

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**Кафедра: «Технология строительных материалов, изделий и  
конструкций»**

**По предмету: «Технология заполнителей бетона»**

**Р Е Ф Е Р А Т**

**Выполнил:** группы 44а-12 КМБ

**Нурматов Ш.**

**Принял:** ст.преп.Рахимов Ш.Т.

**Ташкент - 2014**

## **Оглавление**

- 1. Введение**
- 2. Природные минеральные добавки**
- 3. Внешний вид и свойства**
- 4. Дозировка и хранение**
- 5. Выводы**
- 6. Литература**
- 7. Интернет сведения**

## ВВЕДЕНИЕ

Для современного строительства, где основным материалом являются бетон и железобетон, характерно сочетание высоких эксплуатационных свойств (прочность, деформативность, долговечность и др.) с высокой технологичностью, то есть повышенной подвижностью, обеспечивающей текучесть и удобоукладываемость бетонных смесей. Эта задача может быть решена только с применением современных эффективных добавок – суперпластификаторов.

Первые сведения о суперпластификаторах как высокоэффективных разжижителях бетонных и растворных смесей появились в начале тридцатых годов XX века, когда в 1935 году был получен первый патент. Вторая мировая война (1941-1945 годы) отодвинула широкое применение данного вида модифицирующих добавок на конец пятидесятих годов. Причем странами, в которых был впервые начат выпуск в промышленном масштабе суперпластификаторов как товарного продукта, являлись Германия и Япония. В странах СНГ широкое применение суперпластификаторов в технологии строительных растворов и бетонов было начато в семидесятых восьмидесятых годов XX века.

Большой вклад в решении проблем создания и применения различных видов добавок в бетонные и растворные и растворные смеси на территории СНГ внесли коллективы институтов, особенно НИИЖБ, ВНИИ железобетона, НИИ цемента и многих других под руководством и при непосредственном участии Л.А.Алимова, Н.В.Ахвердова, Ю.М.Баженова, В.А.Волженского, Г.И.Горчакова, Б.В.Гусева., Ф.М.Иванова., Л.А.Малининой., О.П.Мчедлова – Петросяна., В.Б.Ратинова., П.А.Ребиндера., Т.И.Розенберг., А.В.Саталкина., В.И.Саломатова., Б.Г.Скрамтаева., М.И.Хигеровича., С.В.Шестоперова и др. Значительные исследования проведены за рубежом (В.А.Адам., И.Боузель., С.Брунауэр.,

М.Венуа., Д.Конард., Г.Кюль, Ф.М.Ли, Т.Пауэрс., Б.Райхель.,  
В.Рамачандрант и др).

Проблеме разработки и внедрения различных, особенно химических, добавок в бетоны и растворы в мировой практике строительства, стало уделяться все большее внимание в связи с необходимостью улучшения их технологических и эксплуатационных свойств и для обеспечения реализации одного из самых универсальных, доступных и гибких способов управления технологическими параметрами и регулированием реологических и эксплуатационных свойств свежеприготовленных растворных и бетонных смесей. В связи с этим можно утверждать, что добавки в настоящее время должны стать неотъемленной частью растворов и бетонов, так как сегодня в мире примерно 85-90% этих материалов применяется с использованием различных химических и минеральных добавок.

## Природные минеральные добавки

Добавки для раствора бетонов – это органические и неорганические вещества или их смеси (комплексы), за счет введения которых в состав растворных и бетонных смесей их свойства регулируются направленно и контролируемо. Применение добавок снижает затраты на строительство (в том числе экономия цемента), модифицирует качественные и функциональные характеристики бетонов, сохраняет его свойства при подготовке бетонной смеси: ее укладке, вибрировании и твердении.

Добавки (модификаторы химические, минеральные, искусственные и натуральные) вводят в исходный шлам при обжиге клинкера, добавляются при помоле обожженного клинкера, по назначению и величинам технологических эффектов. Снижение расхода цемента за счет применения добавок обуславливает снижение стоимости строительства. Повышение подвижности бетонных смесей, при сохранении водопотребности в производстве густоармированных конструкций и тонкостенных изделий, ведет к снижению трудоемкости формирования, к уменьшению продолжительности вибрационного уплотнения бетонной смеси и экономии электроэнергии. Снижение водопотребности высокоподвижных бетонных смесей при формировании объемных элементов экономит цемент на 8-12%, сокращает продолжительность тепловлажностной обработки и увеличивает пропускную способность формовочных установок. Понимание механизма действия добавок на бетонные, растворные смеси и свойства конечного продукта позволяет избежать ошибок и получения нежелательных эффектов.

Все добавки (природные или искусственные химические продукты) классифицируются по механизму их действия и разделяются на четыре класса: 1 -й - добавки, изменяющие растворимость минеральных вяжущих материалов и не вступающие с ними в химические реакции;

2-й - добавки, реагирующие с вяжущими с образованием труднорастворимых или малодиссоциированных комплексных соединений;

3-й - добавки — готовые центры кристаллизации («затравки»);

4-й - органические поверхностно-активные вещества (ПАВ), способные к адсорбции на поверхности твердой фазы.

В зависимости от назначения (основного эффекта действия) химические добавки для бетонов по ГОСТ 24211 подразделяются на следующие виды: 1. Регулирующие свойства бетонных смесей:

а) пластифицирующие:

I группы (суперпластификаторы);

II группы (сильнопластифицирующие);

III группы (среднепластифицирующие);

IV группы а) слабопластифицирующие;

б) стабилизирующие;

в) водоудерживающие;

г) улучшающие перекачиваемость;

д) регулирующие сохраняемость бетонных смесей: замедляющие схватывание, ускоряющие схватывание;

е) поризующие (для легких бетонов): воздухововлекающие, газообразующие.

2. Регулирующие твердение бетона:

а) замедляющие твердение;

б) ускоряющие твердение.

3. Повышающие прочность и (или) коррозионную стойкость, морозостойкость бетона и железобетона, снижающие проницаемость бетона:

а) водоредуцирующие I, II, III и IV групп;

б) кольматирующие;

в) воздухововлекающие;

г) газообразующие;

д) повышающие защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре (ингибиторы коррозии стали).

4. Придающие бетону специальные свойства:

а) гидрофобизирующие I, II и III групп;

б) противоморозные (обеспечивающие твердение при отрицательных температурах);

в) биоцидные;

г) полимерные.

5. Тонкодисперсные минеральные добавки:

а) неактивные;

б) активные;

в) минеральные пластифицирующие.

6. Комплексные добавки:

а) комплексные химические добавки;

б) органоминеральные добавки.

**Минеральные добавки** – это тонкоизмельченные материалы, которые вводятся в бетон или цемент количестве от 10 до 20% и более от массы вяжущего.

Источником минеральных добавок в настоящее время являются отходы промышленного производства, объем которых достигает миллионов тонн в год. К таким производствам относятся тепловые электростанции, металлургические печи, выпускающие чугун, сталь, медь, свинец, ферросплавы, химическая, пищевая отрасль.

Как показывают многочисленные исследования, введение тонкомолотых малоактивных и даже инертных наполнителей до 10-25%, а иногда и больше, позволяет полнее использовать клинкерную часть цементов, увеличить плотность бетона, уменьшить его деформацию, усадку, набухаемость, увеличить стойкость против действия агрессивных вод, снизить их стоимость.

Даже при длительном твердении бетонов клинкерные частички цемента размером более 40-60 мкм обычно полностью не гидратируются и выполняют в цементном камне роль микронаполнителя. В связи с этим клинкерные частички такого размера без снижения прочностных характеристик могут быть замещены другими, в том числе инертными минеральными добавками.

Разбавление вяжущего добавками-наполнителями позволяет без перерасхода цемента получить бетоны различных марок низких марок, повысить их плотность. Все минеральные добавки делятся на природные и искусственные.

Природными считаются добавки, получаемые из пород осадочного и вулканического происхождения, относятся к кислым добавкам. Некоторые кислые кремнеземисто-глиноземистые активные добавки вулканического происхождения называли пуццоланами. В связи с тем, что пуццоланы и промышленные отходы повсеместно доступны и недорогостоящие, чем портландцемент, использование пуццолановых добавок или совместно с другими гидравлическими добавками может привести к получению значительного экономического эффекта.

## Внешний вид и свойства

К природным минеральным добавкам относятся добавки осадочного происхождения – диатомиты, опоки, трепелы, глиежи.

Диатомиты и трепелы по внешнему виду мало различаются и представляют собой легкие пористые малопрочные породы светло или желтовато-серого цвета, а опоки более тяжелые и плотные породы. Все они близки по химическому составу и обычно содержат (%) –  $\text{SiO}_2$  – 70-90;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 3-10;  $\text{CaO}$  – 1-3 щелочей 1-3.

Глиежи представляют собой «горелые породы», образовавшиеся в результате обжига межугольных глин при самовозгорании угля под землей.

К природным минеральным добавкам вулканического происхождения относятся вулканические пеплы, туфы, пемзы, трасы. По химическому составу они состоят в основном из  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (70-90%),  $\text{CaO}+\text{MgO}$  (2-4%), щелочей – 3,8%.

К основным добавкам из промышленных отходов относятся: белая сажа, получаемая в результате ряда металлургических процессов, зола-унос, зола из рисовой шелухи, гранулированные шлаки с высокой активностью, летучая смола. Химический состав этих отходов по содержанию основных оксидов колеблется в широких пределах. Например, зола от сжигания рисовой шелухи содержит  $\text{SiO}_2$  – 48%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 28%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 9%;  $\text{CaO}$  – 4%;  $\text{MgO}$  – 2%.

Основным кристаллическим минералом в высококальциевой золе-унос является обычно  $\text{C}_3\text{A}$ , в шлаке мелит и окерманит  $\text{C}_2\text{MS}_2$ , гемнит  $\text{C}_3\text{AS}$  - они неактивны в кристаллической форме, стекловидная фаза шлака является наиболее важным параметром при использовании его в цементе. Белая сажа и зола рисовой шелухи состоят в основном из минералов некристаллической формы. Они относятся к высшему классу пуццоланов, так как на них не влияют отклонения состава и разнородность минералогических характеристик.

Введение минеральных добавок оказывает благоприятное влияние на состав бетонной смеси, реологические свойства, степень гидратации портландцемента, прочность, проницаемость затвердевшего бетона, уменьшение воздействий агрессивных сред. Известно, что введение до 30% золы-уноса в цемент снижает водопотребность примерно до 7% при постоянной осадке конуса. Однако не все минеральные добавки снижают водопотребность и это происходит в том случае, когда в золе-уносе присутствует большое количество частиц размером 100 мкм, и тогда количество воды, требуемой для нормальной консистенции, увеличивается прямо пропорционально содержанию в массе цемента.

На прочность и плотность бетона отрицательное влияние оказывает наличие больших пор в гидротированном цементе и микротрещины в зоне контакта цементного теста и заполнителя. Вероятно, что минеральные добавки превращают большие поры в мелкие и уменьшают в зоне контакта микротрещины. Однако, точный механизм этого явления полностью не раскрыт, но известно, что минеральные добавки способны изменять водопотребность, консистенцию, водоотделение, сроки схватывания, оказывать положительное влияние на структуру и механическую прочность контактной зоны, обладают способностью уменьшать размеры пор в гидротированном портландцементном тесте. Следовательно, бетоны содержащие минеральные добавки более прочные и долговечные, чем бетоны без добавок.

Минеральные добавки влияют на прочность бетона в зависимости от их минералогического состава, характеристик частиц, температуры и влажности выдерживания и состава бетонной смеси.

В качестве добавок-модификаторов широкое применение на местах находят различные отходы промышленности и ее побочные продукты.

Целлюлозно-бумажная промышленность: отходом этой промышленности является сульфидно-дрожжевая бражка (СДБ), которая широко применяется в качестве пластификатора в натуральном виде и после

модифицирования. Таловое масло, таловый пек – омыленный таловый пек (ОТП) применяют в качестве воздухововлекающей добавки.

Нефтехимическая промышленность. Отходы пиролиза нефти (атактический полипропилен, низкотемпературный полипропилен, окисленный парафиновый дистиллят, тяжелое жидкое топливо) применяются как слабые пластификаторы, оказывающие на бетон воздухововлекающие и уплотняющие действия.

Нейтрализованный черный контакт (НЧК) – пластификатор и воздухововлекающая добавка – применяется для повышения морозостойкости.

Скрубберная паста применяется как воздухововлекающая добавка и слабый пластификатор.

Отходы пищевой (в т.ч. спиртовая и сахарная) промышленности: Гидролизная кровь (ГК), молочная сыворотка, упаренная последрожжевая барда (УПБ) – пластификаторы. Сахарная патока (меласса) – замедлитель схватывания – применяется в жарком климате и при транспортировке бетонных смесей на большие расстояния.

Микробиологическая промышленность: Бросовые воды тетрациклина (БВТ), мицелярная белковая масса (МБС), отработанный раствор олеандомицина (ОНТО), последрожжевые остатки (ПДО) – применяют как пластификаторы различной степени эффективности, в основном для экономии цемента.

Химическая промышленность. Кубовые остатки разных производств – применяются в качестве пластификаторов и гидрофобизаторов самостоятельно (ПАЩ-1) или в качестве комплексных добавок Э (КОД). Нейтрализованные акрилатные отходы (20-03) применяются в качестве пластификатора. Отходы хлорвинилового производства, солевые отходы производства дифениламина, сульфатные стоки различных производств, фтористый ангидрид (отход производства плавиковой кислоты) применяются

в местных условиях в качестве пластификаторов или ускорителей твердения невысокой эффективности.

Легкая промышленность. Гидролизат кожевенного производства – применяется в качестве пластификатора. Отходы мыловаренного производства – гидрофобизатор и пластификатор – применяются вместе с СДБ в добавках КОД.

Эффективность подобных веществ ниже, чем специальных добавок, что компенсируется их увеличенными дозировками. Увеличение дозировки в первую очередь повышает вероятность всевозможных отрицательных проявлений, начиная от «сопутствующих эффектов» и заканчивая «отравлением» вяжущего или увеличением содержания в бетоне органической фазы, то есть возрастания склонности к биологической коррозии.

Для предотвращения появления и развития бактерий, различных форм грибов и микроорганизмов в зданиях медицинских учреждений и пищевых комбинатов, животноводческих комплексов бетонные и железобетонные конструкции должны обладать биоцидными свойствами.

Микроорганизмы в процессе своей жизнедеятельности выделяют органические кислоты, которые образуют с компонентами силикатов и алюмосиликатов комплексные соединения и легкорастворимые кальциевые соли. Плесневые грибы, накапливаясь на загрязненных поверхностях строительных конструкций, также выделяют органические кислоты (лимонную, щавелевую), которые являются сильными катион комплексирующими агентами и могут образовывать с минералами легкорастворимые комплексные соединения. В строительных конструкциях повышенной пористости и гидрофильности поселяются бактерии, способствующие выщелачиванию из цементного камня ионов кальция. При этом снижается величина рН, что приводит к повышению степени карбонизации бетона и его разрушению. Бактерии могут активно разрушать не только бетон, но и стальную арматуру, либо непосредственно влияя на

сталь, либо образуя в аэробных условиях сначала азотистую, а затем — азотную кислоту.

Биоциды – это модификаторы, применяемые для защиты бетона и других строительных материалов от биологической агрессии. Они должны обладать соответствующей высокой активностью, должны быть безопасными при обращении с ними, не оказывать отрицательного воздействия на окружающую среду, не ухудшать эксплуатационных свойств материалов и сохранять биоцидные свойства в течение длительного времени. Положительные результаты получены при применении в штукатурных составах пентахлорофенолята натрия, центазола, трилана. Для защиты цементных полов используется медный порошок и оксихлорид магния.

Для повышения стойкости против биохимической коррозии в состав бетона или раствора на стадии их приготовления вводят специальные добавки: бактерицидные – от бактерий, фунгицидные - от грибов, альгицидные - от водорослей.

В качестве химических средств защиты бетона могут применяться: неорганические соединения — окислы и соли бора, меди, хрома, цинка, мышьяка и другие;

- органические соединения — фенолы и хлорфенолы, производные карбоновых, оксикарбоновых, карбаминовых и тиокарбаминовых кислот и другие;

- элементоорганические и комплексные соединения олова, меди, свинца, мышьяка, кремния, ртути и другие.

По агрегатному состоянию биоциды бывают твердыми (порошки), жидкими и газообразными (фумиганты, летучие фунгициды и другие); по признакам растворимости - водорастворимыми, малорастворимыми и растворимыми в органических растворителях.

Ниже перечислены наиболее распространенные биоцидные добавки.

Катапин-бактерицид. Продукт конденсации хлорметильных производных ароматических углеродов с пиридином. Дозировка в

зависимости от санитарно-гигиенических требований и условий эксплуатации бетона составляет 0,5...2 % массы цемента.

Оловоорганический биоцид — ластонокс. Рекомендуемая дозировка 0,1...0,3 % массы цемента.

Латексный биоцид АБП-40. Продукт эмульсионной сополимеризации трибутиловометакрилата с бутилакрилатом, метилметакрилатом и акриловой кислотой. Добавка обладает широким биоцидным спектром действия.

Биоцидные добавки выбираются в зависимости от вида бетона или строительного раствора, видов микроорганизмов патогенного действия, которые могут поселиться внутри или на поверхности железобетонных конструкций. Биоциды должны обладать высокой активностью, не оказывать отрицательного воздействия на окружающую среду и не ухудшать технологические и физико-механические свойства бетонов.

Для защиты бетона от бактериального воздействия применяется формалин. Соли высших жирных аминов (средство «Дон-5»), хлогидраты аминокпарафинов (средство АНП-2), алкитриметилламоний-хлорид (средства «Ниртан», «Роккал») сочетают биоцидные свойства со свойствами ингибиторов коррозии. Из неорганических биоцидов применяются соли фтористой и кремнефтористой кислот, бура, борная кислота, нитрит натрия. Биоцидное действие некоторых модификаторов (типа «бура + борная» или на основе неорганических солей) может утрачиваться в процессе тепловлажностной обработки. Высокая водная растворимость медных солей уксусно-мышьяковистой и мышьяковистой кислот обуславливает их быстрое выщелачивание из бетона и действие подобных биоцидов носит временный характер. К числу высокоэффективных препаратов, обладающих широким биоцидным спектром действия относятся оловоорганические соединения (латекс АБП-40, до 0,5% массы цемента), которые не изменяют свойств в процессе тепловлажностной обработки. В условиях воздействия бытовых и производственных сточных вод хорошо зарекомендовали себя бактерициды на основе катионных поверхностно-активных веществ: катамин – для всех значений водоцементного отношения и катапин – только для плотных бетонов. Бетоны и строительные растворы модифицированных катапин-бактерицидом применяют при строительстве животноводческих помещений, предприятий хлебопекарной, пивоваренной, мясоперерабат

пивоваренной, мясоперерабатывающей промышленности и медицинский учреждений.

## Дозировка и хранение

1. Рекомендуемые дозировки комплексной противоморозной добавки представлены в таблице 1.

В таблице 1 приведена зависимость плотности водного раствора добавки от процентного содержания массовой доли сухого вещества и дозировки при различных температурах твердения бетона.

*Таблица 1*

| Массовая доля сухого вещества % | Масса навески при влаге 8% в 100 г. раствора | Плотность г/см. | До 5С (1%) |     | До 10 С (1,5%) |      | До 15 С (2%) |      |
|---------------------------------|--|-----------------|------------|-----|----------------|------|--------------|------|
|                                 |  |                 | кг         | л   | кг             | л    | кг           | л    |
| 38                              | 41,30  | 1,215           | 2,6        | 2,1 | 3,9            | 3,2  | 5,3          | 4,4  |
| 37                              | 40,22  | 1,2             | 2,7        | 2,3 | 4,1            | 3,4  | 5,4          | 4,5  |
| 36                              | 39,13  | 1,19            | 2,8        | 2,4 | 4,2            | 3,5  | 5,6          | 4,7  |
| 35                              | 38,04  | 1,185           | 2,9        | 2,5 | 4,3            | 3,6  | 5,7          | 4,8  |
| 34                              | 36,96  | 1,175           | 2,9        | 2,5 | 4,4            | 3,7  | 5,9          | 5,0  |
| 33                              | 35,87  | 1,17            | 3,0        | 2,6 | 4,5            | 3,85 | 6,1          | 5,2  |
| 32                              | 34,78  | 1,16            | 3,1        | 2,7 | 4,65           | 4,0  | 6,2          | 5,35 |
| 31                              | 33,70  | 1,15            | 3,2        | 2,8 | 4,8            | 4,2  | 6,4          | 5,6  |
| 30                              | 32,61  | 1,14            | 3,3        | 2,9 | 5,0            | 4,4  | 6,6          | 5,8  |

2. Введение комплексной добавки с противоморозным эффектом в состав бетонной смеси рекомендуется производить одновременно с первыми порциями воды затворения. При производстве бетона следует обеспечивать равномерность распределения добавки в соответствии нормативными требованиями.

3. Дозирование добавки должно осуществляться с точностью  $\pm 2\%$  от ее расчетного количества.

4. Бетонную смесь с комплексной добавкой можно перевозить в неутепленной таре, но с обязательной защитой от атмосферных осадков и вымораживания воды.

5. Комплексную противоморозную добавку в виде водного раствора следует хранить в неутепленных емкостях, защищенных от попадания осадков. Раствор добавки 30-35% концентрации может храниться при температуре до -15С.

6. Сухой продукт следует хранить в сухом помещении при температуре не выше 35С.

7. Гарантийный срок хранения комплексной добавки:

- в сухом виде – в течение 1 года;

- в жидком виде – шесть месяцев с момента изготовления.

По истечению гарантийного срока добавка должна быть испытана по всем нормируемым показателям качества и, в случае соответствия требованиям действующих ТУ, может быть использована в производстве.

**Таблица 2**

| <b>Средняя расчетная температура твердения бетона</b> | <b>Дозировка добавки в пересчете на сухое вещество, в % от массы цемента</b> |
|---|--|
| До – 5С   | 1  |
| До – 10 С   | 1,5  |
| До – 15 С   | 2-2,5  |

Таблица-7 составлена на основе данных, полученных в результате подбора состава бетона марки В35 – В40 (с использованием цемента ПЦ 400 Д20). Для других классов бетона в массу вводимой добавки следует уточнять экспериментально в лабораторных условиях;

- данные таблицы должны обязательно уточняться применительно к используемому цементу и заполнителям;

- для бетонов с расходом цемента меньше, чем 350 кг на 1 м<sup>3</sup> при температуре – 15 С дозировку добавки следует увеличить. Оптимальное количество добавки подбирается экспериментально в лабораторных условиях.

При применении комплексной противоморозной добавки контроль за производством следует осуществлять на следующих этапах работ:

- при приготовлении (для приготовления бетонной смеси с добавкой допускается применение всех видов бетоносмесительной при условии обеспечения равномерности перемешивания в соответствии с ГОСТ 7473-85);

- при транспортировании (транспортирование высокоподвижных и литных бетонных смесей (ОК более 15 см.) к постам формирования должно осуществляться устройствами, конструкция которых не допускает утечки цементного молока и исключает расслаивание смеси, количество перегрузок должно быть минимальным);

- при укладке бетонных смесей;

- при твердении бетонов.

При приготовлении бетонной смеси следует контролировать длительность ее перемешивания, температуру, подвижность. Испытание бетонной смеси следует проводить через 15 минут после отбора пробы по ГОСТ 27006-86 «Бетоны. Правила подбора состава».

При твердении бетонов следует контролировать выбранный температурно-влажностный режим, а в затвердевшем бетоне – его прочность (в контрольных кубах и при необходимости в изделиях) и другие требуемые показатели, для контроля качества производства бетонных работ следует дополнительно изготовить образцы от каждой партии у места укладки и испытать их в следующие сроки:

- три образца после установленного срока выдерживания до приобретения заданной прочности;

## Органоминеральные добавки

Комплексные добавки, получаемые при объединении активных минеральных компонентов и органических модификаторов, называют органоминеральными добавками (ОМД).

Использование органоминеральных добавок в бетонах произвело революцию в строительном производстве. Бетоны, в состав которых могут включаться до 12 компонентов комплексных модификаторов, назвали бетонами нового поколения. Впервые концепция получения таких бетонов была сформулирована в 1986 году, основными критериями которой являются:

- высокая прочность, включая раннюю прочность ( $R_{28} = 120$  МПа и выше,  $R_1$  – не менее 25...30 МПа); высокая морозостойкость (F400 и выше); высокая водонепроницаемость (W12 и выше); высокая химическая стойкость;

- высокое сопротивление истираемости (не более 0,4 г/см<sup>2</sup>); высокий модуль упругости;

- низкое водопоглощение (менее 2,5 % по массе); низкая адсорбционная способность бактерицидность и фунгицидность регулируемые показатели деформативности.

Технология бетонов нового поколения (называемых еще высококачественными, высоко-функциональными бетонами) основывается на принципах направленного структурообразования на всех этапах производства. Обязательным элементом технологии является введение в состав бетона реакционно-способных порошковых компонентов и высокоэффективных химических модификаторов.

Способ приготовления ОМД предусматривает затворение водными растворами ПАВ предварительно размолотого минерального компонента (или материала в тонкодисперсном состоянии) и дальнейшее высушивание при температуре 150...170 °С. Сушка осуществляется до остаточной

влажности материала 1... 1,5 %. Полученная порошкообразная добавка легко формуется и поддается брикетированию. В таком виде ОМД легко складывается, транспортируется, дозируется и вводится в бетонную смесь не требуя дополнительных устройств в технологической цепи. Таким образом реализуется основной принцип физико-химической механики – поверхностная активация минерального наполнителя, способствующая повышению его поверхностной энергии. Присутствие ПАВ предотвращает агрегацию высокодисперсных частиц наполнителя и стабилизирует его свойства, а сам он становится носителем ПАВ. По аналогии с вяжущими низкой водопотребности, органоминеральные добавки становятся более активными элементами в процессе структурообразования бетона, по сравнению с добавками, вводимыми в смесь отдельно.

В России реализация концепции высоко-функциональных бетонов оказалась возможной благодаря появлению на строительном рынке органоминеральных модификаторов серии «МБ». Минеральной составляющей таких модификаторов являются микрокремнезем и зола-унос, а химической — суперпластификаторы, регуляторы твердения и другие добавки в разных соотношениях. Благодаря синергизму действия, указанные ингредиенты в форме единых поликомпонентных продуктов более эффективны, чем те же материалы отдельно введенные в бетонную смесь.

Опыт применения высокопрочных модифицированных бетонов на стройках Москвы свидетельствует о надежности и значительном потенциале технологии производства бетонов с применением комплексных модификаторов МБ.

Модификаторы МБ представляют собой порошкообразные материалы насыпной плотностью 750...800 кг/м<sup>3</sup>, состоящие из гранул размером от 40 до 400 мкм. Каждая гранула является агрегатом из частиц активного микрокремнезема и золы-уноса, между которыми имеется твердая водорастворимая прослойка из суперпластификатора и регулятора твердения (фосфоро-органического комплекса), «склеивающая» минеральные частицы.

Для повышения морозостойкости бетона в состав комплекса вводится кремнийорганическая эмульсия. Рекомендуемая дозировка: 10...20 % массы цемента.

Состав модификаторов серии МБ и характеристика бетонов на их основе представлены в табл. 3.

### **Состав модификаторов серии МБ**

**Таблица 3.**

| Марка модификатора | Состав минеральной частицы, % |           | Класс бетона по прочнос-ти | Сопротивление бетона по проникнове-нию воздуха, см <sup>3</sup> | Марка по Водонепроницае-мости | Марка по морозо-стойкости |
|--------------------|-------------------------------|-----------|----------------------------|---|-------------------------------|---------------------------|
|                    | Микро кремнезем               | Зола унос |                            |   |                               |                           |
| <i>МБ 10-01</i>    | 100                           | -         | <i>B35</i>                 | 36,6  | <i>W14</i>                    | <i>F1000</i>              |
|                    |                               |           | <i>B55</i>                 | 58,3  | <i>W16</i>                    | <i>F1000</i>              |
| <i>МБ10-30С</i>    | 70                            | 30        | <i>B35</i>                 | 36,8  | <i>W14</i>                    | <i>F1000</i>              |
|                    |                               |           | <i>B55</i>                 | 58,3  | <i>W16</i>                    | <i>F1000</i>              |
| <i>МБ10-50С</i>    | 50                            | 50        | <i>B35</i>                 | 34,6  | <i>W14</i>                    | <i>F1000</i>              |
|                    |                               |           | <i>B55</i>                 | 57,0  | <i>W16</i>                    | <i>F800</i>               |
| <i>МБ10-100С</i>   | 10                            | 90        | <i>B25</i>                 | 27,5  | <i>W12</i>                    | <i>F600</i>               |
|                    |                               |           |                            |   |                               |                           |

Эффективным модификатором бетонов является комплексная минерально-химическая добавка КМХ, применяемая для бетонов с высокими требованиями по прочности, морозостойкости и водонепроницаемости. Эта добавка включает пористый тонкодисперсный минеральный компонент, различные виды пластификаторов, воздухововлекающие компоненты, акрилаты и эфиры целлюлозы. Водоредуцирующий и уплотняющий эффекты добавки позволяют получать бетоны марки по водонепроницаемости W6..W18; сочетание пластифицирующих и воздухововлекающих

компонентов обеспечивает высокую морозостойкость бетона: F800...F1000. При условии получения малоподвижных смесей добавка может использоваться как ускоритель твердения. Модификатор КМХ не снижает защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре.

## **Выводы**

1.1. Подбор состава бетона с пластифицирующими добавками заключается в корректировке рабочего состава бетона без добавки с учетом целей применения добавки.

1.2. Опытные замесы бетона с добавкой должны приготавливаться на тех же заполнителях и цементе, которые были приняты при подборе состава бетона.

1.3. Подбор состава бетона следует производить в соответствии с ГОСТ 27006 любым общепринятым методом, удовлетворяющим требованиям проекта по прочности подвижности или жесткости смеси, объемам вовлеченного воздуха или другим показателям, с последующей его корректировкой и назначением оптимального количества добавки.

1.4. Подбор состава бетона с добавкой следует проводить в лабораторных условиях на сухих заполнителях, при этом следует учитывать воду, входящую в состав добавки.

1.5. Все подобранные в лаборатории составы бетонов и режимы тепловой обработки изделий и конструкций следует откорректировать в производственных условиях.

1.6. При применении добавки для пластификации тяжелой бетонной смеси корректировка её состава заключается в выборе оптимальной дозировки добавки и установлении доли песка в смеси заполнителей.

1.7. При применении добавки для повышения прочности или плотности тяжелого бетона корректировка состава бетонной смеси заключается в выборе оптимальной дозировки добавки и снижении водоцементного отношения.

1.8. При применении добавки для улучшения технологии и качества легкого бетона на действующем производстве за основу принимает

производственный состав и осуществляет его корректировку в зависимости от целей введения добавки с учетом следующих положений:

а) при ограниченной степени пластификации расходы воды и цемента в составе бетона с добавкой пластификатора уменьшают:

- при переходе от подвижности бетонной смеси П1 (без добавки) к П2 (с добавкой) на 10%;

- при переходе от подвижности бетонной смеси П1 (без добавки) к П2 (с добавкой) на 5%;

б) при корректировке составов высокоподвижных смесей должны приниматься меры, исключающие расслоение легкобетонной смеси при формировании:

- для крупного легкого заполнителя следует отдавать предпочтение фракции 5-10 мм с плотностью зерна, близкой к плотности бетона; наличие пористого песка является обязательным;

в) при введении добавки в целях повышения прочности легкого конструкционного бетона корректируют состав бетона с уменьшенным на 20% расходом воды;

г) при применении добавки для изготовления изделий из конструкционно теплоизоляционных легких бетонов подвижности легкобетонной смеси не должна превышать П1. Уменьшение водоцементного отношения, вызывающие повышение плотности бетона, должно компенсироваться введением воздухововлекающей и парообразующей добавки. Расход остальных компонентов, плотность и прочность при этом не изменяются.

## **Использованная литература**

1. Наука о цементе В.С.Ромачандран., Р.Ф. Фельдман.
2. Добавки – ускорители (Оттава, Канада) 1984, В.С.Ромачандран (Оттава, Канада) 1986.
3. Ребиндер П.А., Сегалова Е.Е. Структурообразование при твердении вяжущих веществ. Лондон – 1967.
4. Суперпластификаторы. В.С.Ромачандран., В.М.Мальхотра (Оттава, Канада) 1981
5. Полипласт идея, качество, материал. Добавки для бетонов и строительных растворов.

## **Интернет сведения**

1. W.W.W. Beton. ru.
2. W.W.W. Dobavki. ru.
3. W.W.W. Biblioteka. ru.

## **Природные минеральные добавки**

Добавки для раствора бетонов – это органические и неорганические вещества или их смеси (комплексы), за счет введения которых в состав растворных и бетонных смесей их свойства регулируются направленно и контролируемо. Применение добавок снижает затраты на строительство (в том числе экономия цемента), модифицирует качественные и функциональные характеристики бетонов, сохраняет его свойства при подготовке бетонной смеси: ее укладке, вибрировании и твердении.

Добавки (модификаторы химические, минеральные, искусственные и натуральные) вводят в исходный шлам при обжиге клинкера, добавляются при помоле обожженного клинкера, по назначению и величинам технологических эффектов. Снижение расхода цемента за счет применения добавок обуславливает снижение стоимости строительства. Повышение подвижности бетонных смесей, при сохранении водопотребности в производстве густоармированных конструкций и тонкостенных изделий, ведет к снижению трудоемкости формирования, к уменьшению продолжительности вибрационного уплотнения бетонной смеси и экономии электроэнергии. Снижение водопотребности высокоподвижных бетонных смесей при формировании объемных элементов экономит цемент на 8-12%, сокращает продолжительность тепловлажностной обработки и увеличивает пропускную способность формовочных установок. Понимание механизма действия добавок на бетонные, растворные смеси и свойства конечного продукта позволяет избежать ошибок и получения нежелательных эффектов.

**Минеральные добавки** – это тонкоизмельченные материалы, которые вводятся в бетон или цемент количестве от 10 до 20% и более от массы вяжущего.

Источником минеральных добавок в настоящее время являются отходы промышленного производства, объем которых достигает миллионов тонн в год. К таким производствам относятся тепловые электростанции, металлургические печи, выпускающие чугун, сталь, медь, свинец, ферросплавы, химическая, пищевая отрасль.

Как показывают многочисленные исследования, введение тонкомолотых малоактивных и даже инертных наполнителей до 10-25%, а иногда и больше, позволяет полнее использовать клинкерную часть цементов, увеличить плотность бетона, уменьшить его деформацию, усадку, набухаемость, увеличить стойкость против действия агрессивных вод, снизить их стоимость.

Даже при длительном твердении бетонов клинкерные частички цемента размером более 40-60 мкм обычно полностью не гидратируются и выполняют в цементе роль микронаполнителя. В связи с этим клинкерные частички такого размера без снижения прочностных характеристик могут быть замещены другими, в том числе инертными минеральными добавками.

Разбавление вяжущего добавками-наполнителями позволяет без перерасхода цемента получить бетоны различных марок низких марок, повысить их плотность. Все минеральные добавки делятся на природные и искусственные.

Природными считаются добавки, получаемые из пород осадочного и вулканического происхождения, относятся к кислым добавкам. Некоторые кислые кремнеземисто-глиноземистые активные добавки вулканического происхождения называли пуццоланами. В связи с тем, что пуццоланы и промышленные отходы повсеместно доступны и недорогостоящие, чем портландцемент, использование пуццолановых добавок или совместно с другими гидравлическими добавками может привести к получению значительного экономичного эффекта.

К природным минеральным добавкам относятся добавки осадочного происхождения – диатомиты, опоки, трепелы, глиежи.

Диатомиты и трепелы по внешнему виду мало различаются и представляют собой легкие пористые малопрочные породы светло или желтовато-серого цвета, а опоки более тяжелые и плотные породы. Все они близки по химическому составу и обычно содержат (%) –  $\text{SiO}_2$  – 70-90;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 3-10;  $\text{CaO}$  – 1-3 щелочей 1-3.

Глиежи представляют собой «горелые породы», образовавшиеся в результате обжига межугольных глин при самовозгорании угля под землей.

К природным минеральным добавкам вулканического происхождения относятся вулканические пеплы, туфы, пемзы, трасы. По химическому составу они состоят в основном из  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (70-90%),  $\text{CaO}+\text{MgO}$  (2-4%), щелочей – 3,8%.

К основным добавкам из промышленных отходов относятся: белая сажа, получаемая в результате ряда металлургических процессов, зола-унос, зола из рисовой шелухи, гранулированные шлаки с высокой активностью, летучая смола. Химический состав этих отходов по содержанию основных оксидов колеблется в широких пределах. Например, зола от сжигания рисовой шелухи содержит  $\text{SiO}_2$  – 48%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 28%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 9%;  $\text{CaO}$  – 4%;  $\text{MgO}$  – 2%.

Основным кристаллическим минералом в высококальциевой золе-унос является обычно  $\text{C}_3\text{A}$ , в шлаке мелит и окерманит  $\text{C}_2\text{MS}_2$ , гемнит  $\text{C}_3\text{AS}$  - они нереакционно способны в кристаллической форме, стекловидная фаза шлака является наиболее важным параметром при использовании его в цементе. Белая сажа и зола рисовой шелухи состоят в основном из минералов некристаллической формы. Они относятся к высшему классу пуццоланов, так как на них не влияют отклонения состава и разнородность минералогических характеристик.

Введение минеральных добавок оказывает благоприятное влияние на состав бетонной смеси, реологические свойства, степень гидратации портландцемента, прочность, проницаемость затвердевшего бетона, уменьшение воздействий агрессивных сред. Известно, что введение до 30% золы-уноса в цемент снижает водопотребность примерно до 7% при

постоянной осадке конуса. Однако не все минеральные добавки снижают водопотребность и это происходит в том случае, когда в золе-уносе присутствует большое количество частиц размером 100 мкм, и тогда количество воды, требуемой для нормальной консистенции, увеличивается прямо пропорционально содержанию в массе цемента.

Минеральные добавки влияют на прочность бетона в зависимости от их минералогического состава, характеристик частиц, температуры и влажности выдерживания и состава бетонной смеси.

В качестве добавок-модификаторов широкое применение на местах находят различные отходы промышленности и ее побочные продукты.

Целлюлозно-бумажная промышленность: отходом этой промышленности является сульфидно-дрожжевая бражка (СДБ), которая широко применяется в качестве пластификатора в натуральном виде и после модифицирования. Таловое масло, таловый пек – омыленный таловый пек (ОТП) применяют в качестве воздухововлекающей добавки.

Нефтехимическая промышленность. Отходы пиролиза нефти (атактический полипропилен, низкотемпературный полипропилен, окисленный парафиновый дистиллят, тяжелое жидкое топливо) применяются как слабые пластификаторы, оказывающие на бетон воздухововлекающие и уплотняющие действия.

Нейтрализованный черный контакт (НЧК) – пластификатор и воздухововлекающая добавка – применяется для повышения морозостойкости.

Легкая промышленность. Гидролизат кожевенного производства – применяется в качестве пластификатора. Отходы мыловаренного производства – гидрофобизатор и пластификатор – применяются вместе с СДБ в добавках КОД.

Эффективность подобных веществ ниже, чем специальных добавок, что компенсируется их увеличенными дозировками. Увеличение дозировки в первую очередь повышает вероятность всевозможных отрицательных проявлений, начиная от «сопутствующих эффектов» и заканчивая «отравлением» вяжущего или увеличением содержания в бетоне органической фазы, то есть возрастания склонности к биологической коррозии.

Для предотвращения появления и развития бактерий, различных форм грибов и микроорганизмов в зданиях медицинских учреждений и пищевых комбинатов, животноводческих комплексов бетонные и железобетонные конструкции должны обладать биоцидными свойствами.

Микроорганизмы в процессе своей жизнедеятельности выделяют органические кислоты, которые образуют с компонентами силикатов и алюмосиликатов комплексные соединения и легкорастворимые кальциевые соли. Плесневые грибы, накапливаясь на загрязненных поверхностях строительных конструкций, также выделяют органические кислоты (лимонную, щавелевую), которые являются сильными катион комплексирующими агентами и могут образовывать с минералами

легкорастворимые комплексные соединения. В строительных конструкциях повышенной пористости и гидрофильности поселяются бактерии, способствующие выщелачиванию из цементного камня ионов кальция. При этом снижается величина рН, что приводит к повышению степени карбонизации бетона и его разрушению. Бактерии могут активно разрушать не только бетон, но и стальную арматуру, либо непосредственно влияя на сталь, либо образуя в аэробных условиях сначала азотистую, а затем — азотную кислоту.

Для повышения стойкости против биохимической коррозии в состав бетона или раствора на стадии их приготовления вводят специальные добавки: бактерицидные — от бактерий, фунгицидные — от грибов, альгицидные — от водорослей.

В качестве химических средств защиты бетона могут применяться: неорганические соединения — окислы и соли бора, меди, хрома, цинка, мышьяка и другие;

- органические соединения — фенолы и хлорфенолы, производные карбоновых, оксикарбоновых, карбаминовых и тиокарбаминовых кислот и другие;

- элементоорганические и комплексные соединения олова, меди, свинца, мышьяка, кремния, ртути и другие.

По агрегатному состоянию биоциды бывают твердыми (порошки), жидкими и газообразными (фумиганты, летучие фунгициды и другие); по признакам растворимости — водорастворимыми, малорастворимыми и растворимыми в органических растворителях.

Ниже перечислены наиболее распространенные биоцидные добавки.

**Катапин-бактерицид.** Продукт конденсации хлорметильных производных ароматических углеродов с пиридином. Дозировка в зависимости от санитарно-гигиенических требований и условий эксплуатации бетона составляет 0,5...2 % массы цемента.

**Оловоорганический биоцид — ластонкс.** Рекомендуемая дозировка 0,1...0,3 % массы цемента.

**Латексный биоцид АБП-40.** Продукт эмульсионной сополимеризации трибутиловометакрилата с бутилакрилатом, метилметакрилатом и акриловой кислотой. Добавка обладает широким биоцидным спектром действия.

Биоцидные добавки выбираются в зависимости от вида бетона или строительного раствора, видов микроорганизмов патогенного действия, которые могут поселиться внутри или на поверхности железобетонных конструкций. Биоциды должны обладать высокой активностью, не оказывать отрицательного воздействия на окружающую среду и не ухудшать технологические и физико-механические свойства бетонов.

Для защиты бетона от бактериального воздействия применяется формалин. Соли высших жирных аминов (средство «Дон-5»), хлогидраты аминокпарафинов (средство АНП-2), алкитриметилламоний-хлорид (средства «Ниртан», «Роккал») сочетают биоцидные свойства со свойствами ингибиторов коррозии. Из неорганических биоцидов применяются соли

фтористой и кремнефтористой кислот, бура, борная кислота, нитрит натрия. Биоцидное действие некоторых модификаторов (типа «бура + борная» или на основе неорганических солей) может утрачиваться в процессе тепловлажностной обработки. Высокая водная растворимость медных солей уксусно-мышьяковистой и мышьяковистой кислот обуславливает их быстрое выщелачивание из бетона и действие подобных биоцидов носит временный характер. К числу высокоэффективных препаратов, обладающих широким биоцидным спектром действия относятся оловоорганические соединения (латекс АБП-40, до 0,5% массы цемента), которые не изменяют свойств в процессе тепловлажностной обработки. В условиях воздействия бытовых и производственных сточных вод хорошо зарекомендовали себя бактерициды на основе катионных поверхностно-активных веществ: катамин – для всех значений водоцементного отношения и катапин – только для плотных бетонов. Бетоны и строительные растворы модифицированных катапин-бактерицидом применяют при строительстве животноводческих помещений, предприятий хлебопекарной, пивоваренной, мясоперерабатывающей промышленности и медицинский учреждений.

## **Выводы**

- 1.1. Подбор состава бетона с пластифицирующими добавками заключается в корректировке рабочего состава бетона без добавки с учетом целей применения добавки.
- 1.2. Опытные замесы бетона с добавкой должны приготавливаться на тех же заполнителях и цементе, которые были приняты при подборе состава бетона.
- 1.3. Подбор состава бетона следует производить в соответствии с ГОСТ 27006 любым общепринятым методом, удовлетворяющим требованиям проекта по прочности подвижности или жесткости смеси, объёмам вовлеченного воздуха или другим показателям, с последующей его корректировкой и назначением оптимального количества добавки.
- 1.4. Подбор состава бетона с добавкой следует проводить в лабораторных условиях на сухих заполнителях, при этом следует учитывать воду, входящую в состав добавки.
- 1.5. Все подобранные в лаборатории составы бетонов и режимы тепловой обработки изделий и конструкций следует откорректировать в производственных условиях.
- 1.6. При применении добавки для пластификации тяжелой бетонной смеси корректировка её состава заключается в выборе оптимальной дозировки добавки и установлении доли песка в смеси заполнителей.
- 1.7. При применении добавки для повышения прочности или плотности тяжелого бетона корректировка состава бетонной смеси заключается в

выборе оптимальной дозировки добавки и снижении водоцементного отношения.

1.8. При применении добавки для улучшения технологии и качества легкого бетона на действующем производстве за основу принимает производственный состав и осуществляет его корректировку в зависимости от целей введения добавки с учетом следующих положений:

а) при ограниченной степени пластификации расходы воды и цемента в составе бетона с добавкой пластификатора уменьшают:

- при переходе от подвижности бетонной смеси П1 (без добавки) к П2 (с добавкой) на 10%;

- при переходе от подвижности бетонной смеси П1 (без добавки) к П2 (с добавкой) на 5%;

б) при корректировке составов высокоподвижных смесей должны приниматься меры, исключаящие расслоение легкогобетонной смеси при формовании:

- для крупного легкого заполнителя следует отдавать предпочтение фракции 5-10 мм с плотностью зерна, близкой к плотности бетона; наличие пористого песка является обязательным;

в) при введении добавки в целях повышения прочности легкого конструкционного бетона корректируют состав бетона с уменьшенным на 20% расходом воды;

г) при применении добавки для изготовления изделий из конструкционно теплоизоляционных легких бетонов подвижности легкогобетонной смеси не должна превышать П1. Уменьшение водоцементного отношения, вызывающие повышение плотности бетона, должно компенсироваться введением воздухововлекающей и парообразующей добавки. Расход остальных компонентов, плотность и прочность при этом не изменяются.

#### **Использованная литература**

1. Наука о цементе В.С.Ромачандран., Р.Ф. Фельдман.
2. Добавки – ускорители (Оттава, Канада) 1984, В.С.Ромачандран (Оттава, Канада) 1986.
3. Ребиндер П.А., Сегалова Е.Е. Структурообразование при твердении вяжущих веществ. Лондон – 1967.
4. Суперпластификаторы. В.С.Ромачандран., В.М.Мальхотра (Оттава, Канада) 1981
5. Полипласт идея, качество, материал. Добавки для бетонов и строительных растворов.

#### **Интернет сведения**

1. W.W.W. Beton. ru.
2. W.W.W. Dobavki. ru.
3. W.W.W. Biblioteka. ru.