаев положительным его свойством, позволяющим быстро извлекать изделия из форм. Однако в ряде случаев быстрое схватывание нежелательно. Для регулирования сроков схватывания (ускорения и замедления) в гипс при затворении вводят различные добавки.

По механизму действия В.Б. Ратинов разделяет добавки для регулирования сроков схватывания вяжущих веществ, в том числе и гипсовых, на четыре класса.

Первый класс - это добавки, изменяющие растворимость вяжущих веществ и не вступающие с ними в химические реакции. Схватывание гипса ускоряется, если эти добавки, например NaCl, KCl, Na₂SO₄ и др., усиливают растворимость полугидрата в воде; наоборот, оно замедляется, если добавки (аммиак, этиловый спирт и др.) снижают его растворимость. Некоторые добавки (например, NaCl) при одних концентрациях в растворе увеличивают растворимость полугидрата и, следовательно, являются ускорителями, а при других, уменьшая растворимость, являются замедлителями.

Второй класс - вещества, реагирующие с вяжущими веществами с образованием труднорастворимых или мало диссоциирующих соединений. Добавки этого класса (для гипса - фосфат натрия, бура, борная кислота и др.) образуют на поверхности полугидрата защитные пленки труднорастворимых соединений, в результате чего схватывание гипса замедляется.

Третий класс - вещества, являющиеся готовыми центрами кристаллизации. Для гипсовых вяжущих таковым являются CaSO₄ · 2H₂O, CaHPO₄ · 2H₂O и др. Они ускоряют схватывание.

У добавок первого и третьего классов имеется «порог эффективности», под которым подразумевают концентрацию добавки, дающую максимальный замедляющий или ускоряющий эффект. Обычно этот эффект достигается при введении добавок в воду затворения в количестве до 2...3 %.

Четвертый класс – поверхностно-активные добавки. Они адсорбируются частичками полуводного и двуводного гипса и уменьшают скорость образования зародышей кристаллов. Эти добавки (сульфитно-дрожжевая бражка, известково-клеевой и кератиновый замедлители и др.) известны как пластификаторы и замедлители гипса. Адсорбируясь частичками полугидрата, они придают тесту повышенную подвижность и снижают количество воды затворения, необходимой для получения смеси требуемой подвижности.

Следует отметить, что введение добавок (ускорителей или замедлителей схватывания) обычно отрицательно сказывается на конечной прочности гипсовых изделий. Это выявляется, если их получают из смеси с добавками и без них при одинаковом водогипсовом отношении. Однако введение поверхностно-активных веществ в умеренном количестве (0,1 ... 0,3 %) способствует обычно увеличению прочности изделий, так как снижение ими активности гипса компенсируется в этом случае приростом прочности вследствие значительного уменьшения водогипсового отношения при получении смесей одинаковой подвижности.

Прочность. Прочность строительного гипса определяют испытанием образцов-балочек размером 4 x 4 x 16 см, приготовляемых из гипсового теста нормальной густоты. Балочки испытывают через 1,5 ч после изготовления на изгиб, а их половинки - на сжатие.

Прочность на сжатие затвердевшего полуводного гипса и изделий из него в большой степени зависит от их влажности. В частности, даже сорбционное увлажнение до 0,5...1 % сухого гипсового образца, находящегося в воздухе с относительным содержанием паров воды 80...100 %, снижает его прочность до 60...70 % прочности в высушенном состоянии. Дальнейшее влагонасыщение образца до 10...15% уменьшает прочность примерно до 50%, а полное водонасыщение – до 35...40 % прочности в высушенном состоянии. Это относится к образцам, изготовленным с водогипсовым отношением, равным 0,5...0,7. Прочность образцов, более плотных, полученных при пониженных водогипсовых отношениях, при увлажнении снижается не-

сколько меньше. Высушивание гипсовых изделий приводит обычно почти к полному восстановлению первоначальной прочности.

Деформативность. Полуводный гипс при схватывании и твердении в первоначальный период обладает способностью увеличиваться в объеме приблизительно на 0,5...1 %. Такое увеличение объема еще не окончательно схватившейся гипсовой массы не имеет вредных последствий. Наоборот, в ряде случаев оно очень ценно (например, при изготовлении архитектурных деталей), так как при этом гипсовые отливки хорошо заполняют формы и точно передают их очертания.

После первоначального расширения гипсовые изделия при последующем высыхании дают усадку в размере около 0,05...0,1 % в результате уменьшения влажности с 5...10 до 1...2 %. Такая усадка при изготовлении крупноразмерных изделий сопровождается значительными напряжениями, что может вызвать уменьшение прочности и даже появление трещин. Для уменьшения усадки целесообразно применять гипс в смеси с минеральными заполнителями в виде гипсобетона.

Долговечность. Изделия из полуводного гипса, являющегося воздушным вяжущим веществом, характеризуются большой долговечностью при службе их в воздушно-сухой среде. При длительном воздействии воды, особенно при низких температурах, когда изделия в водонасыщенном состоянии систематически то замерзают, то оттаивают, они разрушаются.

Водостойкость изделий можно несколько повысить:

1) применением интенсивных способов уплотнения гипсобетонных смесей при формовании;

2) введением в гипс и изделия из него небольшого количества синтетических смол, кремнийорганических соединений и др.;

3) нанесением покровных пленок или пропитыванием изделий растворами синтетических смол, гидрофобными веществами, баритовым молоком и т.п.

4) применением многокомпонентных вяжущих, представляющих собой композицию из полуводного гипса, портландцемента и доменных гранулированных шлаков и пуццолановых добавок.

Огнестойкость. Гипсовые изделия огнестойки. Они прогреваются относительно медленно и разрушаются лишь после 6...8 ч нагрева, т.е. при такой продолжительности пожара, которая маловеро-

ятна. Поэтому гипсовые изделия часто рекомендуют применять в качестве огнезащитных покрытий.

Стальная арматура в гипсовых изделиях в условиях нейтральной среды ($pH = 6,5 \dots 7,5$), особенно при значительной их пористости, подвергается интенсивной коррозии. Коррозия предотвращается при покрытии стали обмазками: цементно-битумной, цементно-полистирольной и др. Более надежно предварительно подвергать сталь металлизации цинком или алюминием, а затем покрывать указанными обмазками.

Лабораторная работа №1

Свойства гипсовых вяжущих веществ и их регулирование (1 – е занятие)

Работа выполняется 8 часов (2 занятия)

Задание: определить линейные деформации и прочность гипсового камня при твердении его в различных условиях (на воздухе и в воде), а также установить влияние влагосодержания на его прочность.

Исходные материалы и оборудование:

1. Гипс строительный.
2. Вискозиметр – прибор Суттарда.
3. Чашка затворения.
4. Лопатка перемешивания.
5. Прибор ВИКа.
6. Секундомер.
7. Штангенциркуль + ИЗВ-1.
8. Формы-призмы $4 \times 4 \times 16$ см.
9. Баки твердения.
10. Сушильный шкаф.
11. Пресс ИП-100.
12. МИИ-100.
13. Весы с разновесами.
14. Мерные цилиндры.
15. Пластика металлическая для испытания прочности образцов при сжатии.
16. Машинное масло.

Ход работы:

1. Определить нормальную плотность строительного гипса по прибору Суттарда.
2. Определить сроки схватывания теста нормальной плотности на приборе ВИКа.
3. Заформовать тесто строительного гипса с НГ в формы-призмы (по 6 шт.).
4. После 1 часа выдержки расформировать, составить на воздухе.
5. В возрасте 2,0 часа первые 3 балочки испытать на изгиб и сжатие. Данные поместить в таблицу.
6. Остальные 3 балочки маркировать каждой бригаде и хранить в заданных условиях твердения до 14 суток (до следующего занятия):
 - а) при влажности воздуха комнаты;
 - б) при $W=98-100\%$ (в замкнутых баках над водой);
 - в) при переменном увлажнении и высушивании на воздухе – 1 сутки на воздухе, 1 сутки в воде;
 - г) твердение в воде.
7. В каждой бригаде назначается дежурный для замеров линейных деформаций штангенциркулем в определенные сроки твердения.

$$\lambda = \frac{h_n - h_0}{l},$$

где λ – деформация образцов, мм/м; h_0 – первоначальный отсчет, сделанный в начале испытания образца, мм; h_n – отсчет, осуществленный при последующих измерениях образцов, мм; l – первоначальная длина образца, м.

8. Через 14 дней остальные 3 балочки испытать на изгиб (получится 6 половинок).
9. 3 половинки балочек испытать на сжатие.
10. Другие 3 половинки призм взвесить, затем поместить в сушильный шкаф на 3 часа при температуре не выше 65°C .
11. Сушить до постоянной массы.
12. Вычислить влажность образцов. Данные занести в таблицу.

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100\%,$$

где m_1 – масса образца исходного; m_2 – масса высушенного образца.

13. Затем эти 3 половинки балочек испытать на сжатие.
14. Заполнить всем бригадам таблицу.

15. Сделать выводы о влиянии условий твердения гипсового камня на его деформации и прочность.

Контрольные вопросы

1. Добавки, вводимые в вяжущие вещества.
2. Модификация водного и безводного сульфата кальция.
3. Способы производства строительного гипса.
4. Процессы при схватывании и твердении полуводного гипса.
5. Регулирование сроков схватывания ГВВ.
6. Прочность ГВВ.
7. Свойства и применение строительного гипса.

Деформация и прочность гипсового камня при твердении в различных условиях и влияние влагосодержания образцов на их прочность

Условия твердения образцов	НГ (В/Г)	Сроки схват., мин		Линейные деформации, мм/м				Влажн. через 14 сут	Предел прочности при изгибе, МПа		Предел прочности при сжатии, МПа			$\frac{R_{\text{ест.влажн.}}}{R_{\text{высуш.}}}$	
		нач.	кон.	3 сут	7 сут	10 сут	14 сут		2,0 ч	14 сут	2,0 ч	при естеств. влажн.	14 сут		при естеств. влажн. до пост. массы

Лабораторная работа №2

Свойства гипсовых вяжущих веществ и их регулирование (2 –е занятие)

Задание: исследовать влияние регуляторов схватывания на свойства строительного гипса.

Материалы и оборудование:

1. Строительный гипс.
2. Добавки.
3. Кубы-формы 20×20×29.
4. То же, что в л.р. №1.

Ход работы:

1. Для определения НГ на 300 г гипса рассчитать необходимое количество добавки. Добавку растворить в воде затворения.
2. Определить НГ с соответствующими добавками.
3. Определить сроки схватывания гипса с добавками при НГ.
4. Заформовать гипс с добавками НГ в формы-кубы по 9 образцов каждой разновидности.
5. Через 1 час расформировать, промаркировать, оставить на воздухе.
6. По 3 образца в возрасте 2.0 ч испытать на прочность при сжатии, остальные оставить на 14 дней воздушного твердения.
7. Через 14 дней твердения высушить до постоянного веса, испытать на сжатие 3 образца.
8. Оставшиеся 3 образца испытать на прочность при сжатии в возрасте 14 суток нормального твердения.
9. В выводах установить влияние добавок на следующие свойства гипса: НГ, сроки схватывания, прочность при сжатии через 2,0 ч, через 14 суток твердения на воздухе, после высушивания образцов до постоянной массы.

Влияние добавок регуляторов схватывания
на свойства строительного гипса

До- бавка	Дози- ровка	НГ (В/Г)	Сроки схват., мин		Предел прочности при сжатии, МПа		
			начало	конец	2,0 ч	14 суток	
						Норм.тв.	Высуш. до пост. массы

В методические указания вошли четыре лабораторные работы:

1. Свойства гипсовые вяжущих веществ и их регулирование /часть 1/.

2. Свойства гипсовые вяжущих веществ и их регулирование /часть 2/.

3. Исследование свойств строительных растворов на молотой и гидратной извести.

4. Исследование влияния добавок-ускорителей твердения на свойства портландцемента.

5. Экспресс-вопросы.

Даны теоретические положения, методика и практические рекомендации по выполнению лабораторных работ.

Табл. 4. Библиогр.: 28 назв.

2. Воздушная известь.

Строительной воздушной известью называется продукт, получаемый из известковых и известково-магнезиальных карбонатных пород обжигом их до возможно полного удаления углекислоты и состоящий преимущественно из окиси кальция. Содержание примесей глины, кварцевого песка и т.п. в карбонатных породах не должно превышать 6...8 %. При большем количестве этих примесей в результате обжига получают гидравлическую известь.

Воздушная известь относится к классу воздушных вяжущих: при обычных температурах и без добавок пуццолановых веществ твердеет лишь в воздушной среде.

Различают следующие виды воздушной извести: известь негашеную комовую; известь негашеную молотую; известь гидратную (пушонку).

Известь негашеная комовая представляет собой смесь кусков различной величины. По химическому составу она почти полностью состоит из свободных окисей кальция и магния с преимущественным содержанием окиси кальция.

Известь негашеная молотая – порошковидный продукт тонкого измельчения комовой извести. По химическому составу она подобна комовой извести, из которой получена.

Гидратная известь – высокодисперсный сухой порошок, получаемый гашением комовой или молотой негашеной извести соответствующим количеством жидкой или парообразной воды, обеспечивающим переход окисей кальция и магния в их гидраты. Гидратная известь состоит преимущественно из гидрата окиси кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а также гидрата окиси магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Кроме того, извести различают по скорости гашения. К быстрогасящимся относятся извести со скоростью гашения не более 8 мин, к среднегасящимся – не более 25 мин, к медленногасящимся – более 25 мин. За скорость гашения принимается время от момента смешивания порошка извести с водой до момента достижения максимальной температуры и начала ее снижения.

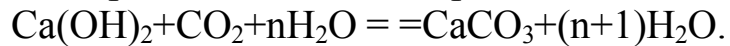
Твердение воздушной извести

В зависимости от вида извести и условий, в которых происходит ее твердение, различают три типа твердения: карбонатное, гидратное и гидросиликатное.

Карбонатным твердением называют процесс постепенного затвердевания растворных или бетонных смесей, изготовленных на гашеной извести, при воздействии на них углекислоты. Твердение при этом обусловлено одновременным протеканием двух процессов:

1.) кристаллизации гидрата окиси кальция из насыщенного водного раствора;

2.) образования карбоната кальция по реакции



При испарении воды из раствора гелевидная масса известкового теста уплотняется и упрочняется. Высыхание вызывает также образование сетки пор и мельчайших капилляров, частично заполненных водой. Можно полагать, что в результате поверхностного натяжения в них возникает внутреннее капиллярное давление, которое стягивает частицы извести и заполнителя, придавая раствору дополнительную прочность.

Кристаллики образующегося карбоната срастаются друг с другом и частичками Ca(OH)_2 и песка, обуславливая твердение. При карбонизации гидрата окиси кальция объем твердой фазы увеличивается, что приводит к дополнительному уплотнению и упрочнению твердеющего раствора. Наряду с карбонатом кальция возможно также образование соединений типа $\text{CaCO}_3 \cdot n\text{Ca(OH)}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$.

Испарение влаги и карбонизация растворов протекают очень медленно. Последняя захватывает преимущественно поверхностные слои, что объясняется малой концентрацией CO_2 в воздухе (0,03 %) и большой плотностью пленки образующегося карбоната, сильно затрудняющей дальнейшее проникание углекислоты к внутренним слоям раствора.

Следует отметить, что в начальный период твердения растворов и бетонов на гашеной извести на рост прочности преимущественно влияют процессы высыхания и перекристаллизации частичек Ca(OH)_2 .

При введении в известковые растворы или бетоны тонкоизмельченного кварцевого песка происходит заметное взаимодействие между известью и кремнеземом даже при обычных температурах 10... 20° С, что способствует ускорению твердения и достижению более высокой прочности. Ряд исследователей - Г.С.Ходаков, Г.И.Логинов, П.А.Ребиндер и др. - объясняют это аморфизацией поверхностных слоев кварцевых частичек при измельчении и возрастающей их ак-

тивностью во взаимодействии с гидратом окиси кальция с образованием гидросиликатов кальция.

Гидратным твердением называют процесс постепенного превращения в твердое камневидное тело известковых растворных и бетонных смесей на молотой негашеной извести. Происходит это в результате взаимодействия такой извести с водой и образования гидрата окиси кальция.

В соответствии с данными о взаимодействии окиси кальция с водой гидратное твердение извести протекает в результате гидратации ее одновременно как через раствор (по Ле Шателье), так и вследствие присоединения воды к твердой фазе (по Михаэлису и А. А. Байкову). То или иное преимущественное направление процесса зависит от свойств извести, температуры среды, количества воды в системе и от других факторов.

Эффект твердения обуславливается взаимным сцеплением и срастанием образующихся субмикроскопических частичек гидрата окиси кальция. От них зависит и физико-механическая прочность всей системы, состоящей из гидратирующегося вяжущего, воды, заполнителя и воздушных пор. Значительному упрочнению твердеющей системы способствует то, что вследствие химического связывания воды в гидрат окиси кальция значительно увеличивается доля твердой фазы.

По гипотезе Е. Е. Сегаловой и П. А. Ребиндера при выделении $\text{Ca}(\text{OH})_2$ из раствора в виде зародышей последние размещаются преимущественно в промежутках между ранее образовавшимися частицами твердой фазы и не вызывают каких-либо вредных напряжений. Направленный же рост кристаллов гидрата окиси кальция в последующие стадии твердения системы, уже получившей начальную прочность, может вызывать нарушение контактов и напряжения, что сопровождается уменьшением прочности, а в отдельных случаях и разрушением искусственного камня.

В местах контактов, образовавшихся в результате срастания высокодисперсных частичек гидрата окиси кальция, кристаллическая решетка будет неизбежно искажена и поэтому термодинамически неустойчива. Это обуславливает повышенную растворимость этих участков в воде по сравнению с растворимостью правильно сформированных крупных кристалликов $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Вследствие этого по окончании гидратации, если в порах затвердевшего раствора или бетона есть влага, возможно развитие процессов перекристаллизации, выражаю-

щихся в растворении $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в местах контактов и росте правильно сформированных более крупных кристаллов. Это приводит к необратимому снижению прочности системы.

Наоборот, при длительном хранении растворов и бетонов, изготовленных на молотой негашеной извести, в сухих условиях на воздухе наблюдается их упрочнение за счет испарения воды и перехода гидрата окиси кальция в устойчивый карбонат кальция под действием углекислоты.

Гидросиликатным твердением называют процесс превращения известково-кремнеземистых смесей в твердое камневидное тело, обусловленный образованием гидросиликатов кальция, в частности при тепловлажностной обработке в автоклавах насыщенным паром под давлением 0,9...1,6 МПа, что соответствует температуре 174,4...200°C. Высокая температура автоклавной обработки при наличии в обрабатываемом материале воды в жидком состоянии способствует резкому ускорению химического взаимодействия между гидратом окиси кальция и кварцевым песком или каким-либо другим кремнеземистым компонентом (суглинок, трепел, зола, шлак, керамзит и т. п.).

При автоклавной обработке в результате взаимодействия извести с кремнеземом образуются значительные количества гидросиликатов кальция, обеспечивающих высокую прочность и долговечность получаемых изделий. С помощью автоклавной обработки в течение 6...12 ч получают известково-песчаные изделия с прочностью при сжатии 30...50 МПа и более.

До недавнего времени воздушную известь применяли в строительстве только после предварительного ее гашения. И.В.Смирнов предложил использовать молотую известь. Было показано, что при определенных условиях может происходить гидратное твердение молотой извести, т.е. твердение при взаимодействии с водой с образованием гидрата окиси кальция подобно тому, как твердеет портландцемент или гипс при реакции их с водой с возникновением гидратных новообразований.

Воздушная известь в молотом виде имеет ряд преимуществ по сравнению с использованием ее в виде пушонки или теста.

Молотая негашеная известь характеризуется меньшей водопотребностью, чем гашеная известь. Удельная поверхность молотой негашеной извести обычно значительно меньше удельной поверхности гидратной извести. Поэтому требуемую удобоукладываемость рас-

творной или бетонной смеси на молотой негашеной извести получают при пониженном количестве воды. Снижение же водопотребности растворных и бетонных смесей способствует увеличению их прочности при твердении. Кроме того, негашеная известь, гидратируясь в уже уложенных растворах и бетонах, связывает большое количество воды, переходящей в твердую фазу. Все это способствует получению растворов, бетонов и изделий на молотой негашеной извести повышенной плотности и прочности по сравнению с получаемыми на гашеной извести.

Однако гидратное твердение молотой негашеной извести возможно лишь при соблюдении, по крайней мере, четырех условий:

- 1) тонкий помол извести;
- 2) определенное водоизвестковое отношение;
- 3) отвод тепла или применение других приемов, предотвращающих разогревание твердеющего раствора или бетона до температур, вызывающих кипение и интенсивное испарение воды;
- 4) прекращение перемешивания известково-песчаной смеси на определенном этапе гидратации извести.

В заводской практике необходимо учитывать эти особенности твердения молотой негашеной извести и выбирать технологию в зависимости от качества применяемой извести.

Свойства воздушной извести

Пластичность, обуславливающая способность вяжущего придавать строительным растворам и бетонам удобообрабатываемость, - важнейшее свойство извести. Пластичность извести связана с ее высокой водоудерживающей способностью. Тонкодисперсные частички гидрата окиси кальция, адсорбционно удерживая на своей поверхности значительное количество воды, создают своеобразную смазку для зерен заполнителей в растворной или бетонной смеси, уменьшая трение между ними. Вследствие этого известковые растворы обладают высокой удобообрабатываемостью, легко и равномерно распределяются тонким слоем на поверхности кирпича или бетона, хорошо сцепляются с ними, отличаются водоудерживающей способностью даже при нанесении на кирпичные и другие пористые основания.

Водопотребность и водоудерживающая способность строительной извести высокие и зависят от вида извести и дисперсности ее частиц. Повышенной водопотребностью и водоудерживающей способностью обладает гашеная известь в виде порошка или теста, по-

ниженной – молотая негашеная известь. Поэтому из негашеной молотой извести можно готовить растворы и бетоны с пониженным водосодержанием, более высокой плотностью и, следовательно, прочностью. Удобнообрабатываемость же растворных смесей на молотой негашеной извести меньше, чем на гашеной извести.

Скорость схватывания. Растворы на гашеной извести схватываются очень медленно. Образцы размером 7,07x7,07x7,07 см из раствора на этом виде извести приходится выдерживать в формах в течение 5...7 сут до приобретения ими некоторой прочности, позволяющей их расформовывать. Схватывание несколько ускоряется при сушке образцов. Растворы на молотой негашеной извести схватываются через 15...60 мин после затворения. Скорость их схватывания зависит от скорости гидратации окиси кальция и условий твердения.

Объемные изменения. При твердении растворов и бетонов, изготовленных из строительной воздушной извести, возможны объемные изменения в основном трех видов: неравномерное изменение объема, обусловленное замедленной гидратацией частичек пережога; усадка и набухание; изменения, вызванные температурной деформацией.

Неравномерные изменения объема весьма опасны для сохранности растворов, бетонов или изделий из них, так как пережженные частицы СаО и MgO гидратируются с увеличением объема в уже затвердевшем известковом камне. Возникающие при этом напряжения достигают критических значений и вызывают растрескивание изделий, деформацию кладки и т.п.

При твердении на воздухе известковые растворы и бетоны, особенно изготовленные на гашеной извести, дают значительную усадку. Это объясняется тем, что при испарении воды уплотняется известковый раствор: в нем образуются сетка пор и тончайшие капилляры, частично заполненные водой, в которых возникают силы капиллярного давления, стягивающие частички вяжущего вещества и заполнителей. Чем выше содержание вяжущего и воды в растворах и бетонах, тем больше их усадка при высыхании во время твердения в воздушной среде. При длительном действии воды растворы и бетоны на извести теряют прочность.

Температурные деформации в начальный период схватывания и твердения наиболее характерны для бетонов и растворов на молотой негашеной извести. При ее взаимодействии с водой происходит интенсивное тепловыделение, в результате которого в ряде случаев изделия разогреваются до температуры 60...70 °С и более. Так как при

этом условия для рассеивания тепла на наружных поверхностях почти всегда лучше, чем во внутренних зонах, то в изделии неизбежно возникает перепад температуры, а следовательно, и неравномерные температурные деформации. В результате более холодные поверхностные слои изделия оказываются в растянутом состоянии, что сопровождается, зачастую, появлением трещин.

Интенсивность тепловыделения и температурных деформаций возрастает с увеличением тонкости помола извести, снижением водоизвесткового (V/I) отношения и, наоборот, уменьшается при введении в смесь добавок, замедляющих скорость гидратации окиси кальция.

Неравномерные температурные деформации могут быть уменьшены, если создать в массивных изделиях технологические пустоты, обеспечивающие более равномерное разогревание и охлаждение материала.

Прочность растворов и бетонов на строительной воздушной извести прежде всего зависит от условий ее твердения. Медленно твердеют при обычных температурах ($10...20^{\circ}\text{C}$) и через месяц приобретают небольшую прочность ($0,5...1,5$ МПа) растворы на гашеной извести. Гидратное твердение растворов на молотой негашеной извести дает возможность через 28 сут воздушного твердения получать их с прочностью при сжатии до $2...3$ МПа. Наконец, при автоклавном твердении можно легко изготавливать плотные известково-песчаные бетоны с прочностью при сжатии до $30...40$ МПа и более. Прочность растворов и бетонов на строительной извести возрастает также с увеличением ее активности и уменьшением до некоторого предела водоизвесткового отношения.

Долговечность известковых растворов и бетонов зависит от вида извести и условий ее твердения.

Известковые растворы и бетоны вполне воздухостойкие материалы. В воздушно-сухих условиях создаются наиболее благоприятные условия для их упрочнения вследствие карбонизации гидрата окиси кальция углекислотой воздуха. Во влажных условиях известковые строительные растворы и бетоны, отвердевшие в обычных температурных условиях, постепенно теряют прочность и разрушаются. Разрушение при этом наступает особенно быстро, если бетоны то замерзают, то оттаивают. Чем активнее в растворах и бетонах прошли процессы карбонизации извести, тем они более водостойки и морозостойки. Об этом убедительно свидетельствует длительная сохран-

ность многих фасадов зданий, оштукатуренных известковыми растворами.

Известково-песчаные бетоны и изделия автоклавного твердения, особенно изготовленные на молотой негашеной извести, характеризуются высокой водо- и морозостойкостью.

В этом отношении они практически равноценны изделиям из бетонов на цементах.

Лабораторная работа №3
Исследование свойств строительных растворов
на молотой негашеной и гидратной извести.
(1 – е занятие)

Задание: сравнить эффективность применения молотой негашеной и гидратной извести для изготовления строительных растворов.

Материалы и оборудование:

1. Известь молотая негашеная.
2. Известь гидратная.
3. Кварцевый песок.
4. Гранулированный шлак.
5. Мраморная крошка.
6. Вода.
7. Прибор для определения подвижности с конусом.
8. Весы с разновесом.
9. Набор сит.
10. Мерные сосуды.
11. Пресс ИП-100.
12. Штык (стальной стержень).
13. Мерные цилиндры.
14. Формы-кубы 70,7*70,7*70,7 мм.
15. Линейка.
16. Кирпичи с бумагой (в качестве поддона при формовке образцов- кубов).
17. Секундомер.

Ход работы:

1. Замешать растворную смесь (5 кг) заданного состава , заданной подвижности (см. таблицу).
2. Определить подвижность по ГОСТу .
3. Определить плотность растворной смеси с заданной подвижностью (кг/см³):

$$\rho = \frac{m - m_1}{1000},$$

где m – масса мерного сосуда (1л) с растворной смесью, г;

m_1 – масса мерного сосуда (1л) без смеси ,г .

Плотность растворной смеси определяют как среднее арифметическое значение результатов двух определений плотности смеси из одной пробы, погрешность – 5 % от меньшего значения .

4. Определить прочность раствора на сжатие (МПа) на образцах – кубах 70,7*70,7*70,7 мм в возрасте, установленном в ГОСТе на данный вид раствора . На каждый срок испытания изготовить по 3 образца:

$$R_{сж} = \frac{P}{S},$$

где P – разрушающая нагрузка, кгс;

S - рабочая площадь сечения образца, см² .

5. Результаты всех испытаний занести в таблицу.
6. Выводы: сопоставить свойства растворов на каждом виде извести и рекомендовать для изготовления строительных растворов различного назначения.

Контрольные вопросы

1. Негашеная известь. Производство, свойства.
2. Гидратная известь. Производство, свойства.
3. Твердение воздушной извести.
4. Применение воздушной извести.

Состав и свойства строительных растворов

Назначение строительного раствора	Вид из- вести	Вид за- полни- теля	Состав раствор- ной сме- си по массе (известь: заполни- тель)	Задан- ная по- движ- ность смеси, см	В/И	Подвиж смеси, см	Плот- ность смеси кг/м ³	Расход материа- лов раств смеси , кг/м ³			Предел прочно- сти при сжатии, МПа		
								из- вес т	вода	за- полн.	14 сут	28 сут	
1-я бригада (для ка- менной кладки)	Молот. негаш. гидрат	Кварц. песок	1:4	6-7									
2-я бригада (то же)	То же	То же	1:5	7-8									
3-я бригада (то же)	То же	Керам- зи- товый гравий	1:3	6-7									
4-я бригада для декор. отделки	То же	Мра- мор. крошка	1:4	8-9									

3. Портландцемент

Портландцементом называется гидравлическое вяжущее вещество, получаемое тонким измельчением портландцементного клинкера с гипсом и со специальными добавками и образующее при затворении водой удобообрабатываемое тесто, способное затвердевать на воздухе и в воде.

Клинкер получают обжигом до спекания тонкодисперсной однородной сырьевой смеси в виде гранул размером от 10...20 до 50...60 мм, состоящей из известняка и глины или некоторых других материалов (мергеля, доменного шлака, лесса, нефелинового шлама и пр.).

Гипс в портландцемент добавляют для регулирования скорости. Клинкерный порошок без гипса при смешивании с водой быстро схватывается и затвердевает в цементный камень, который характеризуется пониженными техническими свойствами.

При производстве цемента для интенсификации процесса помола допускается введение специальных добавок в количестве до 1 % массы вяжущего, в том числе органических не более 0,15 % (по ГОСТ 10178) и не более 0,5 % (по ГОСТ 31108).

Характеристика портландцемента выражается через составы:

- 1) вещественный – соотношение масс портландцементного клинкера, гипса и добавок с указанием их вида;
- 2) химический – содержание оксидов;
- 3) минералогический (фазовый) – содержание основных минералов, входящих в состав клинкера, и гипса;
- 4) гранулометрический – показывает процентное содержание частиц разных фракций.

По *вещественному составу* по ГОСТ 10178 различают:

- портландцемент без добавок;
- портландцемент с минеральными добавками – гранулированные доменные и электротермофосфорные шлаки до 20 %, АМД осадочного происхождения, кроме глиежей, не более 10 %, АМД вулканического происхождения и глиежи до 20 % по массе. Суммарное количество добавок не более 20 %;

- шлакопортландцемент - доменные или электротермофосфорные шлаки от 20 до 80 % массы вяжущего, АМД не более 10 %. Суммарное количество добавок не более 80%.

Вещественный состав по ГОСТ 31108:

- ЦЕМ I - портландцемент;
- ЦЕМ II - портландцемент с минеральными добавками;
- ЦЕМ III - шлакопортландцемент;
- ЦЕМ IV - пуццолановый цемент;
- ЦЕМ V - композиционный цемент.

Химический состав клинкера колеблется в сравнительно широких пределах, %:

CaO	63...66
SiO ₂	21...24
Al ₂ O ₃	4...8
Fe ₂ O ₃	2...4
MgO	0,5...5
SO ₃	0,3...1
Na ₂ O+K ₂ O	0,4..1
TiO ₂ +Cr ₂ O ₃	0,2...0,5
P ₂ O ₅	0,1...0,3
Mn ₂ O ₃	до 2

Вне обозначенных пределов вяжущие свойства клинкера ухудшаются за счет образования инертных фаз

Минералогический состав клинкера

Минералогический состав обычного портландцемента

Алит	3CaO·SiO ₂	C ₃ S	45...60%
Белит	2CaO·SiO ₂	C ₂ S	20...30%
Целит	4CaO·Al ₂ O ₃ ·Fe ₂ O ₃	C ₄ AF	10...20%
Трехкальциевый алюминат	3CaO·Al ₂ O ₃	C ₃ A	3...15%

Алит – важнейший клинкерный минерал-силикат, определяющий высокую прочность, быстроту твердения и ряд других свойств портландцемента. На прочность и другие свойства ПЦ влияют форма кристаллов, их размеры, распределение по величине и степень закристаллизованности. Различают 3 полиморфные формы: чистый алит – триклинная, в цементах, из-за примесей – моноклинная, тригональная.

Белит – второй основной минерал портландцементного клинкера, отличается медленным твердением, обеспечивает достижение высокой прочности при длительном твердении. Установлено существование четырех полиморфных форм белита: α -, α' -, β -, γ - C_2S .

Трехкальциевый алюминат (C_3A) отвечает за начальную прочность и схватывание, но снижает морозо- и сульфатостойкость. Кристаллы в кубической системе в виде шестиугольников и прямоугольников.

Целит (C_4AF) - твердый раствор алюмоферритов кальция разного состава (C_6A_2F , C_4AF , C_6AF_2 и C_2F). В клинкерах обычных портландцементов алюмоферритная фаза по своему составу близка к четырехкальциевому алюмоферриту.

В современной технологии сборных железобетонных изделий портландцемент и его разновидности служат основным видом вяжущих веществ. Достоинства портландцемента в том, что при относительно низком расходе он позволяет в короткие сроки получать бетон высокой прочности и долговечности. Бетонная смесь на портландцементе отличается хорошими формовочными свойствами.

Основная задача при проектировании состава бетона независимо от его назначения – получение бетона необходимой прочности и долговечности в данных условиях эксплуатации. При этом расход цемента должен быть минимальным, а бетонная смесь должна иметь необходимую подвижность и высокую структурную связность, т.е. быть удобоукладываемой в конкретных условиях формирования ЖБИ.

Получение бетона и бетонной смеси высокого качества при минимальном расходе цемента возможно только при глубоком знании свойств последнего и факторов, влияющих на эти свойства: минералогического состава клинкера, состава цемента и тонкости его помола, условий твердения. Существенное изменение качества бетона и бетонной смеси достигается также использованием различных органических и минеральных поверхностно-активных добавок.

Пластично - вязкое состояние цементного теста – определяющий фактор удобоукладываемости бетонной смеси, т.е. подвижности и структурной связности (пластичности). Однако не менее важным для получения бетона наибольшей прочности оказывается знание реологических свойств цементного теста и факторов, влияющих на них. Чем меньше воды требуется для получения цементного теста необходимой текучести, тем прочнее окажется бетон.

Лабораторная работа №4

Исследование влияния добавок-ускорителей твердения на свойства портландцемента

Задание : установить влияние добавки на реологические свойства цементного теста и скорость твердения цемента .

Материалы и оборудование :

1. Цемент.
2. Добавка.
3. Вода.
4. Прибор ВИКа.
5. Встряхивающий столик, стекло.
6. Формы-кубы 20*20*20 мм.
7. Чашка с лопаткой.
8. Цилиндр мерный.
9. Весы электрические.
10. Весы технические.
11. Линейка.
12. Масло с кисточкой.
13. Пресс.

Ход работы:

1. Определить НГ цемента с соответствующим количеством добавок по прибору ВИКа.
2. При В/Ц =0,5 (навеска 400г) определить пластифицирующий эффект добавок CaCl_2 по расплаву конуса (РК) на встряхивающем столике.
3. Формы-кубы смазать маслом с помощью кисти.
4. Заформовать 12 образцов-кубов с соответствующим количеством CaCl_2 при НГ, хранить в нормальных условиях .
5. Через сутки расформовать, очистить формы .
6. Испытать по 3 образца на предел прочности при сжатии через 1, 7, 14 и 28 суток твердения, полученные результаты занести в таблицу .

Выводы:

1. Установить скорость нарастания прочности цемента в зависимости от содержания добавки-ускорителя твердения.
2. Определить оптимальную величину добавки по результатам реологических и прочностных свойств цемента.
 - а) водопотребность (%) – величина добавки CaCl_2 (%);
 - б) пластифицирующий эффект РК (см) - величина добавки CaCl_2 (%);
 - в) прочность – время, сут.;
 - г) прочность $R_{сж}$, МПа - % добавки CaCl_2 .

Контрольные вопросы

1. Характеристика ПЦ – клинкера.
2. Способы твердения ПЦ.
3. Твердение цемента.
4. Свойства и применение ПЦ.

Влияние добавки CaCl₂ на свойства цементного теста и камня

№ бри-гады	Количество CaCl ₂ %	НГ, %	РК, см (при ВЦ)	Предел прочности при сжатии, МПа, через											
				1 сутки			7 сутки			14 сутки			28 сутки		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3

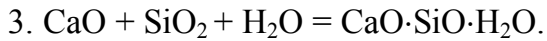
Экспресс – вопросы по дисциплине: «Вяжущие композиты»

1. Строительные вяжущие вещества делят на 2 основные группы:
 1. Неорганические и органические;
 2. Минеральные и неорганические;
 3. Минеральные и кремний органические.
2. В качестве сырья для производства гипсовых вяжущих применяют:
 1. Отход промышленности - фторогипс;
 2. $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$;
 3. Эстрих – гипс.
3. Г-5 А I - расшифровывается:
 1. Гипс прочностью 5 МПа, быстротвердеющий (А), тонкого помола (I) ;
 2. Гипс 5-го сорта, тонкого помола (А), нормально твердеющий (I) ;
 3. Гипс прочностью 5 МПа, нормально твердеющий (А), тонкого помола (I).
4. Ангидритовый цемент представляет собой:
 1. CaSO_4 (нерастворимый ангидрид) ;
 2. $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$;
 3. $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.
5. Строительная воздушная известь:
 1. CaCO_3 ;
 2. CaO ;
 3. $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$.
6. Воздушная известь твердеет:
 1. Только на воздухе;
 2. Только в воде;
 3. На воздухе и в воде.
7. Исходные материалы для производства воздушной извести:
 1. Арагонит;
 2. Ангидрит;
 3. Магнезит.
8. Обжиг известняка производят:
 1. В шахтных и вращающихся печах, в кипящем слое, во взвешенном состоянии;
 2. В варочных котлах и вращающихся печах;
 3. На установках совместного помола и обжига, в шахтных печах с выносными топками.
9. Замедляют скорость гашения извести:

1. CaCl_2 ;
 2. NaCl ;
 3. Мылонафт.
10. Снижение водопотребности у молотой негашеной извести способствует при твердении растворов и бетонов:
1. Повышению прочности;
 2. Уменьшению прочности;
 3. Влияния на прочность не оказывает.
11. Основная реакция карбонатного твердения извести:
1. $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$;
 2. $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 + n\text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + (n+1)\text{H}_2\text{O}$;
 3. $\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaO} \cdot \text{SiO} \cdot \text{H}_2\text{O}$.
12. Через 6-12 ч автоклавной обработки получают известково-песчаные изделия прочностью при сжатии:
1. 0,5 - 1 МПа;
 2. 5 - 10 МПа;
 3. 20 - 50 МПа,
13. Портландцемент получают тонким измельчением:
1. Гипса с химической добавкой
 2. Негашеной извести с песком
 3. Портландцементного клинкера с гипсом
14. Содержание Al_2O_3 в клинкере:
1. 60 – 67 %;
 2. 17 – 25 %;
 3. 3 – 8 %.
15. Трехкальцевый алюминат:
1. $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$;
 2. $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$;
 3. $\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$.
16. Для обычных ПЦ коэффициент насыщения (КН) равен:
1. 0,85 – 0,95;
 2. 1,7 – 3,5;
 3. 1 – 2,5.
17. C_3A обычных ПЦ колеблется в пределах:
1. 2 – 15%;
 2. 5 – 25%;
 3. 40 – 75%.
18. Обжиг при производстве ПЦ ведут:

1. Во взвешенном состоянии;
 2. Во вращающихся печах;
 3. В кипящем слое.
19. Обычные ПЦ измельчают до остатка на сите 008:
1. 1 – 2 %;
 2. 2 – 4 %;
 3. 5 – 8 %.
20. Положительно влияют на процесс измельчения клинкера:
1. CaCl_2 ;
 2. Na_2SO_4 ;
 3. Уголь.
21. Клинкерный минерал C_3A при взаимодействии с водой образует в основном соединения типа:
1. $\text{Al}(\text{OH})_3$;
 2. $\text{Ca}(\text{OH})_2$;
 3. $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$.
22. К капиллярным порам относят:
1. Пустоты, макропоры;
 2. Пустоты, макро-микропоры;
 3. Микропоры, переходные поры, макропоры.
23. Если у ПЦ тонкость помола стала выше, то В/Ц:
1. Уменьшается;
 2. Возрастает;
 3. Не изменяется.
24. Скорость твердения ПЦ резко возрастает при температурах $^{\circ}\text{C}$:
1. 5 – 8 $^{\circ}\text{C}$;
 2. 30 – 40 $^{\circ}\text{C}$;
 3. 70 – 95 $^{\circ}\text{C}$.
25. Начало схватывания БТЦ лежит в пределах:
1. 15 - 30 мин;
 2. 45 - 90 мин;
 3. 120 мин. и более.
26. К воздушным вяжущими веществам относят:
1. Магнезиальные вяжущие;
 2. Портландцемент;
 3. Шлакопортландцемент.
27. Строительным гипсом называют:
1. $\alpha\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$;

2. β -CaSO₄ · 0,5 H₂O;
 3. β -CaSO₄.
28. Марка гипса:
1. ПЦ - 300;
 2. Г-13;
 3. ГЦПВ -300.
29. Каустический магнезит:
1. MgCO₃;
 2. CaCO₃·MgCO₃;
 3. MgO.
30. Воздушная магнезиальная известь содержит MgO:
1. До 5 %;
 2. 5 – 20 %;
 3. 20 - 40 %.
31. Гидравлическая известь твердеет:
1. Только на воздухе;
 2. Только в воде;
 3. На воздухе и в воде.
32. Исходные материалы для производства магнезиальных вяжущих:
1. Кальцит;
 2. Доломит;
 3. Арагонит.
33. Получение извести пушонки из комовой извести производится через операцию:
1. Обжиг;
 2. Гашение;
 3. Помол.
34. Известь в порошок гасят в аппаратах:
1. Гидраторах;
 2. Глиноболушках;
 3. Дробилках.
35. Количество пережога в молотой негашеной извести допустимо:
1. Не более 3 % ;
 2. 3 – 5 % ;
 3. Более 5 %.
36. Основная реакция гидратного твердения извести:
1. $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$;
 2. $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 + n\text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + (n+1) \text{H}_2\text{O}$;



37. Прочность при сжатии растворов на молотой негашеной извести при твердении в течение месяца достигает:
1. 0,5-1,5 МПа;
 2. 1,5-2,0 МПа;
 3. 2 - 3 МПа.
38. ПЩ - клинкер получают обжигом:
1. До спекания сырьевой смеси;
 2. До удаления воды из сырьевой смеси;
 3. До разложения карбонатных соединений сырьевой смеси.
39. Содержание Fe_2O_3 в клинкере:
1. 0,2 – 6 %;
 2. 17 – 25 %;
 3. 60 – 67 %.
40. Если состав цемента выражает содержание клинкера, гипса, минеральных и органических добавок, то он называется:
1. Химическим;
 2. Вещественным;
 3. Фазовым.
41. Минерал C_4AF обычных ПЩ - клинкеров колеблется в пределах:
1. 40 – 75%;
 2. 10 – 25%;
 3. 2 – 15%.
42. Корректировка состава шлама происходит в:
1. Мельницах;
 2. Шламбассейнах;
 3. Печах.
43. Размалываемость материала определяют относительно размалываемости:
1. Известняка;
 2. Трасса;
 3. Кварца.
44. Минерал C_3S при взаимодействии с водой образует в основном:
1. Гидросиликаты кальция разного состояния;
 2. Гидроокись кальция;
 3. Гидроокись магния.
45. Целитная фаза клинкера при взаимодействии с водой образует в основном соединения типа:
1. C_3AH_6 , C_4FH_{13} ;

2. C – S – H;
 3. Al(OH)₃, Fe(OH)₃.
46. Сталь не подвергается коррозии при pH:
1. 5 – 7;
 2. 7 – 10;
 3. 12 – 14.
47. Если у ПЦ повышенное содержание C₃A, то В/Ц:
1. Уменьшается;
 2. Возрастает;
 3. Не изменяется.
48. С повышением В/Ц сроки схватывания:
1. Ускоряются;
 2. Замедляются;
 3. Не изменяются.
49. Замедляется твердение при введении в ПЦ:
1. NaCl;
 2. ПАВ;
 3. Na₃PO₄.
50. Цементы с водоотталкивающими добавками называют:
1. Сульфатостойкими;
 2. Гидрофобными;
 3. Гидрофильными.
51. Гидравлическое вяжущее:
1. Гипс;
 2. Эстрих - гипс;
 3. Белый цемент.
52. Грубый помол гипса, остаток на сите 02
1. Не более 23% ;
 2. Не более 14% ;
 3. Не более 2%.
53. Тонкий помол гипса:
1. Индекс I;
 2. Индекс II;
 3. Индекс III.
54. Каустический доломит:
1. MgCO₃ ;
 2. CaCO₃;
 3. MgO + CaCO₃.

55. Сорты гидратной извести содержат CaO + MgO:
1. 90, 80, 70 %;
 2. 50, 60, 70 %;
 3. 60, 67 %.
56. Содержание CaO + MgO в кальциевой негашеной извести 1 сорта:
1. Не менее 65 %;
 2. До 5 %;
 3. 25 - 55 %.
57. Стандартные растворы в соотношении вяжущее - песок:
1. 1:2;
 2. 1:3;
 3. 1:4.
58. Процесс гашения извести представляет собой:
1. $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{Ca(OH)}_2$;
 2. $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2$;
 3. $\text{Ca(OH)}_2 \Leftrightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$.
59. Известковое тесто отличается от известкового молока:
1. Цветом;
 2. Соотношением известь ; вода;
 3. Дисперсностью твердых частиц.
60. Основные операции получения молотой негашеной извести:
1. Дробление комовой негашеной извести, дозировка извести и добавки, тонкий помол, склад;
 2. Дробление комовой негашеной извести, обжиг, дозировка + добавка, помол, склад;
 3. Дробление комовой негашеной извести, гашение, сушка, дозировка с добавкой, помол, склад.
61. Основная реакция гидросиликатного твердения извести:
1. $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$;
 2. $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 + n \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + (n+1) \text{H}_2\text{O}$;
 3. $\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.
62. Наиболее долговечны известковые бетоны и растворы:
1. Карбонатного твердения;
 2. Гидратного твердения;
 3. Гидросиликатного твердения.
63. Сырьевая смесь для получения ПЩ клинкера может состоять из:
1. Известняка, глины, доменного шлака;
 2. Извести, доломита, С-3;

3. Гипса, Na_2SO_4 , CaCl_2 .
64. Основными минералами цементного клинкера являются:
1. C_3S , $\beta\text{-C}_2\text{S}$, C_3A , C_4AF ;
 2. C_3S , $\alpha\text{-C}_2\text{S}$, C_3A_3 , C_4AF ;
 3. C_3S , $\gamma\text{-C}_2\text{S}$, C_3A , C_6AF_2 .
65. Если состав ПЦ выражается через содержание окислов, то он называется:
1. Вещественным;
 2. Химическим;
 3. Фазовым.
66. Глиноземистый модуль(p) рассчитывают по формуле:
1. $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$;
 2. $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3$;
 3. $(\text{CaO} - 1,65\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,35\text{Fe}_2\text{O}_3) / 2,8\text{SiO}_2$.
67. Основные операции производства ПЦ:
1. Добыча сырьевых материалов и подготовка сырьевой смеси, обжиг, помол с гипсом;
 2. Добыча сырьевых материалов, гашение, сушка, обжиг, помол с гипсом;
 3. Добыча и подготовка сырьевых материалов, гашение, введение гипса.
68. Помол клинкера ведут:
1. Только по открытому циклу;
 2. Только по замкнутому циклу;
 3. Или по открытому, или по замкнутому.
69. Стекловидная фаза клинкера взаимодействует с водой при:
1. Нормальных условиях;
 2. Автоклавной обработке;
 3. В присутствии NaCl .
70. По мере высыхания твердеющего вяжущего большую роль в повышении прочности играют:
1. Гелевые фазы;
 2. Вандер-вальсовы силы;
 3. Соединения C_3AH_6 .
71. Уменьшают коррозию стали:
1. Стимуляторы;
 2. Ингибиторы;
 3. Катализаторы.
72. При введении ПАВ в цемент водопотребность:
1. Уменьшается;
 2. Возрастает;

3. Не изменяется.
73. Для обычных ПЩ тонкость помола характеризуется остатком на сите 008:
1. 15 – 25 %;
 2. Более 25 %;
 3. Не более 10 %.
74. Скорость твердения ПЩ в 2 раза уменьшается при температурах:
1. 0 °С;
 2. 5 – 8 °С;
 3. 30 – 40 °С.
75. Природные АМД:
1. Кислые;
 2. Основные;
 3. Нейтральные.
76. ПЩ может содержать АМД без изменения названия:
1. 15-25%;
 2. 10-20 %;
 3. 20-30 %.
77. α - гипс называют:
1. Строительным;
 2. Техническим высокопрочным;
 3. Эстрих-гипсом.
78. Г – 5 А III расшифровать:
1. Гипс прочностью 5 МПа, быстротвердеющий (А), тонкого помола (III) ;
 2. Гипс 5-го сорта, тонкого помола (А), нормально твердеющий (III) ;
 3. Гипс прочностью 5 МПа, медленнотвердеющий (А), грубого помола (III).
79. Магнезиальные вяжущие относятся к:
1. Гидравлическим;
 2. Воздушным;
 3. Кислотостойким.
80. Гидратная известь (пушонка) 1 сорта содержит $\text{CaO} + \text{MgO}$:
1. 90 %;
 2. 67 %;
 3. 60 %.
81. Быстрогасящаяся известь имеет скорость гашения:
1. Не более 8 мин.;
 2. Не более 20 мин.;
 3. Более 25 мин.

82. Реакция декарбонизации при обжиге известняка:
1. $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{Ca} + \text{CO}_2$;
 2. $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca} + \text{O}_2 + \text{CO}_2$;
 3. $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2$.
83. Гашение извести для получения известкового теста целесообразно проводить при температуре ($^{\circ}\text{C}$):
1. 60-80;
 2. 100-105;
 3. 300-350.
84. Производство комовой негашеной извести состоит из следующих основных операций:
1. Добыча, обжиг известняка, помол;
 2. Добыча и подготовка известняка, обжиг;
 3. Добыча, помол, обжиг, помол.
85. Хранение молотой негашеной извести на складах не превышает 5 – 10 суток во избежание:
1. Перегрузки складов;
 2. Гидратации и карбонизации CaO ;
 3. Повторного помола.
86. При гидросиликатном твердении извести основные процессы протекают в условиях:
1. Испарение воды из раствора - срастаются CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и песок;
 2. Сцепление образующихся $\text{Ca}(\text{OH})_2$, дальнейшее упрочнение за счет испарения воды;
 3. Образование гидросиликатов кальция кальция при ТВО в автоклавах.
87. Повышенной водопотребностью и водоудерживающей способностью обладает:
1. Молотая негашеная известь;
 2. Гашеная известь;
 3. Комовая негашеная известь.
88. Шлакопортландцемент:
1. ПЦ + 19% доменных шлаков;
 2. ПЦ + 77% доменных шлаков;
 3. ПЦ + 5% доменных шлаков.
89. Алит:
1. $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$;
 2. $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$;
 3. $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$.

90. Если состав цемента выражается через основные минералы ПЦ - клинкера, то он называется:
1. Фазовым;
 2. Вещественным;
 3. Гранулометрическим.
91. Коэффициент насыщения (КН) рассчитывают по формуле:
1. $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$;
 2. $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3$;
 3. $(\text{CaO} - 1,65\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,35\text{Fe}_2\text{O}_3) / 2,8\text{SiO}_2$.
92. Способы подготовки сырьевой смеси для производства ПЦ:
1. Только мокрый;
 2. Только сухой;
 3. Комбинированный;
 4. Все 3 способа.
93. Зона сушки печи при обжиге клинкера:
1. Температура дымовых газов $300 - 600^\circ\text{C}$, испарение воды, материал высыхает;
 2. Материала $T = 400 - 700^\circ\text{C}$, выгорают органические примеси;
 3. Материала $T = 750 - 1100^\circ\text{C}$, разложение карбонатов.
94. Помол клинкера осуществляют:
1. В одну или две стадии;
 2. В две, три стадии;
 3. В три, четыре стадии.
95. Очередность взаимодействия минералов клинкера с водой:
1. C_3A , C_2S , C_3S , C_4AF ;
 2. C_2S , C_3S , C_4AF , C_3A ;
 3. C_3A , C_4AF , C_3S , C_2S .
96. Цементное тесто затвердевает, при этом структурная вязкость:
1. Увеличивается;
 2. Уменьшается;
 3. Не изменяется.
97. Вода в цементном камне присутствует в виде:
1. Химически связанной, адсорбционной;
 2. Капиллярной, свободной;
 3. Все выше перечисленные виды.
98. При повышении C_3A в составе цемента сроки схватывания:
1. Ускоряются;

2. Замедляются;
 3. Не изменяются.
99. Ускоряется твердение при введении в ПЩ:
1. CaCl_2 ;
 2. С –3;
 3. Мылонафт.
100. Природные АМД:
1. Зола;
 2. Трепел;
 3. Шлак.
101. Добавка, регулирующая сроки схватывания:
1. Трепел;
 2. CaCl_2 ;
 3. Зола.
102. Схватывание и твердение α - и β - модификаций гипса обусловлено переходом в:
1. $\text{CaSO}_4 \cdot 1,5 \text{H}_2\text{O}$;
 2. CaSO_4 ;
 3. $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$.
103. Тонкий помол гипса, остаток на сите 02:
1. не менее 23 % ;
 2. не более 14 % ;
 3. до 2 %.
104. Затворители для каустических доломитов и магнезитов являются:
1. Вода;
 2. Растворы CaCl_2 , $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$;
 3. Растворы $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$.
105. К медленногасящимся относят извести со скоростью гашения
1. Не более 8 мин;
 2. 8 - 20 мин;
 3. Более 25 мин.
106. Известь доломитовая III сорта содержит $\text{CaO} + \text{MgO}$:
1. не менее 85 %;
 2. не менее 70 %;
 3. не менее 65 %.
107. Разложение CaCO_3 при обжиге начинается:
1. Во всей массе куска;

2. На поверхности куска;
 3. Из центра куска.
108. Гашение извести в порошок необходимо проводить при температуре:
1. Выше 100°C ;
 2. Ниже 100°C ;
 3. $300-500^{\circ}$.
109. Основные операции производства гидратной извести-пушонки:
1. Дробление комовой извести, гашение, сепарация, складирование;
 2. Дробление комовой извести, гашение до известкового молока, оттаивание до известкового теста, сушка до пушонки;
 3. Дробление комовой извести, обжиг, помол.
110. При карбонатном твердении извести основные процессы протекают в условиях:
1. Испарение воды из раствора - срастаются CaCO_3 и $\text{Ca}(\text{OH})_2$;
 2. Сцепление образующихся $\text{Ca}(\text{OH})_2$, дальнейшее упрочнение за счет испарения воды;
 3. При ТВО в автоклавах происходит образование гидросиликатов кальция.
111. Гидравлическую известь характеризуют:
1. Основным модулем (ОМ);
 2. Кремнеземистым модулем (П);
 3. Глиноземным модулем (Р).
112. Главные оксиды клинкера:
1. CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ;
 2. CaO , MgO , SO_2 , Fe_2O_3 ;
 3. CaO , MgO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 .
113. Белит:
1. $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$;
 2. $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$;
 3. $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$.
114. Если состав ПЦ показывает процентное содержание частиц разных фракций, то он называется:
1. Фазовым;
 2. Вещественным;
 3. Гранулометрическим.
115. C_3S в обычных ПЦ колеблется в пределах:
1. 2 – 15%;
 2. 5 – 25%;

3. 40 – 75%.
116. Только для мокрого помола используют мельницу:
1. Струйную;
 2. Шаробитную;
 3. Гидрофол.
117. В зоне подогрева печи при обжиге клинкера:
1. Температура дымовых газов 300 – 600 °С, испарение воды ;
 2. Материал с температурой 700 – 800 °С, дегидратация материала, выгорают органические примеси;
 3. Материал с температурой 750 – 1100 °С, разложение карбонатов.
118. Между удельной поверхностью клинкера и заполнения камер мелющими телами, а также их размерами пропорциональность:
1. Есть;
 2. Нет;
 3. Не имеет значения.
119. Белит при взаимодействии с водой образует в основном:
1. Соединения типа С – S – Н;
 2. Гидроокиси Са, Mg;
 3. Соли К, Na.
120. Наибольшее тепловыделение при взаимодействии цемента с водой наблюдается:
1. В первый час;
 2. Через 3 – 5 часов;
 3. Через 24 часа.
121. Истинная плотность выше у:
1. Обычного ПЦ;
 2. ШПЦ;
 3. Пуццоланового ПЦ.
122. При повышении C_2S в составе цемента сроки схватывания:
1. Ускоряются;
 2. Замедляются;
 3. Не изменяются.
123. С введением гипса в клинкер сроки схватывания:
1. Ускоряются;
 2. Замедляются;
 3. Не изменяются.
124. Цветной цемент готовят измельчением белого клинкера, гипса и:

1. CaCl_2 ;
2. С – 3;
3. Пигмент.

125. Полуводный гипс получают тепловой обработкой при ($^{\circ}\text{C}$):

1. 70-105;
2. 105-200;
3. 600-950.

126. Быстротвердеющий гипс имеет индекс:

1. А;
2. Б;
3. В.

127. Грубый помол гипса:

1. Индекс I;
2. Индекс II;
3. Индекс III.

128. К магнезиальным вяжущим веществам относятся:

1. $\text{MgCO}_3 + \text{CaCO}_3$;
2. MgO ;
3. $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$.

129. Применяют каустические доломиты и магнезиты:

1. Как добавку;
2. Как отделочные материалы;
3. Для изготовления ксилолита, фибролита, теплоизоляционных материалов и устройства бесшовных полов.

130. Воздушная известь содержит примеси глины:

1. Не более 6 - 8%;
2. Не менее 25%;
3. 6 - 25%.

131. Влажность гидратной извести должна быть:

1. Не менее 5 %;
2. Не более 5 %;
3. 5 - 10 %.

132. Наиболее энергичным взаимодействием характеризуется известь, полученная обжигом известняка при температурах:

1. 140°C ;
2. $800-850^{\circ}\text{C}$;
3. $900-1000^{\circ}\text{C}$.

133. Периклаз - это:
1. Пережженная MgO;
 2. Пережженный CaO;
 3. Пережженный Al_2O_3 , SiO_2 и Fe_2O_3 .
134. Молотая негашеная известь по сравнению с гашеной известью характеризуется:
1. Большой водопотребностью;
 2. Меньшей водопотребностью;
 3. Ровной водопотребностью.
135. При гидратном твердении извести основные процессы протекают в условиях:
1. Испарение воды из раствора - срастаются $CaCO_3$, $Ca(OH)_2$ и песок;
 2. Сцепление образующихся $Ca(OH)_2$, дальнейшее упрочнение за счет испарения воды;
 3. ТВО в автоклавах с образование гидросиликатов кальция.
136. Для гидравлической извести ОМ:
1. Меньше 1,7;
 2. 1,7-9;
 3. Больше 9.
137. Содержание CaO в клинкере:
1. 60 - 67 %;
 2. 21 - 24 %;
 3. 4 - 8 %.
138. Целит:
1. $3CaO \cdot SiO_2$;
 2. $2CaO \cdot Al_2O_3$;
 3. $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$.
139. Для обычных ПЦ силикатный или кремнеземистый модуль (п) равен:
1. 1,7 – 3,5;
 2. 1 – 2,5;
 3. 0,85 – 0,95.
140. β - C_2S в обычных ПЦ колеблется в пределах:
1. 2 – 15 %;
 2. 5 – 30 %;
 3. 40 – 75 %.
141. Только для сухого помола используют мельницу:
1. Гидрофол;
 2. Аэрофол;

3. Стержневую.
142. Ангидритовое вяжущее получают обжигом $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ при температуре:
1. 600-950 °С
 2. 950-1200 °С
 3. 200-600 °С
143. Нормально твердеющий гипс имеет индекс:
1. А;
 2. Б;
 3. В.
144. Строительным гипсом называют:
1. $\text{CaSO}_4 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$;
 2. $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$;
 3. CaSO_4 .
145. Воздушная магнезиальная известь содержит MgO:
1. до 5 % ;
 2. 2. 5 – 10 %;
 3. 20 – 40 %.
146. Минеральные вяжущие вещества гидратного твердения:
1. известь, гипс, магнезиальный цемент, жидкое стекло;
 2. портландцемент, пуццолановый цемент, романцемент;
 3. все перечисленные вяжущие.
147. Слабогидравлическая известь содержит CaO + MgO:
1. 15 – 60 %;
 2. 1 – 15 %;
 3. до 1%.
148. Известь доломитовая III сорта содержит CaO + MgO:
1. не менее 85 %;
 2. не менее 75 %;
 3. не менее 65 %.
149. Обжиг известняка с примесями MgCO_3 ведется при температуре:
1. 600-650 °С;
 2. 850-950 °С;
 3. 1200-1300 °С.
150. Снижение водопотребности у молотой негашеной извести по сравнению с гидратной известью объясняется:
1. Меньшей удельной поверхностью молотой негашеной извести;
 2. Большой влажностью материала;
 3. Повышенной плотностью растворов.

151. Гидросиликатное твердение извести:
1. Кристаллизация $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и образование CaCO_3 ;
 2. Образование $\text{Ca}(\text{OH})_2$;
 3. Образование гидросиликата кальция.
152. Основные операции производства гидравлической извести:
1. Добыча и подготовка мергелистого известняка, обжиг, помол;
 2. Добыча мергелистого известняка, помол, гашение, сепарация;
 3. Дробление комовой извести, обжиг, помол.
153. Содержание SiO_2 в клинкере:
1. 60 – 67 %;
 2. 17 – 25 %;
 3. 0,2 – 8 %.
154. Для обычных ПЦ глиноземистый или алюминатный модуль (ρ) равен:
1. 1,7 – 3,5;
 2. 1,0 – 2,5;
 3. 0,85 – 0,95.
155. Силикатный модуль (π) рассчитывают по формуле:
1. $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$;
 2. $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$;
 3. $(\text{CaO}-1.65\text{Al}_2\text{O}_3-0.35\text{Fe}_2\text{O}_3)/2.8\text{SiO}_2$;
156. Зона кальцинирования при обжиге клинкера в печи:
1. Дымовых газов 300 – 600 °С, испарение воды, материал высыхает;
 2. Температура материала 600 – 800 °С, выгорают органические примеси;
 3. Температура материала 900 – 1100 °С, разложение карбонатов кальция.
157. При помоле клинкера:
1. Применяют вентиляцию мельницы;
 2. Вдувают горячий воздух;
 3. Вводят воду до 40 % от массы клинкера.
158. Контроль производства цемента производят:
1. В сырьевом отделении;
 2. В готовом цементе;
 3. На всех стадиях производства.
159. Наибольшее тепловыделение при действии с водой наблюдается у:
1. C_2S ;
 2. C_3S ;
 3. CaO .

160. С повышением тонкости помола сроки схватывания:
1. Ускоряются;
 2. Замедляются;
 3. Не изменяются.
161. Для производства глиноземистого цемента используют:
1. Известняк и глину;
 2. Известняк и бокситы;
 3. Известняк и песок.
162. Цементный камень представляет собой систему:
1. Однофазную - твердую
 2. Двухфазную - твердую, воздушную
 3. Трехфазную - твердую, жидкую, воздушную
163. Прочность и активность портландцемента зависит:
1. Минералогического состава, дисперсности, длительности твердения;
 2. В/Ц, условий твердения;
 3. Всех вышеперечисленных факторов.
164. К химической коррозии цементного камня относят:
1. Обменные реакции, которые дают продукты в порах и капиллярах, разрушая его;
 2. Отложение солей в порах за счет увлажнения и высыхания;
 3. Попеременное замораживание и оттаивание в водонасыщенном состоянии.
165. Искусственная АМД:
1. Трепел;
 2. Пемза;
 3. Зола.
166. β - C_2S в обычных ПЦ колеблется в пределах:
1. 2 – 15 %;
 2. 5 – 30 %;
 3. 40 – 75 %.
167. В экзотермической зоне печи при обжиге клинкера происходит при:
1. $T = 750 - 1100$ °C, разложение карбонатов;
 2. $T = 1100 - 1300$ °C, образование силикатов, алюминатов, ферритов кальция;
 3. $T = 1300 - 1450$ °C, переход материала в расплав.
168. Помол клинкера следует проводить:
1. Горячим;

2. Холодным;
3. В водной среде.

169. Реакция гидратации цементов является:

1. Экзотермической;
2. Эндотермической;
3. Без изменения.

170. Если в цемент ввести АМД, то В/Ц:

1. Повышается;
2. Понижается;
3. Не изменяется.

171. С повышением температуры составляющих материала сроки схватывания:

1. Ускоряются;
2. Замедляются;
3. Не изменяются.

172. Взаимодействие цемента с водой идет через:

1. Прямое присоединение;
2. Растворение;
3. Прямое присоединение и водную фазу.

173. Цементы с гидрофильными добавками называют:

1. Пластифицированными;
2. Быстротвердеющими;
3. Гидрофобными.

174. АМД бывают:

1. Только природные;
2. Только искусственные;
3. Природные и искусственные.

ПЕРЕЧЕНЬ

действующих ГОСТов по получению,
исследованию и применению вяжущих материалов

Номер действующего ГОСТа	Наименование ГОСТа	ГОСТ введен взамен
310.1-76	Цементы . Методы испытаний. Общие положения	310-60
6139-2003	Песок для испытаний цемента. Технические условия	6139-91
5382-91	Цементы. Методы химического анализа. Портландцемент и шлакопортландцемент	5382-73
6269-63	Активные минеральные добавки к вяжущим веществам.	6269-63
25094-94	Добавки активные минеральные для цементов. Методы испытаний	25094-82
3476-74	Шлаки доменные электротермофосфорные, гранулированные для производства цементов	3476-60
2544-44	Вяжущие вещества: известково-шлаковое, известково-пуццолановое, известково-глинистое, известково-зольное	2544-44
965-89	Портландцементы белые. Технические условия	965-78
15825-80	Портландцемент цветной. Технические условия	15825-70
1581-96	Портландцементы тампонажные. Технические условия	1581-91
969-91	Цемент глиноземистый и высокоглиноземистый. Технические условия	969-71
9552-67	Цементы глиноземистый и гипсоглиноземистый. Методы химического анализа	9552-67
11052 -74	Цемент глиноземистый расширяющийся	11052-64
505-69	Цемент кислотоупорный кварцевый кремнефтористый	5050-69
4013-82	Камень гипсовый и гипсоангидритовый для производства вяжущих материалов. Технические условия	4013-74
125-79	Вяжущие гипсовые. Технические условия	125-70
4746-49	Гипс медицинский	4746-49
5331-63	Породы карбонатные для производства строительной извести	5331-63
22688-77	Известь строительная Методы испытаний	9179-70 в части методов испытаний
5.937-71	Портландцемент высокопрочный. Требования	

	к качеству аттестованной продукции	
6.1639-72	Портландцемент быстротвердеющий. Требования к качеству аттестованной продукции	5.1639-72
5.2138-73	Портландцемент сульфатостойкий. Требования к качеству аттестованной продукции	5.2138-73
5.1914-73	Портландцемент тампонажный для горячих скважин. Требования к качеству аттестованной продукции	5.1914-73
5.1845-73	Гипс строительный. Требования к качеству аттестованной продукции	5.1845-73
22266-94	Цементы сульфатостойкие. Технические условия	
28013-98	Растворы строительные. Общие технические условия (с изменениям № 1)	
30459-2008	Добавки для бетонов и строительных растворов. Определение и оценка эффективности	
51795-2001	Цементы. Методы определения содержания минеральных добавок	
10178-85 (ст СЭВ 5683-86)	Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия (с изменениями № 1, № 2)	
31108-2003	Цементы общестроительные. Технические условия	
30515-97	Цементы. Общие технические условия	
5382-91	Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа	
31386-2008	Смеси сухие строительные клеевые на гипсовом вяжущем. Технические условия	
23789-79	(СТ СЭВ 826-77 в части методов испытаний). Вяжущие гипсовые. Методы испытаний	
31387-2008	Смеси сухие шпатлевые на гипсовом вяжущем. Технические условия	
4.209-79	СПКП. Строительство. Материалы вяжущие: известь, гипс и вещества вяжущие на их основе. Номенклатура показателей	
31377-2008	Смеси строительные штукатурные на гипсовом вяжущем. Технические условия	
6428-93	Плиты гипсовые для перегородок. Технические условия	
31376-2008	Смеси сухие строительные на гипсовом вяжущем. Методы испытаний	
25328-82	Цемент для строительных растворов. Технические условия	
6266-97	Листы гипсокартонные. Технические условия	
31357-2007	Смеси сухие строительные на цементном вя-	

	жущем. Общие технические условия	
31356-2007	Смеси сухие строительные на цементном вя- жущем. Методы испытаний	
31189-2003	Смеси сухие строительные. Классификация	

Библиографический список

1. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 1973. – 504 с.
2. Бутт Ю.М. Технология цементов и других вяжущих материалов. – М.: Стройиздат, 1976.-407 с.
3. Бутт Ю.М, Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов: учебник для вузов/под ред.В.В. Тимашева. –М.: Высшая школа,1980.- 472 с.
4. Буров Ю.С., Колокольников В.С. Лабораторный практикум по курсу «Минеральные вяжущие вещества». – М.:Стройиздат,1986. – 464 с.
5. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества :учебник для вузов.-4-е изд., перераб. и доп. – М.:Стройиздат,1986.-464с.
6. Воробьев Х.С. Гипсовые вяжущие изделия. – М.: Стройиздат, 1983. –199 с.
7. Воробьев Х.С. Гипсовые вяжущие и изделия (зарубежный опыт). – М.:Стройиздат,1983. – 201 с.
8. Рихтер Я.И. Производство гипсовых вяжущих веществ.-М.: Высшая школа,1970.-280 с.
9. Вяжущие материалы / А.А Пащенко, В.П.Сербин, Е.А.Старчевская. – Киев: Высшая школа.1975.- 444 с.
10. Гипс: Изготовление и применение гипсовых материалов / под ред. В.Б.Ратинова.- М.: Стройиздат, 1981.- 223 с.
11. Гордашевский П.Ф., Долгарев А.В. Производство гипсовых вяжущих материалов из гипсосодержащих отходов.- М.:Стройиздат,1987.- 103 с.
12. Дуда В. Цемент.-М.: Стройиздат, 1981.- 320 с.
13. Ершов Л.Д. Высокопрочные и быстротвердеющие цементы. – Киев:Будивельник, 1975.- 161 с.
14. Комар А.Г., Баженов Ю.М., Сулименко Л.М. Технология производства строительных материалов.- М.: Высшая школа,1984.- 408 с.
15. Кравченко Ю.В.. Власова М.Т., Ютович Б.Э. Высокопрочные и особобыстротвердеющие портландцементы.-М.:Стройиздат,1971. - 231 с.
16. И.В. Кравченко., М.Т.Власова., Б.Э.Юдович / Химия и технология специальных цементов/.-М.:Стройиздат,1971.-231 с.
17. Колокольников В.С., Осокина Т.А. Производство цемента.- М.:Высшая школа,1974. - 245 с.

18. Монастырев А.В. Производство извести. - М.: Высшая школа, 1986.-191 с.
19. Парашенко О.Д., Шульга А.С., Валешко К.А. Контроль качества строительных материалов.- Киев: Будевельник, 1985.-79 с.
20. Ратинов В. Б., Иванов Ф.М. Химия в строительстве .- М.: Стройиздат, 1977.-218 с.
21. Рояк С.М. Специальные цементы.-М.:Стройиздат,1983.-279 с.
22. Сатарин В.И., Сыркин Я.М., Френкель М.Б. Быстротвердеющий шлакопортландцемент.-М.: Стройиздат,1970.-152 с.
23. Справочник по химии цемента / Под ред. Ю.М.Бутта.-М.: Стройиздат,1980.-224 с.
24. Сыркин Я.М., Френкель М.Б.Химия и технология шлакопортландцемента.-М.:Стройиздат, 1972.-239 с.
25. Табунщиков Н.П. Производство извести.-М.:Химия,1974.-240 с.
26. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ : Учебное пособие /В.С.Горшков, В.В.Тимашев, В.Г.Савельев. - М.: Высшая школа,1981.-335 с.
27. Методы исследования цементного камня и бетона / Под ред. З.М.Ларионовой.-М.:Стройиздат,1970.-160 с.
28. Методы исследования строительных материалов: методические указания к лабораторным работам/ Под ред.Л.Я.Крамар.- Челябинск: ЧГТУ,1992.-24 с.

Содержание

Введение	3
Гипсовые вяжущие.....	4
Лабораторная работа № 1. Свойства гипсовых вяжущих веществ и их регулирование.....	12
Лабораторная работа № 2. Свойства гипсовых вяжущих веществ и их регулирование.....	16
Воздушная известь.....	18
Лабораторная работа № 3. Исследование свойств строительных растворов на молотой негашеной и гидратной извести.....	25
Портландцемент.....	28
Лабораторная работа № 4. Исследование влияние добавок - ускорителей твердения на свойства портландцемента.....	31
Экспресс – вопросы по дисциплине «Вяжущие композиты».....	34
Перечень действующих ГОСТов по получению, исследованию и применению вяжущих материалов.....	54
Библиографический список.....	57

Учебное издание

Методическое пособие к лабораторным работам
«Вяжущие композиты»

Составители: Ирина Львовна Чулкова,
Татьяна Федоровна Пиндюк,
Иван Владимирович Пастушенко

Редактор Т.И. Калинина

Подписано к печати
Формат 60 x 90 1/16. Бумага писчая
Оперативный способ печати
Гарнитура Таймс
Усл. п. л. , уч.-изд. л.
Тираж 100 экз. Заказ
Цена договорная

Издательство СибАДИ
644099, Омск, ул. П. Некрасова, 10

Отпечатано в подразделении ОП
издательства СибАДИ