**1.Введение.**

Опыт применения добавок в бетон показывает, что во многих практически важных случаях наиболее перспективными являются комплексные добавки. Основные преимущества многокомпонентных добавок в общем случае выражаются в том, что монодобавки часто наряду с положительным оказывают и отрицательное влияние на свойства бетонов и растворов, что снижает их эффективность. Например, применение средне- и слабопластифицирующих добавок позволяет значительно повысить подвижность бетонных и растворных смесей, однако, в то же время, они могут вызвать недопустимое снижение прочности бетона или раствора. С помощью различных монодобавок можно существенно понизить температуру замерзания воды в бетонных смесях, но отдельные из них ускоряют схватывание цементного теста и вызывают коррозию стали. Поэтому для повышения эффективности применения однокомпонентных добавок различного назначения требуется введение в состав бетона таких комплексов, которые могли бы локализовать отрицательное действие монодобавок или усилить желаемый эффект, а при необходимости придать бетону или раствору новые свойства.

Преимущества комплексных добавок перед однокомпонентными достаточно велики ещё и потому, что в ближайшее время они должны почти полностью вытеснить монодобавки из сферы строительного производства.

**2.Группы комплексных добавок.**

Комплексные добавки в зависимости от технологического эффекта и влияния на важнейшие свойства затвердевшего бетона и раствора условно разделены на пять групп:

I - смеси ПАВ;

II - смеси ПАВ и электролитов;

III - смеси электролитов;

IV - комплексные добавки на основе суперпластификаторов;

V - многокомпонентные добавки полифункционального действия.

**2.1. Комплексные добавки I группы.**

Комплексные добавки I группы сочетают вещества гидрофильной и гидрофобной природы. Как было отмечено ранее, ПАВ показывают разную степень эффективности при использовании различных по минералогическому составу цементов. Например, добавки ЛСТ, УПБ более эффективны в бетонах на средне- и высокоалюминатном цементе, а добавки гидрофобного действия (ГКЖ-10, ГКЖ-11, СНВ, КТП и другие) - при использовании цементов с повышенным содержанием силикатной фазы.

Комплексные гидрофильно-гидрофобные пластифицирующие добавки становятся более универсальными по отношению к цементам разного минералогического состава и его расхода в бетоне. Одновременно с высоким пластифицирующим действием комплексные добавки I группы изменяют в нужном направлении структуру и свойства бетона. Первоначальная подвижность смесей с комплексными добавками сохраняется в течение 2...3 ч, что имеет важное значение при транспортировании смесей на большие расстояния и при бетонировании в условиях сухого жаркого климата; повышается коррозионная стойкость бетона, увеличивается его морозостойкость на 2...3 марки и водонепроницаемость на 1...2 марки. Однако следует отметить, что добавки I группы замедляют процессы схватывания и твердения бетона, поэтому в технологию бетона необходимо вносить коррективы.

Рекомендуемая дозировка и сочетания комплексных добавок I группы представлены в табл. 1.

Таблица 1. Рекомендуемая дозировка комплексных добавок I группы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Назначение | Условное обозначение комплексов | Количество добавок в составе комплексных в расчете на сухое вещество, % массы цемента |
| Пластифицирующие и воздухововлекающие | ЛСТ + (СНВ, КТП, С, ОП) | 0,1…0,25 + 0,002...0,01 |
| ВРП-1+С | 0,005...0,02 + 0,005...0,02 |
| (ЩСПК, ЩСПК-М2, СПД-м) + (СНВ, КТП, С, ОП) | 0,1...0,3 + 0,002...0,01 |
| ЧСЩ + КТП | 0,1...0,25 + 0,005...0,01 |
| ЛСТ + (ЧСЩ, ЩСПК, ЩСПК-М2, СПД-м) | 0,1...0,3 + 0,05...0,1 |
| Пластифицирующие и газообразующие | ЛСТ + (136-41, 136-157М, ПГЭН) | 0,1...0,3 + 0,05...0,1 |
| Пластифицирующе - гидрофобизирующие и газообразующие | (ГКЖ-10,ГКЖ-11,АМСР)+(ПГЭН, 136-41, 136-157М) | 0,1...0,2 + 0,05...0,1 |
| Пластифицирующе-гидрофобизирующие и воздухововлекающие | (ГКЖ- 1 0, ГКЖ- 11, АМСР) + СНВ | 0,1...0,2 + 0,005...0,02 |

**2.2.Комплексные добавки II группы.**

Перспективно применение комплексных добавок II группы, состоящих из пластифицирующих веществ и добавок-электролитов, ускоряющих схватывание и твердение бетона.

Это позволяет одновременно экономить цемент и увеличить оборачиваемость форм и всего технологического оборудования независимо от технологии производства. Например, при использовании комплексной добавки ЛСТ + СН или ЛСТ + ННХК появляется возможность применения форсированных режимов тепло влажностной обработки. Кроме того, при сохранении подвижности бетонной смеси достигается сокращение на 10...15 % расхода воды, что обеспечивает повышение прочности бетона на 10... 25 %, а также увеличивает морозостойкость и водонепроницаемость бетона на 1...1,5 марки. При условии получения равнопрочных бетонов возможно сократить расход цемента на 8...15 %.

Комплексные трехкомпонентные добавки позволяют решать более сложные технологические задачи. В частности, при использовании средне- и слабо пластифицирующих добавок в сочетании с воздухововлекающими (или газообразующими), которые замедляют процессы схватывания и твердения, а также несколько снижают прочность бетона, вводится дополнительный компонент — добавка-электролит — ускоритель твердения, нейтрализующая негативное влияние первых двух добавок.

Возможные сочетания комплексных добавок II группы и их дозировка представлены в табл. 2.

Таблица 2. Дозировка и сочетания комплексных добавок II группы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Назначение | Условное обозначение комплексов | Количество добавок в составе комплексных в расчете на сухое вещество, % массы цемента |
| Пластифицирующие и ускорители твердения | ЛСТ +(СН, НН1, ХК, НК, ННХК) | 0,1...0,3 + 0,3...1,5 |
| ЛСТ + (НЧК, КЧНР) + СН | 0,1...0,2 + 0,1...0,2 + 0,5...1,5 |
| ЧСЩ + ХК | 0,1...0,25 +0,05...0,2 |
| УПБ + СН | 0,1...0,3 + 0,5...1,5 |
| (ЩСПК, ЩСПК-2М, СПД-м) + (НК, СН, ТНФ) | 0,1...0,35 +0,05...0,2 |
| (НЧК, КЧНР) + СН | 0,1...0,15 +0,5...1,5 |

Продолжение таблицы 2.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Пластифицирующие, воздухововлекающие и ускорители | ЛСТ + СНВ + (СН, НК) | 0,1...0,2 + 0,005...0C,03 + 0,5...1,5 |
| Гидрофобизирующие и ускорители | (ГКЖ-10, ГКЖ-11, АМСР) + НК | 0,1...0,2 + 0,5...1,5 |
| Пластифицирующие, газообразующие и ускорители твердения | ЛСТ +(ПГЭН, 136-41, 136-157М) + СН | 0,1...0,15 +0,05...0,1 +0,5...1,5 |
| Воздухововлекающие и ускорители твердения | СНВ + (СН, НК, ННХК) | 0,005...0,02 +0,5...1,5 |
| Газообразующие и ускорители твердения | (ПГЭН, 136-41, 136-157М) + НК | 0,05...0,1 +0,5...1,5 |
| Воздухововлекающие и ингибиторы коррозии стали | СНВ + (НН, ННК) | 0,005...0,02 +0,5...1,5 |
| Пластифицирующие, воздухововлекающие и ингибиторы коррозии стали | ЛСТ+СНВ+ННК  | 0,1...0,15 +0,01...0,03 +0,5...1,5 |
| Замедлители схватывания и кольматирующие | ЛСТ + (СА, ХЖ, НЖ, СЖ, НК) | 0,15...0,25 +0,5...2 |

**2.3.Комплексные добавки III группы.**

В комплексных добавках III группы сочетание электролитов позволяет исключить негативное влияние некоторых монодобавок и добиться максимального эффекта.

В случаях, когда требуется получить сверхбыстрое схватывание смеси без заметного снижения последующих свойств бетона, используют смесь добавок алюмината натрия и поташа. Особый эффект при этом проявляется в неаддитивном влиянии комплексной добавки на самую раннюю стадию структурообразования бетонной смеси. Это позволяет сократить сроки схватывания до 10...20 с независимо от минералогического состава цемента, а при подогреве воды до +40 °С обеспечить практически мгновенное схватывание бетонной смеси, что имеет весьма важное значение для набрызг-бетона (торкретбетона).

Такой эффект объясняется тем, что в результате обменных реакций АН и поташа с гидроксидом кальция образуется едкий натр и едкое кали, которые остаются в поровой жидкости и обеспечивают сохранение жидкой фазы в бетоне и, таким образом, гидратационные процессы смогут протекать как в сухую жаркую погоду, так и при отрицательной температуре. При этом также отмечается и малая чувствительность твердеющего бетона к внешним гигрометрическим условиям, что объясняется повышенной дисперсностью новообразований и непроницаемостью цементного камня. Эти эффекты используются при проведении бетонных работ в летнее время в районах с сухим и жарким климатом и при укладке «холодного» бетона.

Комплексные добавки III группы в основном применяются для бетонирования на полигонах и строительных площадках в холодное время года при отрицательных температурах.

Возможные сочетания и оптимальные дозировки комплексов добавок ускорителей схватывания бетона, ингибиторов коррозии стали представлены в таблице 3.

Таблица 3. Дозировка комплексных добавок III группы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Назначение | Условное обозначение комплексов | Количество добавок в составе комплексных в расчете на сухое вещество, % массы цемента |
| Ингибиторы коррозии стали | НН + (ТБН, БХН, БХК)  | 1,8...2 + 0,2...0,5 |
| Ускорители схватывания | ХК + (НН1,ХН,ННК) | 0,5...3 + 0,5...3 |
| Ускорители твердения и ингибиторы коррозии стали | ХК + (НН, ННК) | 0,5...3 + 0,5...3 |

*Примечание. Из компонентов, указанных в скобках, применяется только один*.

**2.4.Комплекные добавки IV группы.**

Наиболее эффективны и целесообразны в технологии бетона комплексные добавки IV группы — модификаторы на основе суперпластификаторов.

Экономическая эффективность применения добавок во многом определяется их стоимостью и величиной оптимальной дозировки. Например, суперпластификаторы отечественных и зарубежных производителей, стоимость которых колеблется в пределах 25000...35000 руб./т (в ценах 2005 года), будут эффективны только в особых случаях. Исследованиями установлено, что эффективность суперпластификатора С-3 может быть повышена за счет замены части его на дешевый лигносульфонат. В частности, для монолитного бетона возможна замена от 30 до 70 % суперпластификатора на ЛСТ без снижения показателей качества бетона, Эффект от пластифицирующего действия можно усилить, добавив к вышеуказанным добавкам кремнийорганические жидкости ГКЖ-10 или ГКЖ-11, способные к воздухововлечению. В результате, можно добиться высоких показателей качества бетона при оптимальных затратах.

Комплексы, включающие суперпластификатор и ускоритель твердения, позволяют сократить длительность тепловой обработки бетона на 20...40 %, а в некоторых случаях и отказаться от нее. В состав комплексов, предназначенных для железобетонных конструкций высокой морозостойкости и водонепроницаемости, включают воздухововлекающие и гидрофобизирующие компоненты. Для высокоподвижных и литых бетонных смесей целесообразно к суперпластификатору добавлять водоудерживающие, стабилизирующие компоненты, а также замедлители схватывания. При производстве предварительно-напряженных железобетонных изделий в комплексы с суперпластификаторами следует включать эффективные ингибиторы коррозии стали и добавки гидрофобизирующего действия.

Рекомендуемая дозировка и оптимальное сочетание (по совместимости) комплексных добавок IV группы приведены в табл. 4.

Таблица 4.Дозировка комплексных добавок IV группы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Назначение | Условное обозначение комплексов | Количество добавок в составе комплексных в расчете на сухое вещество, % массы цемента |
| Пластифицирующие | С-З + ЛСТ | 0,3...0,45 + 0,15...0,25 |
| 10-03 + ЛСТ | 0,3...0,45 + 0,15...0,25 |
| С-З + (ЩСПК, ЩСПК-2М, СПД-м, ЧСЩ) | 0,35...0,45 + 0,15…0,25 |
| С-З + ЛСТ +(ГКЖ-10,ГКЖ-И) | 0,3...0,45 + 0,15...0,25 + 0,1...0,2 |
| Пластифицирующие и воздухововлекающие | С-З + (ОНВ, КТП) | 0,5...0,7 + 0,002...0,01 |
| 10-03 + (СНВ, КТП) | 0,5...0,7 + 0,002...0,01 |
| С-З + ЧСЩ + (СНВ, КТП) | 0,35...0,45 + 0,15...0,25 + 0,002...0,01 |
| 10-03 + ЛСТ + (СНВ, ТП) | 0,35...0,45 + 0,15...0,25 + 0,002...0,01 |
| Пластифицирующие и ускорители твердения | С-З + (СН, ННХК) | 0,35...0,45 + 0,3...1,5 |
| 10-03 + (СН,ННХК) | 0,35...0,45 + 0,3...1,5 |
| С-З + (ЛСТ, ЧСЩ) + СН | 0,35...0,45 + 0,15...0,2 + 0,3...1,5 |
| 10-03 + ЛСТ + (СН, НХК) | 0,35...0,45 + 0,15...0,2 + 0,3...1,5 |

Продолжение таблицы 4.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Пластифицирующие, воздухововлекающие и ингибиторы коррозии стали | С-З + СНВ + НН | 0,5...0,7 + 0,002...0,01 + 0,5...1,5 |
| С-3 + ГКЖ-10+БХК | 0,3...0,45 + 0,1…0,2 + 0,3...0,5 |
| 10-03+ СНВ + ТБН | 0,5...0,7 + 0,002...0,01 + 0,2...0,5 |
| 10-03 +ГКЖ-10 + НН | 0,3... 0,45 + ОД...0,2 +0,5. ..1,5 |

*Примечание. Из компонентов, указанных в скобках, применяется только один.*

**2.5.Комплексные добавки V группы.**

Комплексные добавки V группы представляют собой сложные многокомпонентные комплексы, предназначенные для приданию бетону специальных свойств. К этой группе относятся битумная эмульсия БЭ и эмульсосуспензии, которые готовятся на основе битума, ЛСТ и воды (для эмульсосуспензии добавляется еще каолиновая суспензия). Эти добавки, являясь уплотнителями и гидрофобно-пластифицирующими компонентами, используются для повышения непроницаемости и долговечности железобетонных конструкций.

Для получения безусадочных и расширяющихся бетонов целесообразно использовать комплекс, включающий алюминиевую пудру, лигносульфонат и сульфат натрия: ПАК + + ЛСТ + СН. Компоненты комплексного продукта, вступая в химическое взаимодействие с гидроксидом кальция, способны образовывать гидросульфоалюминаты кальция и оказывать расширяющее действие на твердеющую систему бетона.

**3.Комплексные добавки многоцелевого воздействия.**

Комплексные добавки многоцелевого назначения обладают полифункциональным действием, т. е. способностью влиять сразу на несколько характеристик бетона, часто не связанных друг с другом, а в некоторых случаях и придавать бетону новые свойства.

Одним из наиболее эффективных способов придания повышенной стойкости бетону железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в хлоридных средах, и одновременно улучшающих защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре, является применение комплексных полифункциональных модификаторов ингибирующего действия (ПФМИ), разработанных в НИИЖБе (табл. 5).

Таблица 5. Состав полифункциональных модификаторов

Примечания.

1. \* - коэффициент солестойкости определен как отношение, прочности бетона после испытаний к прочности бетона до испытаний.

2. Исследования проведены на портландцементе марки 400 Воскресенского завода.

3. Подвижность бетонной смеси в экспериментах была постоянной и соответствовала осадке конуса 2...3 см.

Табличные данные свидетельствуют о сохранении высокой прочности бетона с полифункциональными модификаторами после 80 циклов испытаний, что объясняется высокой плотностью бетона и его стабильной структурой. Следовательно, применение комплексных добавок, улучшающих технологические свойства бетонной смеси при её уплотнении, а также снижающих проницаемость бетона и повышающих защитные свойства бетона по отношению к арматуре, является наиболее эффективным способом повышения долговечности бетона.

**4.Новые виды комплексных добавок.**

В последние годы в нашей стране разработаны и успешно применяются новые высокоэффективные комплексные добавки на основе суперпластификаторов. перечень и характеристики которых приведены ниже.

***Реламикс***. Комплексный продукт на основе натриевых солей полиметиленнафталинсульфокислот и ускорителей набора прочности. Добавка в виде водорастворимого порошка светло-коричневого цвета или водного раствора темно-коричневого цвета, имеющего концентрацию не менее 32 %. Позволяет полностью отказаться от тепловой обработки бетона. Рекомендуемая дозировка: 0,6...1 % массы цемента.

***Линамикс***. Комплексный продукт на основе натриевых солей полиметиленнафталинсульфокислот и замедлителей схватывания на основе лигносульфонатов. Добавка в виде водорастворимого порошка коричневого цвета или водного раствора темно-коричневого цвета, имеющего концентрацию не менее 32 %, Повышает живучесть смеси до 2,5 ч. Рекомендуемая дозировка: 0,3...0,4 % массы цемента.

***Дефомикс***. Комплексный продукт на основе натриевых солей полиметиленнафталинсульфокислот и пеногасителей (воздухоподавляющего компонента). Добавка в виде водорастворимого порошка коричневого цвета или водного раствора темно-коричневого цвета, имеющего концентрацию не менее 32 %. Обеспечивает снижение воздухововлечения в бетонную смесь до 0,8...1 %, Дозировка: 0,4...0,8 % массы цемента.

***С-ЗМ-15***. Комплексный продукт на основе натриевых солей полиметиленнафталинсульфокислот и противоморозного компонента на основе формиата натрия. Добавка в виде водорастворимого порошка коричневого цвета или водного раствора темно-коричневого цвета, имеющего концентрацию не менее 32 %. Добавка не содержит едких веществ, содержание хлорид-ионов не более 0,1 %. Обеспечивает нормативный набор прочности при температуре до минус 15 °С. Дозировка: 1, 1,5 и 2,5 % соответствует температуре окружающего воздуха: -5 °С, -10 °С и -15 °С.

***ПФМ-НЛК***. Комплексная добавка на основе пластифицирующих, воздухововлекающих и гидрофобизирующих компонентов. Добавка в виде водорастворимого порошка коричневого цвета или водного раствора темно-коричневого цвета, имеющего концентрацию не менее 32 %. Позволяет получать литые смеси и отказаться от дополнительных энергозатрат на уплотнение. Дозировка: 0,3...0,7 % массы цемента.

***Гексалит***. Комплексная добавка на основе компонентов пластифицирующего действия и ускорителей схватывания. Обеспечивает набор прочности бетона в суточном возрасте - 80 % от проектной. Добавка в виде порошка вводится в смесь сухих компонентов смеси. Дозировка: 7,5 % массы цемента.

***БИОТЕХ-НМ***. Многофункциональная добавка на основе пластификаторов, ускорителей твердения и других компонентов, повышающих морозостойкость и водонепроницаемость бетонов и строительных растворов. Применяется с без добавочным портландцементом. Добавка в виде порошка вводится в смесь сухих компонентов смеси. Рекомендуемая дозировка: 1,5...2,5 % массы цемента.

***Реомикс 405***. Смесь пластификатора на основе лигносульфонатов и ускорителей на базе хлоридов; может использоваться как противоморозная добавка, обеспечивая твердение бетона при температуре до минус 10 °С. Темно-коричневая жидкость плотностью 1,34 кг/л; содержание хлоридов — 0,75 % массы цемента. Не рекомендуется использовать с высокоглиноземистыми цементами. Дозировка: 1,7 л на 100 кг цемента при температуре окружающего воздуха выше —4 °С и 3,4 л при температуре от —4 °С до —7 °С.

***Универсал-П-2.*** Комплексная добавка на основе сильно пластифицирующих компонентов, ускорителей твердения, воздухововлекающего агента и ингибитора коррозии стали. Продукт в виде порошка коричневого цвета. Совместим с пенообразователями Пеностром, ПБ-2000. Позволяет отказаться от тепловой обработки бетона. Способствует повышению морозостойкости и водонепроницаемости бетона на 1...2 марки. Рекомендуемая дозировка: 0,5...0,6 % массы цемента.

***Монолит-2***. Пластификатор спиртовой модифицированный на натриевой основе, обладающий противоморозным эффектом. Добавка не содержит ионов хлора, не вызывает коррозии арматуры. Продукт в виде порошка или концентрированного раствора. Рекомендуемая дозировка как пластификатора: 0,6...0,8 % массы цемента; как противоморозной добавки: 1,5 % при температуре до -5- °С; 2...3,5 % при температуре от -6°С до-15 °С.

***Лигнопан Б2***. Комплекс на основе пластифицирующих компонентов и ускорителей твердения для бетонов и растворов. Продукт на основе лигносульфонатов и неорганических солей; не содержит хлоридов, виде порошка или раствора 30 % концентрации. Дозировка: 0,6…1,5 % массы цемента.

**5.Список используемой литературы.**

Информация взята с сайта *www.betonoved.ru*.