

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ

Утверждены директором НИИЖБ 4 апреля 1966 г.

Москва - 1987

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ
3. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ БЕТОНА
4. ПОДБОР СОСТАВА ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА
5. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ДОБАВОК И БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ
6. УКЛАДКА И УПЛОТНЕНИЕ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ
7. ТЕПЛОВЛАЖНОСТНАЯ ОБРАБОТКА БЕТОНА
8. КОНТРОЛЬ ЗА ПРОИЗВОДСТВОМ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ
9. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Приложение 1

РЕКОМЕНДУЕМАЯ НОМЕНКЛАТУРА КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ

Приложение 2

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПОДБОРА СОСТАВА ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ

Приложение 3

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА И КОРРЕКТИРОВКИ СОСТАВА ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ

Приложение 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ШЛАКОПОРТЛАНДЦЕМЕНТА В ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНАХ

Приложение 5

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК

Приложение 6

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК

Приложение 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ КЛАССОМ И СРЕДНЕЙ ПРОЧНОСТЬЮ БЕТОНА НА СЖАТИЕ

В Рекомендациях изложены требования к материалам для приготовления тяжелых высокопрочных бетонов, в том числе к пластифицирующим добавкам. Приведены особенности подбора состава бетонов, а также укладки и уплотнения бетонных смесей, режимы и способы тепловлажностной обработки изделий и конструкций, сведения об области применения высокопрочных бетонов.

Рекомендации предназначены для инженерно-технических работников предприятий стройиндустрии, а также проектно-конструкторских и научно-исследовательских организаций.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одной из тенденций в современном строительстве является увеличение объемов производства изделий и конструкций из высокопрочных бетонов классов В45...В60 и более и расширение области их применения. Использование высокопрочных бетонов вместо традиционных позволяет уменьшить массу изготавливаемых конструкций на 25...40 %, сократить расход арматурной стали на 12...15 %, а также снизить трудоемкость и общую стоимость строительства.

В последнее время созданы эффективные новые и усовершенствованы некоторые известные пластифицирующие добавки, использование которых позволяет расширить сырьевую базу для приготовления высокопрочных бетонов; изучены свойства бетонов с такими добавками, уточнена и расширена номенклатура изделий и конструкций из высокопрочных бетонов, накоплен опыт их изготовления.

Рекомендации разработаны НИИЖБ Госстроя СССР (доктора техн. наук, профессора Л. А. Малинина, В. Г. Батраков, кандидаты техн. наук Н. Н. Куприянов, М. И. Бруссер, В. А. Беликов, С. А. Высоцкий, Е. С. Силина, инж. М. В. Работина) и НИИСК Госстроя СССР (кандидаты техн. наук Н. И. Стыник, А. Д. Либерман, С. В. Глазкова, О. М. Рубач, Г. С. Андрианова, Л. Н. Сергиенко, П. М. Турчин, инженеры М. В. Гакен, М. А. Кириченко, Л. А. Варченко, Р. П. Мороз) при участии КТБ НИИЖБ Госстроя СССР (инж. В. И. Гришаков), отраслевой научно-исследовательской лаборатории Минсевзапстроя УССР при Украинском институте инженеров водного хозяйства (канд. техн. наук М. Ш. Файнер, инж. Н. Б. Рябова), Красноярского ПромстройНИИпроекта (кандидаты техн. наук Н. П. Ковальская, А. И. Замощик, инж. Г. Н. Хантимиров), ЖБИ № 11 и № 18 Главмоспромстройматериалов (инженеры Н. Б. Варенцова, Р. Я. Егорова) и КТБ Мосоргстройматериалы (инженеры В. А. Подлесных, О. А. Исупова, Н. А. Бухтик).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Рекомендации распространяются на технологию изготовления сборных железобетонных изделий и конструкций из тяжелых высокопрочных бетонов по агрегатно-поточной, стендовой, конвейерной и другим разновидностям традиционной технологии, включающей уплотнение бетонной смеси различными вибрационными методами, а также центрифугированием.

Рекомендации не распространяются на изделия, изготавливаемые с применением уплотнения бетонной смеси прессованием, в том числе роликовым виброформованием, прокатом и вибровакуумированием.

1.2. Под высокопрочными следует понимать бетоны марки по прочности на сжатие М600 и более или класса по прочности на сжатие В45 и более по [СНиП 2.03.01-84](#).

1.3. Изделия и конструкции из высокопрочных бетонов следует изготавливать по методике [СНиП 3.09.01-85](#), а также стандартов и других инструктивно-нормативных документов с учетом положений настоящих Рекомендаций.

1.4. При изготовлении изделий и конструкций рекомендуется использовать различные пластифицирующие добавки, позволяющие получать умеренно-подвижные ($OK = 1...4$ см) и подвижные бетонные смеси ($OK = 5...9$ см и более).

2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ

2.1. Высокопрочные бетоны рекомендуется применять в промышленном, гражданском, энергетическом и других видах строительства для повышения несущей способности изделий и конструкций, снижения расхода бетона и арматуры, трудоемкости и стоимости строительства, повышения долговечности изделий и конструкций, а также для унификации опалубочных форм.

2.2. Наиболее эффективны высокопрочные бетоны в конструкциях, работающих на сжатие, в которых достигается наибольшее сокращение объема бетона и расхода арматурной стали. Целесообразно применять такие бетоны в изгибаемых предварительно напряженных

конструкциях, особенно с облегченными сечениями (двутаковыми, тавровыми, пустотелыми и др.) и при повышении класса применяемой арматуры.

2.3. Высокопрочные бетоны рекомендуется использовать для изготовления изделий и конструкций следующих видов: крановых и бескрановых колонн одноэтажных промышленных зданий, колонн нижних и средних этажей многоэтажных каркасных зданий; стропильных конструкций (балок, ферм, плит на "пролет" длиной 18 и 24 м), ребристых плит покрытий размером 3×12 м при нагрузках, превышающих 100 МПа, подкрановых балок двутакового сечения пролетом 6 и 12 м, ригелей, ребристых плит перекрытий; шахтной крепи, опор ЛЭП, тубингов, аэродромных плит, мостовых конструкций, напорных труб и др.

Важнейшая номенклатура типовых и экспериментальных конструкций общественного назначения из высокопрочных бетонов приведена в прил. 1.

3. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ БЕТОНА

Цементы

3.1. Для изготовления высокопрочных бетонов рекомендуется применять портландцементы, портландцементы с минеральными добавками, шлакопортландцементы и их разновидности, соответствующие требованиям [ГОСТ 10178-85](#).

3.2. Требуемую марку цемента для бетонов различных классов по прочности на сжатие следует принимать по табл. 1.

Таблица 1.

Марки цемента для высокопрочных бетонов

Класс бетона	Марка бетона	Рекомендуемые (допускаемые) марки цемента при использовании	
		суперпластификаторов и комплексных добавок на их основе	пластификаторов
B45	600	600, 550, 500 (400)	600, 550 (500)
B50	-	600, 550 (500)	600 (550)
B55	700	600, 550, (500)	(600)
B60	800	600 (550)	-

3.3. Для бетона класса B45, изготовление которого допускается без пластифицирующих добавок, необходимо использовать портландцементы марки 600.

3.4. Цементы для высокопрочных бетонов рекомендуется выбирать с учетом кинетики их твердения при тепловой обработке в соответствии с "Рекомендациями по тепловой обработке тяжелого бетона с учетом активности цемента при пропаривании" (М.: НИИЖБ, 1984). Наиболее предпочтительны цементы, обладающие активностью при пропаривании 32 МПа и более по [ГОСТ 310.4-81](#), которые обеспечивают сокращение топливно-энергетических затрат на тепловлажностную обработку и уменьшение ее длительности.

3.5. Для снижения расхода цемента, улучшения формовочных свойств бетонных смесей и повышения долговечности конструкций рекомендуется применять цементы с минимальным значением нормальной плотности и отсутствием признаков ложного схватывания; нормальная плотность цемента не должна превышать 30 %, а температура цемента должна быть не более 60 °С.

Заполнители

3.6. В качестве мелкого заполнителя следует применять пески, отвечающие требованиям ГОСТ 10268-80. Рекомендуется использовать крупно- и среднезернистые пески, содержащие минимальное количество глинистых и отмучиваемых примесей.

3.7. При обеспечении требуемых характеристик бетонных смесей и бетонов путем введения суперпластификаторов и при соответствующем технико-экономическом обосновании допускается применять мелкие пески с $M_{кр}$ не менее 1,0.

3.8. В качестве крупного заполнителя рекомендуется использовать фракционированный щебень, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 10268-80. Максимальная крупность зерен щебня должна быть не более 1/3 толщины изготавливаемой конструкции и не более 2/3

расстояния между элементами арматурных каркасов и не должна превышать 40 мм.

3.9. Для приготовления высокопрочных бетонов рекомендуется щебень из прочных горных пород (граниты, диабазы, кремнистые известняки и др.), после дробления которых получаются зерна с шероховатой поверхностью. Не рекомендуется использовать в качестве заполнителя гравий, а также щебень с гладкой поверхностью (получаемый при дроблении кварцитов, сиенитов, известняков мраморовидной структуры).

3.10. Исходная горная порода, применяемая для приготовления щебня, должна иметь прочность при сжатии, как правило, не менее 100 МПа. При введении эффективных пластифицирующих добавок, соответствующем снижении V/C и технико-экономическом обосновании допускается использовать менее прочные горные породы с прочностью не ниже 80 МПа.

Вода

3.11. Вода для приготовления бетонной смеси должна отвечать требованиям [ГОСТ 23732-79](#).

Добавки

3.12. Для изготовления высокопрочных бетонов рекомендуются однокомпонентные и комплексные пластифицирующие добавки, перечень которых приведен в табл. 2.

Таблица 2.

Основные пластифицирующие добавки к высокопрочным бетонам

Наименование добавки	Условное обозначение	Стандарт или ТУ на добавки	Ориентировочное количество добавки в расчете на сухое вещество, % массы цемента
Однокомпонентные			
Суперпластификатор - разжижитель	С - 3	ТУ 6-14-625-80 с изм. № 1	0,4-0,8
	МФ - АР 10 - 03	ТУ 6-05-1926-82 ТУ 44-3-505-81	0,4-0,8 0,4-0,8
Лигносультфонаты технические	ЛСТ	ОСТ 13-183-83	0,2-0,3
Упасенная последрождевая барда	УПБ	ОСТ 18-126-83	0,2-0,3
Комплексные			
Суперпластификатор - разжижитель + лигносультфонаты технические	С - 3 + ЛСТ	ТУ 6-14-625-80 и ОСТ 13-183-83	(0,3 - 0,7) + (0,1 - 0,2)
Суперпластификатор-разжижитель + щелочной сток производства капролактама	С - 3 + ЩСПК	ТУ 6-14-625-80 и ТУ 113-03-488-84	(0,3 - 0,7) + (0,1 - 0,2)
Лигносультфонаты технические + щелочной сток производства капролактама	ЛСТ + ЩСПК	ОСТ 13-183-83 и ТУ 113-03-488-84	(0,1 - 0,2) + (0,1 - 0,2)

Примечания: 1. Приведенные данные относятся к бетонам на среднеалюминатных портландцементях (6...9 % C_3A) и портландцементях с добавкой шлака.
2. С увеличением содержания C_3A более 9 % и при переходе к быстротвердеющим цементам количество добавки повышается на 20 % среднего значения, а при уменьшении C_3A менее 6 % - снижается на такую же величину;
3. При использовании портландцементов с активными минеральными добавками количество добавки увеличивается на 15 % среднего значения.

3.13. Пластифицирующие добавки следует вводить в бетонные смеси в следующих целях: для снижения расхода воды и V/C и обеспечения требуемой прочности бетона при использовании цементов наиболее распространенных марок (400...500), а также заполнителей пониженной прочности;

для снижения расхода цемента при сохранении неизменной удобоукладываемости смесей и постоянной прочности бетона, повышения экономичности и улучшения технических характеристик высокопрочных бетонов (усадки, трещиностойкости, длительной прочности и др.), особенно необходимого при использовании материалов с повышенной

водопотребностью (цементов с минеральными добавками, мелких песков);

для увеличения подвижности смесей, позволяющего сократить длительность, трудоемкость и энергоемкость их укладки и уплотнения при формировании густоармированных конструкций и конструкций сложной конфигурации, а также для обеспечения требуемой при укладке подвижности смеси, особенно при повышенной ее температуре без увеличения расхода цемента;

для достижения двух и более из перечисленных целей.

3.14. Применении добавок должны предшествовать испытания свойств бетонных смесей и бетонов в соответствии с требованиями действующих стандартов, технических условий или рабочих чертежей на изделия и конструкции и устанавливающие технико-экономическую целесообразность введения добавок.

3.15. Область применения высокопрочных бетонов с химическими добавками в конструкциях должна соответствовать "Руководству по применению химических добавок в бетоне" (М.: Стройиздат, 1981).

3.16. При использовании добавок следует основываться на ориентировочных данных о сопоставительной эффективности их действия на свойства бетонных смесей и затвердевшего бетона, приведенных в прил. 2.

3.17. Оптимальное количество пластифицирующих добавок следует определять экспериментальным путем в процессе подбора состава бетона. Рекомендуемые ориентировочные их дозировки указаны в табл. 2.

3.18. Для повышения однородности высокоподвижных и литых смесей, а также для снижения расхода цемента при изготовлении высокопрочных бетонов рекомендуется использовать дисперсные минеральные добавки (золы ТЭС по [ГОСТ 25818-83](#), гранулированные доменные и электротермофосфорные шлаки по [ГОСТ 3476-74](#)), ориентировочное количество которых следует принимать 20...25 % массы песка и уточнять экспериментальным путем. Наиболее предпочтительны золы сухого отбора от сжигания каменных углей, содержащих незначительное количество несгоревшего топлива и характеризующиеся низкой водопотребностью и высокой гидравлической активностью.

3.19. Для улучшения физико-механических свойств бетона и повышения коррозионной стойкости стальной арматуры можно использовать химические добавки других видов, включающие пластифицирующий компонент, а также минеральные добавки после предварительной проверки свойств бетонных смесей и бетонов и технико-экономического обоснования целесообразности их применения.

4. ПОДБОР СОСТАВА ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА

4.1. Состав высокопрочного бетона следует подбирать в соответствии с [ГОСТ 27006-86](#). Процедура подбора должна включать оценку качества исходных материалов, назначение среднего уровня прочности бетона, расчет состава бетона для опытных замесов и их приготовление, испытание контрольных образцов, корректировку первоначально принятых расходов компонентов и проверку рабочего состава бетона в производственных условиях.

4.2. Средний уровень прочности бетона (R_y) следует назначать по ГОСТ 18105.1-86 для условий действующего технологического комплекса и по значению партионного коэффициента вариации прочности бетона 13,5 %, для вновь вводимого технологического комплекса.

4.3. Состав бетона для опытных замесов рекомендуется рассчитывать методом абсолютных объемов в соответствии с "Руководством по подбору составов тяжелого бетона" (М.: Стройиздат, 1979). При этом необходимо учитывать отличительные характеристики высокопрочных бетонов: пониженное B/C ($< 0,4$) и высокий расход цемента (более 400...450 кг/м³); повышенную водопотребность смеси; уменьшенное количество песка в смеси заполнителей, которое снижается при возрастании марки бетона.

4.4. При подборе состава бетона необходимо максимально (по условиям получения удобоукладываемой смеси) уменьшать расход цемента путем введения различных

пластифицирующих добавок, что позволит не только обеспечить большую экономичность бетона, но и снизить его усадку и ползучесть, повысить трещиностойкость, а также улучшить другие свойства бетона и конструкций на его основе.

Максимальное количество цемента в высокопрочных бетонах не должно превышать 600 кг/м³.

4.5. В общем случае количество материалов для опытных замесов рекомендуется рассчитывать в следующем порядке:

с учетом усредненных или фактических данных о водопотребности бетонных смесей на конкретных сырьевых материалах в зависимости от крупности песка и щебня и других факторов (см. прил. 2) определить ориентировочный расход воды, требуемый для обеспечения заданной удобоукладываемости бетонной смеси;

по табл. 2 назначить исходное количество пластифицирующей добавки и 2...4 ее дозировки, отличающиеся в меньшую и большую стороны соответственно на 0,2...0,4 % для суперпластификаторов и 0,05...0,1 % для пластификаторов;

исходя из прил. 2, ориентировочно уменьшить количество воды затворения и расход цемента или увеличить подвижность смеси путем введения добавок;

принять три значения Ц/В и при установленном количестве воды затворения подсчитать соответствующие расходы цемента. Значения Ц/В рекомендуется принимать 2,5...3,5. При назначении Ц/В и использовании добавок, обладающих воздухововлекающим действием (ЛСТ, ЩСПК), следует учитывать снижение прочности бетона, составляющее 4...5 % на 1 % вовлеченного воздуха;

рассчитать расходы песка и щебня, используя ориентировочные данные о рекомендуемой доле песка в смеси заполнителей в зависимости от расхода цемента и крупности песка и щебня (табл. 6) или задаваясь предварительно коэффициентом раздвижки зерен щебня в бетонной смеси (табл. 7).

4.6. При подсчете количества заполнителей и использовании добавок, обладающих воздухововлекающим действием, необходимо уменьшать объем заполнителей на величину объема воздуха, вовлеченного в бетонную смесь.

Ориентировочное количество вовлекаемого воздуха для добавок ЛСТ и ЩСПК следует принимать 0,5...0,8 % на 0,1 % введенной добавки, а для суперпластификаторов оно незначительно по сравнению с бездобавочной бетонной смесью и в расчетах может не учитываться.

4.7. После расчета расходов материалов следует приготовить опытные замесы, определить удобоукладываемость бетонной смеси, а также другие предусмотренные проектно-технологической документацией показатели качества смеси.

При несоответствии фактической удобоукладываемости смеси требуемой необходимо корректировать ее состав добавлением 5...10 % начального содержания цемента и воды (при недостаточной удобоукладываемости) или добавлением 5... 10 % заполнителей, взятых в заданном соотношении (при повышенной удобоукладываемости).

4.8. При использовании высокоподвижных и литых смесей следует определить их расслаиваемость по [ГОСТ 10181.4-81](#). При склонности бетонной смеси к расслаиванию необходимо дополнительно увеличить долю песка в смеси заполнителей или заменить 10...20 % песка дисперсной минеральной добавкой (шлаком, золой).

4.9. После приготовления опытных замесов нужно определить среднюю плотность бетонной смеси в уплотненном состоянии в соответствии с требованиями [ГОСТ 10181.2-81](#) и по полученным данным рассчитать фактический расход материалов на 1 м³ бетона (см. прил. 3).

4.10. Контрольные образцы рекомендуется изготавливать из смесей с различными Ц/В и расходами пластифицирующей добавки, которые подвергают тепловлажностной обработке по режиму, установленному с учетом табл. 3 и указанному в проектно-технологической документации на изделия и конструкции. Затем следует определить прочность изготовленных образцов в заданном возрасте и другие нормируемые показатели качества

бетона.

При введении в бетон добавки ЛСТ (особенно в повышенных количествах по сравнению с указанными в табл. 2) рекомендуется увеличить время предварительного выдерживания бетона перед тепловлажностной обработкой.

4.11. По результатам испытаний контрольных образцов необходимо построить графики зависимостей прочности и других свойств бетона от C/B , расхода пластифицирующей добавки и других варьируемых факторов, по которым определяют требуемое значение C/B и наиболее экономичный состав. Примеры расчета и корректировки состава высокопрочного бетона даны в прил. 3.

Таблица 3.

Кинетика твердения высокопрочных бетонов при пропаривании и последующем выдерживании

Класс бетона	Температура изотермического прогрева, °С	Режим пропаривания, ч	Прочность пропаренного бетона, % проектной, после ТВО через, ч			
			0,5	4	12	24
В45	80	1+2+3+1	59-65	63-68	64-70	65-71
		2+3+3+1	66-72	69-75	71-76	72-77
		2+3+4+2	70-76	73-78	74-80	75-81
		2+3+6+2	74-79	76-81	79-82	80-83
В45	60	2+2+5+2	56-60	60-64	63-67	65-69
		2+2+7+2	59-62	63-65	66-68	67-69
		2+2+12+2	64-69	67-71	69-72	70-73
В45	40	2+1+9+1	45-48	51-54	58-61	59-62
		2+1+14+1	52-57	56-61	60-65	61-66
		2+1+20+1	60-67	64-70	67-74	68-75
В50-В55	80	1+2+3+1	63-70	66-73	68-75	69-76
		2+3+3+1	69-75	72-77	73-79	75-80
		2+3+4+2	73-79	75-81	77-82	78-83
В50-В55	60	2+2+5+2	60-64	64-68	67-71	69-73
		2+2+7+2	63-66	66-69	70-72	71-74
		2+2+12+2	68-73	70-75	73-76	74-77
В50-В55	40	2+1+9+1	48-52	54-58	61-65	63-67
		2+1+14+1	55-60	59-64	63-68	65-69
		2+1+20+1	65-70	68-73	72-76	73-78
В60	80	1+2+3+1	67-74	70-76	72-78	73-79
		2+3+3+1	75-79	79-81	77-82	78-83
		2+3+4+2	77-82	79-83	80-84	81-85
В60	60	2+2+5+2	64-68	68-71	71-74	73-76
		2+2+7+2	67-70	70-73	73-75	75-77
В60	40	2+1+9+1	51-57	57-63	64-71	66-73
		2+1+14+1	59-64	62-68	67-72	68-74

Примечание. Приведенные данные получены на бетонах, изготовленных из смесей с $OK = 1...4$ см на основе портландцементов и портландцементов с минеральными добавками марок 500...600 средней эффективности при пропаривании.

5. ПРИГОТОВЛЕНИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ДОБАВОК И БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

5.1. Растворы добавок следует готовить в ёмкостях путем растворения твердых, пастообразных или жидких веществ в заданном количестве воды и последующего их разбавления водой до получения требуемой концентрации.

Количество твердого вещества, необходимого для получения растворов различной концентрации, и показатели плотности растворов приведены в прил. 4.

5.2. Во избежание значительного ценообразования и дополнительного воздухоовлечения в бетонную смесь, растворы добавок необходимо перемешивать с небольшой скоростью при погруженных в раствор лопастях смесителя.

5.3. Рекомендуется использовать растворы добавок концентрации 5...15 %. При этом, как правило, их следует предварительно смешивать в дозаторе с необходимым количеством воды, требуемым для приготовления смеси.

5.4. Количество воды затворения, вводимой в бетонную смесь, нужно уменьшить на количество воды, содержащейся в растворе добавки, которое определяют по формуле

$$B = \frac{D \cdot (100 - C)}{C}, \text{ л,}$$

где D - количество добавки, вводимой в бетонную смесь в расчете на сухое вещество, кг; C - концентрация водного раствора добавки, %.

5.5. При использовании комплексных добавок следует применять, как правило, отдельные установки для приготовления и дозирования водных растворов каждого из компонентов.

Компоненты комплексной добавки необходимо смешивать перед подачей ее в бетоносмеситель в дозаторе воды.

5.6. Допускается заблаговременно приготовить совместимые в одном растворе комплексные добавки. В этом случае приготовление и дозирование добавок можно осуществлять с помощью одной установки и одного дозатора; сроки хранения добавок на основе суперпластификаторов ЛСТ и ЩСПК не должны превышать 3 сут.

5.7. Компоненты следует дозировать по массе с точностью +2 % для цемента, воды и растворов добавок и +3 % для мелких и крупных заполнителей. Дозировать растворы, особенно при повышенной их концентрации, целесообразно специальными жидкостными дозаторами, в качестве которых рекомендуются дозаторы Киевского объединения "Веда" 6145-АД-30 ГБЖ (0,5...30 кг) или 4ДПС-15 (1...15 кг).

5.8. Для улучшения качества перемешивания и повышения однородности бетонных смесей, особенно жестких, рекомендуется вводить цемент в две стадии. На первой следует загрузить заполнители, примерно 50 % всего требуемого количества цемента и 60...70 % воды затворения, перемешать их в течение 1...1,5 мин, а затем добавить оставшееся количество воды и цемента и дополнительно перемешать бетонную смесь в течение 2...2,5 мин.

5.9. Для получения наибольшего пластифицирующего эффекта, а также при использовании добавок, обладающих способностью к воздухоовлечению, рекомендуется вводить их в бетонную смесь на второй стадии.

5.10. Общая длительность перемешивания должна составлять не менее 3 мин и уточняться экспериментально с учетом требований, предъявляемых к бетонной смеси по удобоукладываемости, однородности, содержанию вовлеченного воздуха и другим показателям.

5.11. Для уменьшения расхода цемента, снижения вязкости бетонной смеси и энергоемкости ее приготовления, а также для замедления потери ее подвижности рекомендуется ограничивать температуру смеси 30 °С.

5.12. Из-за быстрой потери подвижности и возрастания жесткости смесей для высокопрочных бетонов, особенно при их повышенной температуре и низкой начальной подвижности, время после перемешивания до укладки смесей рекомендуется ограничивать, как правило, 30 мин.

5.13. При транспортировании бетонных смесей, преимущественно высокоподвижных и литых, необходимо предусматривать мероприятия по предотвращению их расплыва и утечки из транспортных средств.

5.14. Высота падения смесей при выгрузке из смесителя в транспортные средства и при укладке их в формы не должна превышать 1,5 м, при большей высоте падения необходимо устанавливать инвентарные лотки, хоботы, перегрузочные средства для предотвращения расслоения смесей.

6. УКЛАДКА И УПЛОТНЕНИЕ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

6.1. Способы формирования изделий и конструкций из высокопрочных бетонов и соответствующую им удобоукладываемость бетонных смесей следует принимать в зависимости от вида конструкций, степени их армирования и применяемой технологии изготовления в соответствии с положениями "Руководства по формированию предварительно напряженных железобетонных конструкций" (М.: Стройиздат, 1975), "Пособия по технологии формирования железобетонных изделий" (к [СНиП 3.09.01-85](#)) (М.: Стройиздат, 1987) и [СНиП 3.09.01-85](#).

6.2. Уплотнять смеси для высокопрочных бетонов рекомендуется преимущественно вибрационными методами, а также центрифугированием. При этом из-за высокой вязкости умеренно-жестких и жестких смесей продолжительность их вибрирования должна в 6...8 раз превышать показатель жесткости и обеспечивать коэффициент уплотнения смесей не менее 0,98.

6.3. При формировании изделий, особенно крупногабаритных, необходимо учитывать возможность быстрого загустевания смесей и обеспечивать соответствие их удобоукладываемости принятому способу и режиму уплотнения на протяжении всего периода формирования.

6.4. Укладывать и уплотнять смеси для конструкций с высотой сечения более 30 см следует послойно; перерывы в бетонировании не допускаются.

6.5. Для повышения эффективности уплотнения бетонных смесей и снижения его энергоемкости целесообразно использовать виброустройства, передающие вибрационные воздействия непосредственно смеси и не вовлекающие в вибрацию формы. Шаг перестановки глубинных вибраторов не должен превышать 1,5-радиуса их действия.

6.6. При использовании высокоподвижных смесей необходимо предупреждать их расслоение и водоотделение в процессе укладки и уплотнения, равномерно распределяя смесь по площади формы бетоноукладчиками и другими средствами, а также ограничивая продолжительность и интенсивность вибрирования.

6.7. Литые бетонные смеси следует укладывать в формы, как правило, без вибрационного уплотнения. Для обеспечения плотности их укладки в местах расположения закладных деталей и на густоармированных участках арматурных каркасов рекомендуется использовать вибрирование кратковременными импульсами продолжительностью по 2...5 с. с паузами между ними.

6.8. Конструкции формы, а также транспортных средств для литых смесей должны исключать потерю цементного теста и растворной составляющей.

6.9. При укладке литых бетонных смесей в конструкции с наклонной поверхностью, последующем транспортировании и установке форм в тепловые агрегаты уклон открытой поверхности свежесложенного бетона не должен превышать 3 % для обеспечения правильной формы и соблюдения геометрических размеров изделий и конструкций.

6.10. С учетом повышенной адгезии бетонных смесей для высокопрочных бетонов на формы следует наносить качественные смазочные материалы (обратно-эмульсионную смазку ОЭ-2, парафино-вазелиновую и др.).

7. ТЕПЛОВЛАЖНОСТНАЯ ОБРАБОТКА БЕТОНА

7.1. Тепловлажностную обработку изделий и конструкций из высокопрочных бетонов следует осуществлять в ямных и туннельных камерах, на стендах, в термоформах и других тепловых агрегатах в зависимости от применяемой технологии изготовления изделий, их конструктивных особенностей и других факторов.

Основным видом тепловлажностной обработки высокопрочных бетонов является

пропаривание по различным режимам.

7.2. Благодаря ускоренному темпу твердения высокопрочных бетонов рекомендуются режимы пропаривания с сокращенной длительностью изотермического прогрева и предварительной выдержки и с увеличенной скоростью подъема температуры.

7.3. При назначении режима пропаривания следует исходить из усредненных данных по кинетике твердения высокопрочных бетонов различных классов в процессе пропаривания (см. табл. 3).

В конкретных производственных условиях режим тепловлажностной обработки следует уточнять экспериментально в зависимости от состава и активности используемого цемента, вида и количества пластифицирующей добавки, класса бетона, подвижности бетонной смеси, модуля поверхности изделий, требуемой отпускной или передаточной прочности и других факторов.

7.4. Изотермический прогрев высокопрочных бетонов рекомендуется осуществлять при 60...80 °С, что обеспечивает оборачиваемость тепловых агрегатов 2...2,5 раза в сутки в условиях прогрева при 80 °С и 1...2 раза в сутки при 60 °С в зависимости от класса бетона; для бетона на шлакопортландцементах допускается повышать температуру прогрева до 80...90 °С.

7.5. При соответствующем технико-экономическом обосновании можно снизить температуру изотермического прогрева до 40 °С с целью экономии топливно-энергетических затрат на изготовление изделий, а также повышения качества бетона за счет уменьшения нарушений структуры в период подъема температуры. При этом следует учитывать увеличенную длительность пропаривания и ограниченную оборачиваемость тепловых агрегатов и форм (не более 1 раза в сутки).

7.6. Длительность пропаривания изделий рекомендуется назначать с учетом последующего роста прочности бетона в течение 24 ч после тепловлажностной обработки, составляющего 3...14 % при 60...80 °С и увеличивающегося по мере снижения температуры и длительности изотермического прогрева, а также класса бетона.

7.7. С учетом повышенной экзотермии высокопрочных бетонов при надежной теплоизоляции тепловых агрегатов целесообразно использовать термосные режимы тепловлажностной обработки, включающие подъем температуры до 60...80 °С в течение 2...2,5 ч и последующее выдерживание изделий без подачи пара или с ограниченной ее продолжительностью.

Длительность выдерживания изделий следует назначать опытным путем в зависимости от вида теплового агрегата, качества его теплоизоляции, массивности изготавливаемых изделий и конструкций, свойств используемого цемента и класса бетона.

7.8. При обработке изделий в термоформах необходимо осуществлять тщательную влаго- и теплоизоляцию поверхности бетона. Запрещается прогревать изделия с неукрытой поверхностью во избежание растрескивания поверхностного слоя, ухудшения качества бетона и непроизводительных потерь тепла.

7.9. При использовании повышенных дозировок ЛСТ, особенно при одновременном повышении подвижности бетонных смесей, необходимо снижать структурные нарушения бетона при тепловлажностной обработке путем удлинения предварительной выдержки на 1...3 ч по сравнению с приведенной в табл. 3, снижения скорости подъема температуры от среднего значения 20...30 до 10...15 °С/ч, а также применения режимов с постоянно возрастающей скоростью подъема или со ступенчатым подъемом температуры.

7.10. Температурный перепад между поверхностью изделий и окружающей средой на стадии их охлаждения и при выемке из теплового агрегата не должен превышать 30 °С. Для уменьшений тепло- и влаго-обмена бетона с окружающей средой (особенно при пониженной относительной влажности воздуха), снижения возникающих напряжений и обеспечения дальнейшего роста прочности бетона рекомендуется укрывать изделия после пропаривания брезентом, пленкой или другими покрытиями.

7.11. Тепловлажностную обработку предварительно напряженных конструкций

необходимо осуществлять в соответствии с дополнительными требованиями, изложенными в "Руководстве по тепловой обработке бетонных и железобетонных изделий" (М.: Стройиздат, 1974) и требованиями [СНиП 3.09.01-85](#).

8. КОНТРОЛЬ ЗА ПРОИЗВОДСТВОМ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

8.1. При изготовлении изделий и конструкций из высокопрочного бетона необходимо тщательно контролировать качество исходных материалов, проводить пооперационный контроль за всеми технологическими процессами приготовления, транспортирования, уплотнения бетонной смеси, режимами твердения бетона и выходной контроль качества бетона и конструкций, обеспечивающий отгрузку потребителям только кондиционных изделий и конструкций.

8.2. При контроле за приготовлением растворов добавок необходимо систематически проверять их плотность ареометрами с точностью $\pm 0,01$ г/см³.

Определение плотности и расходование растворов нужно производить после предварительного тщательного их перемешивания, особенно при использовании комплексных добавок.

8.3. При хранении растворов добавок более гарантийного срока, а также при их замораживании необходимо разогреть и тщательно перемешать их, а перед использованием добавок в производственных замесах предварительно проверить свойства бетонных смесей и бетонов на их основе.

Растворы добавок следует хранить при температуре не выше +30 °С в герметично закрытой таре, защищенной от воздействия солнечных лучей.

8.4. При контроле за укладкой и уплотнением бетонных смесей следует обеспечивать строгое соответствие удобоукладываемости смеси проектным требованиям на протяжении всего периода формирования изделий

Удобоукладываемость необходимо определять на формовочном посту не реже 1 раза в смену. При использовании высокоподвижных и литых смесей следует контролировать их расслаиваемость по [ГОСТ 10181.4-81](#).

8.5. Контроль за тепловлажностной обработкой необходимо производить в соответствии с "Руководством по тепловой обработке бетонных и железобетонных изделий" (М.: Стройиздат, 1974).

8.6. Выходной контроль и оценку качества бетона следует осуществлять по действующим стандартам, в том числе прочности - по [ГОСТ 10180-78](#), [ГОСТ 17624-78](#), ГОСТ 21243-75, [ГОСТ 18105-86](#); морозостойкости - по [ГОСТ 10060-86](#), водонепроницаемости - по [ГОСТ 12730.5-84](#), водопоглощения - по [ГОСТ 12730.3-78](#).

8.7. Металлические формы для образцов должны соответствовать требованиям [ГОСТ 22685-77](#). Неплоскостность опорных граней контрольных образцов, неточная установка и неплотное примыкание их опорных граней к плитам прессы при испытании на сжатие могут существенно снизить прочность высокопрочных бетонов на 1...2 класса.

8.8. Изделия и конструкции из высокопрочных бетонов должны соответствовать требованиям [ГОСТ 13015.0-83](#).

Приемку изделий и конструкций следует осуществлять по [ГОСТ 13015.1-81](#), а маркировку - по [ГОСТ 13015.2-81](#).

На изделия и конструкции, поставляемые потребителю, должен быть выдан документ об их качестве в соответствии с [ГОСТ 13015.3-81](#).

9. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

9.1. При изготовлении изделий из высокопрочных бетонов следует соблюдать требования [СНиП III-4-80](#).

9.2. Растворы добавок необходимо готовить в специальных помещениях, оборудованных приточно-вытяжной вентиляцией. Следует учитывать, что суперпластификаторы относятся к умеренно-опасным веществам, их пары и взвешенные в

воздухе частицы сухого вещества раздражающе действуют на слизистую оболочку и незащищенную кожу. Добавка ЩСПК также относится к умеренно-токсичным веществам; при работе с ней предельно допустимая концентрация в воздухе производственных помещений циклогексанона и циклогексанола не должна превышать 10 мг/м³. Запрещается принимать пищу в помещениях, предназначенных для хранения и приготовления добавки.

9.3. Перед допуском к работе обслуживающий персонал должен пройти соответствующий инструктаж по технике безопасности.

Специалисты, занятые приготовлением растворов, должны работать в спецодежде из водоотталкивающей ткани, защитных очках, резиновых сапогах и перчатках; защитная одежда должна удовлетворять требованиям действующих стандартов.

Не следует допускать к приготовлению растворов лиц с поврежденным кожным покровом (ссадинами, ожогами, царапинами) и лиц, не достигших 18-летнего возраста.

9.4. При попадании растворов на кожу необходимо смыть их теплой водой, а при попадании в глаза - промыть слабым раствором борной кислоты и немедленно обратиться за медицинской помощью.

9.5. При испытании конструкций по [ГОСТ 8829-85](#) в связи с хрупким разрушением высокопрочного бетона при достижении в нем предельных напряжений необходимо принимать меры предосторожности от несчастных случаев. Для этого следует применять специальные страховочные элементы и ограждать испытываемую конструкцию сетками.

Приложение 1

РЕКОМЕНДУЕМАЯ НОМЕНКЛАТУРА КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ

Таблица 4

Конструкции	Разработчик, серия или шифр рабочих чертежей	Распространитель
1	2	3
Фермы стропильные раскосные сегментного очертания предварительно напряженные пролетом 18 и 24 м одноэтажных зданий со скатной кровлей	ЦНИИПромзданий совместно с Киевским Промстройпроектом при участии НИИЖБ и НИИСК серия ПК-01-129/78, вып. 2-1; 4-1	ЦИТП
Железобетонные конструкции для покрытия производственных зданий с малоуклонной кровлей. Стропильные полигональные фермы пролетом 18 и 24 м	Промстройпроект при участии НИИЖБ и НИИСК, шифр 4310-Т-85	Промстройпроект
Железобетонные конструкции для покрытий производственных зданий с малоуклонной кровлей. Подстропильные фермы пролетом 12 м	Промстройпроект при участии НИИЖБ и НИИСК шифр 4311-Т-85	Промстройпроект
Стропильные безраскосные фермы усовершенствованной конструкции	ПИ-1 серия 1.463.1-3/80	ПИ-1
Железобетонные предварительно напряженные подстропильные фермы пролетом 12 м из бетона класса В45 для покрытий зданий со скатной кровлей	Промстройпроект серия ПК-01-110/81	ЦИТП
То же	ПИ-1 серия 1.463.1-4/83	ЦИТП
Железобетонные предварительно напряженные балки с параллельными поясами пролетом 12 м из бетона класса В45 для покрытий зданий с плоской и скатной кровлей	Промстройпроект серия 1.462.1-1/81	ЦИТП
Железобетонные стропильные решетчатые балки пролетами 12 и 18 м	ПИ-1 при участии НИИЖБ и НИИСК серия 1.462.1-3/80	ЦИТП
Железобетонные предварительно напряженные стропильные балки двутаврового сечения пролетом 12 и 18 м из бетона класса до В45 включительно (в опалубке серии ПК-01-06)	Промстройпроект, КТБ НИИЖБ, шифры 2021-123; 2021-129; 2021-136; 2021-137	Промстройпроект, КТБ НИИЖБ
Железобетонные двутавровые балки пролетом 18 м для малоуклонных покрытий промышленных зданий	ЦНИИПромзданий, НИИЖБ серия 1.462.1-16	ЦНИИПромзданий
Железобетонные предварительно напряженные	Ленинградский Промстройпроект	ЦИТП

подкрановые балки пролетом 6 и 12 м из бетона класса В45 под мостовые электрические краны общего назначения грузоподъемностью до 32 т	при участии НИИЖБ и НИИСК серия 1.462.1-4	
Сборные железобетонные предварительно напряженные плиты размером 3×12 м для покрытия производственных зданий из бетона класса В45	ЦНИИПромзданий при участии НИИЖБ и НИИСК серия 1.465-1-3/80 вып.2 и 6	ЦИТП
Большепролетные плиты-оболочки КЖС пролетом 18 м для бесфонарных покрытий в неагрессивных и агрессивных средах из бетона класса В45, в том числе для покрытий со светоаэрационными и защитными фонарями	ПИ-1, НИИЖБ серия 1.465.1-14	ЦИТП
То же, пролетом 24 м	ПИ-1, НИИЖБ Рекомендованы Госстроем СССР для применения на уровне типовых	ПИ-1
Плиты железобетонные типа "П" размером 3×18 м для малоуклонных покрытий одноэтажных зданий	ЦНИИПромзданий серия 1.465.1-18	ЦИТП
Промышленных предприятий из бетона класса В45	ПИ-1 серия 1.465.1-15	ЦИТП
Фермы подстропильные железобетонные пролетом 12 м с провисающим нижним поясом для зданий с покрытием из плит длиной "на пролет"	ПИ-1 серия 1.400-14	ЦИТП
Железобетонные центрифугированные стойки кольцевого сечения из бетона класса В45	ЦНИИПромзданий шифр 1152-77 вып. 0-18	ЦНИИПромзданий
Унифицированные здания (секции) без опорных мостовых кранов с каркасами из высокопрочного железобетона с легкими ограждающими конструкциями	Промстройпроект шифр 4021-Э-83	Промстройпроект
Железобетонные основные и фахверковые колонны из бетона класса В55 с напрягаемой и ненапрягаемой арматурой для одноэтажных производственных зданий без мостовых кранов двутаврового и швеллерного сечения	ЦНИИПромзданий шифр 26-79	ЦНИИПромзданий
Железобетонные основные и фахверковые колонны из бетона класса В55 с ненапрягаемой и напрягаемой арматурой	ЦНИИЭП ТБЗ и ТК серия ИИ-04-2 вып. 22	ЦИТП
Колонны каркасов многоэтажных общественных и производственных зданий из бетона классов В45...В60	ТбилЗНИИЭП серия ИИС-04	ЦИТП
Колонны многоэтажных зданий до 16 этажей для строительства в сейсмических условиях	ЦНИИЭП ТБЗ и ТК	ЦИТП
Конструкции каркаса межвидового применения для многоэтажных производственных, административно-бытовых, общественных и вспомогательных зданий.	ЦНИИПромзданий серия 1.020-1 (на основе серии ИИ-04)	
Колонны из бетона классов В45...В60 для каркасов межвидового применения многоэтажных общественных и производственных зданий	ЦНИИПромзданий серия 1.429-12 (на основе серии ИИ-20)	ЦИТП
Конструкции каркаса многоэтажных производственных зданий. Колонны каркасов многоэтажных производственных зданий из бетона класса В45	ПИ-1, НИИЖБ, НИИСК серия 1.463.1-3/80	ЦИТП
Фермы стропильные железобетонные безраскосные пролетом 18 и 24 м с малоуклонной и скатной кровлей	ПИ-1 серия 1.463.1-4/80	ЦИТП
Фермы подстропильные железобетонные безраскосные пролетом 12 м для одноэтажных зданий с малоуклонной кровлей		
Железобетонные двутавровые балки пролетом 24 м для малоуклонных покрытий промзданий	ЦНИИПромзданий шифр 2188-79	ЦНИИПромзданий

Приложение 2

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПОДБОРА СОСТАВА ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ

Таблица 5.

Водопотребность бетонных смесей на основе среднезернистых песков ($M_k = 2$) и цементов с

нормальной густотой цементного теста 26...28 %

Удобоукладываемость смеси по ГОСТ 10181.1-81		Расход воды, л/м ³ , при максимальной крупности зерен щебня,		
		мм		
		10	20	40
Ж, с	11-15	185	170	155
	6-10	195	180	165
	3-5	205	190	175
О.К, см	1-3	205	190	175
	4-6	215	200	185
	7-9	225	210	195
	10-12	235	220	205

- Примечания:
1. При увеличении или снижении расхода цемента на 100 кг/м³ расход воды соответственно повышается или уменьшается на 10 л/м³ среднего значения, принятого в опытных замесах.
 2. При уменьшении или увеличении модуля крупности песка на 0,5 расход воды соответственно повышается или снижается на 3...5 л/м³.
 3. При увеличении или снижении нормальной густоты цементного теста на 1 % расход воды соответственно возрастает или уменьшается на 3...5 л/м³.

Таблица 6.

Доля песка в смеси заполнителей для умеренно-подвижных смесей (О.К. = 1...4 см)

Крупность щебня, мм	Модуль крупности песка	Доля песка в смеси заполнителей при расходе цемента, кг/м ³		
		400	500	600
1	2	3	4	5
5-40	3,0	0,32	0,29	0,25
	2,0	0,31	0,28	0,24
	1,0	0,30	0,27	0,23
5-20	3,0	0,33	0,30	0,26
	2,0	0,32	0,29	0,25
	1,0	0,31	0,28	0,24
5-10	3,0	0,34	0,31	0,27
	2,0	0,33	0,30	0,26
	1,0	0,32	0,29	0,25

- Примечание. При использовании высокоподвижных и литых бетонных смесей долю песка в смеси заполнителей рекомендуется повысить на 0,03...0,05.

Таблица 7.

Коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя

Расход цемента, кг/м ³	Коэффициент раздвижки α при В/Ц	
	0,3	0,4
400	1,31	1,40
500	1,44	1,52
600	1,52	1,56

- Примечание.
1. Значения α приведены для умеренно-подвижных бетонных смесей приготовленных на песках средней крупности ($M_k = 2$) с водопотребностью 6...8 %. При переходе к мелким или крупным пескам и изменении их водопотребности коэффициент α соответственно или увеличивают на 0,03 на 1 % изменения водопотребности песка.
 2. Для жестких смесей при расходе цемента более 400 кг/м³ коэффициент α назначают не менее 1,1.

Таблица 8.

Содержание фракций в крупном заполнителе

Наибольшая крупность щебня, мм	Содержание фракций в крупном заполнителе, %, при размере зерен, мм		
	5-10	10-20	20-40
10	100	-	-
20	25-40	60-75	-

Примечание. Оптимальный зерновой состав крупного заполнителя целесообразно уточнять опытным путем по наибольшей средней насыпной плотности смеси заполнителей.

Таблица 9.

Эффективность пластифицирующих добавок

Наименование добавок	Уменьшение расхода воды и цемента, %, при изготовлении бетона классов				Среднее повышение прочности пропаренного бетона с добавкой при снижении V/C , %	Увеличение подвижности смеси с добавкой, см, при исходной подвижности без добавочной смеси 2...4 см
	B40	B45	B50	B55-B60		
С-3, МФ-АР, 10-03, С-3+ЛСТ; С-3-ШСПК	16-18	18-20	20-22	22-24	35-50	16
ЛСТ, УПБ	7-8	8-9	9-10	10-11	10-15	6-8
ЛСТ+ШСПК	9-10	10-11	11-12	12-13	15-20	8-10

Примечания: 1. Приведенные данные относятся к бетонам, приготовленным из умеренно-подвижных смесей на основе средне-алюминатных цементов (6...9 % C_3A).
2. Эффективность добавок возрастает при уменьшении содержания C_3A в цементе и увеличении подвижности бетонных смесей.

Приложение 3

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА И КОРРЕКТИРОВКИ СОСТАВА ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ

Пример 1. Подбор состава высокопрочного бетона осуществляется для условий действующего технологического комплекса. При этом средний партионный коэффициент вариации отпускной прочности бетона при принятой на производстве норме контроля - две серии контрольных образцов от каждой партии изделий - составляет 10 %, а межпартионный коэффициент вариации - 7 %. Требуется подобрать состав бетона класса В45 для колонн при следующих условиях: подвижность бетонной смеси $O.K.$ = 4...5 см; исходные материалы - среднеалюминатный портландцемент марки 500 с нормальной плотностью 26 %, $\rho_c = 3,1$ г/см³, песок с $M_k = 2$ и $\rho_n = 2,63$ г/см³, гранитный щебень с наибольшей крупностью 20 мм, $\rho_{щ} = 2,6$ г/см³, $\rho_{нщ} = 1,4$ г/см³, пустотность щебня 46 %. Соотношение фракций заполнителя 5...10 и 10...20 мм 1:2. Режим пропаривания изделий 2+3+4+2 ч при температуре изотермического прогрева 80 °С; отпускная прочность бетона 70 % проектной. В качестве пластифицирующей добавки используется суперпластификатор С-3 в виде водного раствора 15 %-ной концентрации.

Подбирать состав бетона необходимо в следующем порядке.

Предварительно определяем средний уровень прочности (R_y). В соответствии с ГОСТ 18105.1-86 коэффициент требуемой прочности бетона (K_m), при партионном коэффициенте вариации 10 % к существующей норме контроля (две серии контрольных образцов) составляет 97 %.

$$R^m = \frac{K_m}{100} \cdot R_{норм},$$

где $R_{норм}$ - нормируемая отпускная прочность бетона.

$$R^m = \frac{97}{100} \cdot 600 \cdot 0,7 = 41,5 \text{ Мпа.}$$

В соответствии с прил.1 к ГОСТ 18105.1-86 средний уровень прочности (R_y) определяем по формуле

$$R_y = R_m \cdot K_{mn},$$

где K_{mn} - коэффициент, учитывающий межпартионную вариацию прочности бетона, равный

1,1.

Тогда $R_y^{omn} = 41,5 \cdot 1,10 = 45,7$ МПа.

$$R_y^{28} = \frac{45,7}{0,7} = 65,3 \text{ МПа.}$$

Осуществляем расчет составов бетона для приготовления опытных замесов:

1. По табл. 5 определяем ориентировочный расход воды затворения для среднезернистого песка - 200 л/м³.

2. В соответствии с п. 4.5 принимаем значения B/C , равные 2,5; 3,0 и 3,5 (табл. 10).

3. По табл. 2 принимаем расход суперпластификатора 0,6 % массы цемента, а по табл. 9 - уменьшение расхода воды 20 %.

Расход воды для замеса 2 ($C/B = 3,0$) составит 160 л/м³, а для замесов 1 и 3 с учетом изменения водопотребности смеси в зависимости от расхода цемента (примеч. 1 к табл. 5) - соответственно 168 и 152 л/м³.

Наряду с расходом суперпластификатора 0,6 % по массе принимаем еще два значения - 0,35 и 0,85 %, а соответствующее им ориентировочное уменьшение расхода воды - 15 и 25 % исходного водосодержания. Дальнейшие расчеты исходных составов бетонов осуществляем на примере одной серии (для дозировки суперпластификатора 0,6 % массы цемента); в общем случае подобная процедура выполняется для составов не менее, чем трех серии.

4. Определяем расход цемента и других составляющих на примере замеса 1

$$C_1 = B_1 (C/B)_1 = 168 \cdot 3,5 = 588 \text{ кг/м}^3.$$

5. Пользуясь табл. 7, устанавливаем коэффициент раздвижки зерен щебня α принятые значения α приведены в табл. 11.

6. Определяем расход щебня по формуле

$$Щ = \frac{1000}{\frac{\alpha \cdot V_n}{\rho_{нщ}} + \frac{1}{\rho_{щ}}},$$

где V_n - пустотность щебня (в долях объема); $\rho_{нщ}$ - средняя насыпная плотность щебня, кг/л;
Для состава 1

$$Щ_1 = \frac{1000}{\frac{0,46 \cdot 1,50}{1,4} + \frac{1}{2,6}} = 1140 \text{ кг/м}^3$$

Таблица 10.

Составы бетонов с добавкой С-3 (к примеру 1)

№ состава (замеса)	Расход материалов кг/м ³					C/B	Коэффициент раздвижки, α	Количество С-3, % массы цемента	О.К., см	Средняя плотность бетонной смеси, кг/м ³	Прочность пропаренного бетона при сжатии, МПа, через	
	цемента	воды	песка	щебня	С-3 в расчете на сухое вещество						4 ч	28 сут нормального твердения
1	588	168	563	1140	3,53	3,50	1,50	0,6	6,5	2459	-	-
1'	555	159	558	1129	3,33	3,50	1,50	0,6	4,0	2401	51,5	69,5
1''	549	159	560	1133	3,29	3,45	1,50	0,6	4,0	2401	48,1	68,7
2	480	160	627	1163	2,88	3,00	1,45	0,6	4,5	2430	44,5	61,0
3	380	152	700	1193	2,28	2,50	1,38	0,6	4,5	2425	36,5	52,0

Примечание. Составы бетонов 1, 2, 3 получены расчетным путем; состав 1' - после корректировки состава 1 по удобоукладываемости и средней плотности бетонной смеси; состав 1'' - после корректировки

состава 1' исходя из достижения среднего уровня отпускной (45,7 МПа) и среднего уровня проектной (65,3 МПа) прочности бетона.

7. Подсчитываем расход песка

$$П = \left(1000 - \frac{Ц}{\rho / Ц} - В - \frac{Щ}{\rho_{щ}} \right) \cdot \rho_n ;$$

$$П_1 = \left(1000 - \frac{588}{3,1} - 168 - \frac{1140}{2,6} \right) \cdot 2,63 = 563 \text{ кг/м}^3 ,$$

8. Определяем расход суперпластификатора С-3 и его водного раствора

$$Д = 0,006 \cdot Ц_1 = 0,006 \cdot 588 = 3,53 \text{ кг} ,$$

$$Р = \frac{100 \cdot Д}{С} ,$$

где P - количество водного раствора, кг; D - количество добавки в расчете на сухое вещество, кг; C - концентрация раствора, %.

$$P = \frac{100 \cdot 3,53}{15} = 23,5 \text{ кг}$$

Количество содержащейся в растворе воды (B_p) для замеса 1 составит

$$B_p = P_1 - Д_1 = 23,5 - 3,53 \approx 20 \text{ кг}.$$

На это количество нужно уменьшить расход воды затворения в замесе 1

$$B_1 = 168 - 20 = 148 \text{ кг}.$$

Аналогичным путем рассчитываем расходы компонентов для двух других принятых расходов суперпластификатора.

9. Приготавливаем опытные замесы объемом по 10 л каждый и определяем осадку конуса бетонной смеси. В замесе 1 $O.K.$ = 6,5 см. Корректируем состав смеси, добавляя 5 % заполнителей или 0,282 кг песка и 0,57 кг щебня. Полученная бетонная смесь имеет осадку конуса 3 см и среднюю плотность $\rho_{см} = 2401 \text{ кг/м}^3$.

Расход материалов корректируем по формулам

$$Ц = \frac{\rho_{см}}{\sum g} \cdot g_{ц} ; \quad П = \frac{\rho_{см}}{\sum g} \cdot g_{п} ;$$

$$Щ = \frac{\rho_{см}}{\sum g} \cdot g_{щ} ; \quad В = \frac{\rho_{см}}{\sum g} \cdot g_{в} ;$$

где $Ц, П, Щ, В$ - расход соответственно цемента, песка, щебня и воды, кг/м^3 ; $\rho_{см}$ - средняя плотность бетонной смеси, кг/м^3 ; $\sum g$ - суммарная масса всех материалов в смеси, кг; $g_{ц}, g_{п}, g_{щ}, g_{в}$ - масса соответственно цемента, мелкого, крупного заполнителя и воды, кг.

Скорректированные расходы материалов составят:

$$Ц = \frac{2400}{25,442} \cdot 5,88 = 555 \text{ кг/м}^3 ;$$

$$Ц = \frac{2400}{25,442} \cdot 1,68 = 159 \text{ кг/м}^3 ;$$

$$Ц = \frac{2400}{25,442} \cdot 5,912 = 558 \text{ кг/м}^3 ;$$

$$Ц = \frac{2400}{25,442} \cdot 11,97 = 1129 \text{ кг/м}^3;$$

Скорректированное количество добавки С-3 (взятой сверх 100 %) в расчете на сухое вещество

$$Д_1 = 0,006 Ц_1 = 0,006 \cdot 555 = 3,33 \text{ кг/м}^3.$$

Аналогичные операции осуществляем для составов с расходом суперпластификатора 0,35 и 0,85 % массы цемента.

70. Изготавливаем образцы-кубы с ребром 10 см. пропариваем их по режиму 2+3+4+2 ч при 80 °С и испытываем на сжатие через 4 ч и 28 сут нормального твердения после тепловлажностной обработки. По полученным данным строим графики зависимостей $R_b = f(Ц/B)$ и, используя линейный характер этой зависимости, определяем требуемые значения $Ц/B$, обеспечивающие с учетом переходного коэффициента от образцов с ребром 10 см к образцам с ребром 15 см прочность $\frac{45,7}{0,95} = 48,1$ МПа через 4 ч после пропаривания и

$$\frac{65,3}{0,95} = 68,7 \text{ МПа в возрасте 28 сут нормального твердения после пропаривания}$$

$$\left(\frac{Ц}{B}\right)'' = \left(\frac{Ц}{B}\right)_2 + \frac{(R_1 - R_2)[(Ц/B)_1 - (Ц/B)_2]}{R_1 - R_2}$$

где $(Ц/B)''$ - требуемое значение $Ц/B$, обеспечивающее достижение среднего уровня прочности бетона (R_y); $(Ц/B)_1$ - и $(Ц/B)_2$ - значения цементноводного отношения соответственно в замесах 1 и 2 (3.5 и 3:0); R_y - средний уровень прочности бетона (47,3 МПа); R_1 и R_2 прочность бетона полученная при испытании образцов соответственно составов 1 и 2 (51 и 44 МПа).

По результатам испытаний через 4 ч после пропаривания

$$\left(\frac{Ц}{B}\right)'' = 3,0 + \frac{(48,1 - 44,5) \cdot (3,5 - 3,0)}{51,5 - 44,5} = 3,26.$$

По результатам испытаний через 28 сут нормального твердения после пропаривания

$$\left(\frac{Ц}{B}\right)'' = 3,0 + \frac{(68,7 - 61) \cdot (3,5 - 3,0)}{69,5 - 61} = 3,45.$$

Из полученных значений $Ц/B$ принимаем большее и дополнительно корректируем состав бетона

$$Ц = 159 \cdot 3,45 = 549 \text{ кг/м}^3;$$

$$Д_{С-3} = 0,006 \cdot 549 = 3,29 \text{ кг/м}^3;$$

$$P_{С-3} = \frac{100 \cdot 3,29}{15} = 21,9 \text{ кг/м}^3;$$

$$П + Ц = 2401 - (549 + 159) = 1693 \text{ кг/м}^3;$$

$$П = 560 \text{ кг/м}^3;$$

$$Ц = 1133 \text{ кг/м}^3;$$

$$В = 159 - (21,9 - 3,29) \approx 140 \text{ кг/м}^3.$$

Аналогичные операции производим для бетона с расходом суперпластификатора 0,35 и 0,85 % массы цемента и определяем его наиболее экономичный состав. Считая, что введение 0,35 % С-3 не позволяет полностью использовать пластифицирующий эффект, а увеличение количества суперпластификатора до 0,85 % повышает себестоимость бетона, принимаем состав со следующим расходом материалов:

$$\begin{aligned}
 Ц &= 549 \text{ кг/м}^3; \\
 В &= 140 \text{ кг/м}^3; \\
 P_{C-3} &= 21,9 \text{ кг/м}^3 \text{ (при плотности раствора } 1,08 \text{ г/см}^3); \\
 П &= 560 \text{ кг/м}^3; \\
 ШЦ &= 1133 \text{ кг/м}^3.
 \end{aligned}$$

После корректировки расхода воды и заполнителей с учетом их влажности состав бетона выдается на производство.

Пример 2. Подобрать состав высокопрочного бетона со средним уровнем прочности 60 МПа, предназначенного для изготовления стропильных балок. Требуемая подвижность бетонной смеси $O.K. = 3$ см. В качестве вяжущего используется среднеалюминатный портландцемент марки 550; $\rho_{ц} = 3,15 \text{ г/см}^3$; заполнители - песок с $M_k = 2$; $\rho_n = 2,65 \text{ г/см}^3$ и щебень с наибольшей крупностью 20 мм, $\rho_{ш} = 2,65 \text{ г/см}^3$.

В качестве пластификатора используется добавка ЛСТ в виде раствора 10 %-ной концентрации. Режим тепловлажностной обработки ступенчатый 1+2+2+1+4+2 ч (соответственно предварительная выдержка, подъем температуры до 50 °С, выдержка при 50 °С, подъем температуры до 80 °С, выдержка при 80 °С, снижение температуры). Суточная оборачиваемость форм - однократная. Передаточная прочность составляет 70 % проектной или 42 МПа.

По предварительным данным при расходе воды 220 л/м^3 и цемента 616 кг/м^3 ($B/C = 0,36$) была достигнута прочность бетона 62 МПа в возрасте 28 сут, однако осадка конуса была недостаточна (0,5...1 см). Воздухововлекающий эффект ЛСТ составляет 0,6 % на 0,1 % введенной добавки.

Осуществляем расчет состава бетонов с добавкой ЛСТ для опытных замесов:

1. По табл. 2 принимаем оптимальное количество добавки ЛСТ, равное 0,25 % массы цемента, а по табл. 9 - соответствующее уменьшение расхода цемента и воды затворения 9 %. Наряду с этим принимаем еще две дозировки добавки - 0,15 и 0,35 % массы цемента, считая возможное уменьшение воды затворения и цемента равным соответственно 4,5 и 13,5 %.

Ориентировочный расход воды для приготовления опытных замесов при введении 0,25 % ЛСТ составит

$$220 \cdot 0,91 = 200 \text{ л.}$$

Результаты расчетов для других дозировок добавки приведены в табл. 11.

2. Принимаем три значения C/B (2,5; 3,0 и 3,5) и для каждого из подсчитанных расходов воды определяем расход цемента. Дальнейшие расчеты осуществляем на примере состава 1 (табл. 11).

$$C = B \cdot C/B = 200 \cdot 2,5 = 500 \text{ кг/м}^3.$$

Таблица 11.

Составы бетонов с добавкой ЛСТ (к примеру 2)

№ состава (замеса)	Расход материалов кг/м ³					C/B	Расход ЛСТ, % массы цемента	$O.K.$, см	Средняя плотность бетонной смеси, кг/м ³	Прочность пропаренного бетона при сжатии, МПа, через	
	цемента	воды	песка	щебня	ЛСТ в расчете на сухое вещество					0,5 ч	28 сут нормального твердения
1	500	200	479	1174	1,25	2,5	0,25	3,0	2353	39,3	55,0
2	600	200	392	1174	1,50	3,0	0,25	2,5	2366	47,0	64,3
3	700	200	-	-	1,75	3,5	0,25	-	-	-	-
4	525	210	454	1168	0,79	2,5	0,15	3,5	2357	40,0	55,5
5	630	210	368	1164	0,95	3,0	0,15	3,0	2372	47,1	64,0
6	735	210	-	-	1,10	3,5	0,15	-	-	-	-

7	475	190	506	1179	1,66	2,5	0,35	3,5	2350	37,5	53,5
8	570	190	417	1185	2,00	3,0	0,35	3,5	2362	44,0	62,0
9	665	190	350	1171	2,33	3,5	0,35	2,5	2376	50,0	69,5

3. Рассчитываем расход заполнителей методом абсолютных объемов. Абсолютный объем цементного теста

$$V_{Ц.Т} = \frac{Ц}{\rho_{Ц}} + B = \frac{500}{3,1} + 200 = 361 \text{ лл}$$

Абсолютный объем заполнителей за вычетом объема вовлеченного воздуха, равного 15 л при расходе добавки 0,25 % массы цемента, составит

$$V_3 = 1000 - (V_{Ц.Т} + V_B) = 1000 - (361 + 15) = 624 \text{ л.}$$

При средней плотности заполнителей $\rho_3 = 2,65 \text{ кг/л}$ определяем их расход

$$m_3 = V_3 \cdot \rho_3 = 624 \cdot 2,65 = 1653 \text{ кг/м}^3.$$

4. Принимая по табл. 6 рекомендуемую долю песка в смеси заполнителей при расходе цемента 500 кг/м^3 , равной 0,29, получим расход песка

$$П = r \cdot m_3 = 0,29 \cdot 1653 = 479 \text{ кг/м}^3;$$

Расход щебня

$$Щ = m_3 - П = 1653 - 479 = 1174 \text{ кг/м}^3.$$

5. Определяем расход ЛСТ в расчете на сухое вещество

$$Д = 0,0025Ц = 0,0025 \cdot 500 = 1,25 \text{ кг/м}^3.$$

Количество раствора ЛСТ 10 %-ной концентрации при его плотности $1,043 \text{ г/см}^3$ составит

$$P = \frac{100 \cdot 1,25}{10} = 12,5 \text{ кг/м}^3.$$

Скорректированный расход воды за вычетом воды, содержащейся в растворе добавки, составит

$$B = 200 - (12,5 - 1,25) \approx 189 \text{ л/м}^3.$$

Аналогичные расчеты выполняем для составов, содержащих 0,15 и 0,35 % ЛСТ; результаты расчетов и экспериментов сводим в табл. 11.

Они свидетельствуют о незначительном отклонении подвижности бетонной смеси от требуемого значения (3 см) и совпадении фактической средней плотности смеси с расчетной, поэтому корректировку состава смеси производить не следует.

Учитывая, что в составах 3 и 6 расход цемента достигает 700 кг/м^3 и более, а ожидаемое $Ц/В$ для бетона с пластификатором не должно значительно отличаться от $Ц/В$ для бездобавочного бетона, значение которого известно из предварительных опытов, в дальнейшем исключаем рассмотрение составов 3 и 6. Определение требуемого $Ц/В$ в составах соответственно 1...3 и 4...6 осуществляем по двум из них (1,2 и 4,5). Изготавливаем опытные образцы-кубы с ребром 10 см, которые испытываем в горячем состоянии (через 0,5 ч после пропаривания по заданному режиму) и в возрасте 28 сут нормального твердения. По полученным данным (см. табл. 11), исходя из линейного характера зависимости $R_0 = f(Ц/В)$, устанавливаем искомые $Ц/В$ и расход добавки, обеспечивающие прочность бетона 44,2 МПа в горячем состоянии и 63,2 МПа в возрасте 28 сут. По результатам испытаний образцов из замесов 1,2 и 4,5 $Ц/В$ составляет 2,94, а из замесов 7...9 - 3,1. Введение 0,15 % ЛСТ не уменьшает расход цемента даже до максимально допустимого значения (600 кг/м^3). Введение 0,25 % ЛСТ обеспечивает его расход 588 кг/м^3 . Использование более высокой дозировки (0,35 % ЛСТ), хотя и позволяет уменьшить количество цементного теста для обеспечения заданной подвижности, но приводит к некоторому снижению прочности бетона,

в результате чего общий расход цемента не уменьшается. В качестве оптимального принимаем состав с $C/B = 2,94$, расходом ЛСТ, равным 0,25 % массы цемента и водосодержанием 200 л/м^3 .

Расход материалов в подобранном составе бетона с учетом воды, содержащейся в растворе добавки ЛСТ 10 %-ной концентрации (при плотности $1,043 \text{ г/см}^3$), составляет

$$\begin{aligned} C &= 588 \text{ кг/м}^3; \\ B &= 187 \text{ л/м}^3; \\ П &= 404 \text{ кг/м}^3; \\ ШЦ &= 1174 \text{ кг/м}^3; \\ P_{ЛСТ} &= 14,7 \text{ кг/м}^3 \end{aligned}$$

Приложение 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ШЛАКОПОРТЛАНДЦЕМЕНТА В ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНАХ

Пример 1. Ввиду дефицитности высокомарочных цемента требуется установить экономическую целесообразность применения шлакопортландцемента марки 400 для изготовления сборных железобетонных конструкций из бетона класса В45. Подобранные составы бетонов и другие исходные данные приведены в табл. [12](#).

Таблица 12.

Исходные данные для расчета

Показатели	Базовый состав на портландцементе марки 600	Новый состав на шлакопортландцементе марки 400
Класс бетона	В45	В45
Подвижность бетонной смеси, см	4	4
Средний расход, сырья и материалов на 1 м^3 изделия, м^3	1,02	1,02
Расход составляющих бетонной смеси, кг/м^3		
цемента	450	600
суперпластификатора	3,15	7,20
щебня	0,88	0,88
песка	0,330	0,257
воды	155	160
Продолжительность цикла ТВО, ч	9	9
Температура изотермического прогрева, $^{\circ}\text{C}$	80-85	90-95
Расход пара на ТВО, т/м^3	0,335	0,360

Экономический эффект от использования шлакопортландцемента марки 400 в соответствии с "Инструкцией по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений" [СН 509-78](#) (М.: Стройиздат, 1979) в расчете на 1 м^3 бетона определяем с учетом данных табл. [12](#) по формуле

$$\mathcal{E} = 3_1 \frac{Y_1}{Y_2} + \frac{(I_1 - I_2) - E_H(K_2 - K_1)}{Y_2} - 3_2,$$

где 3_1 и 3_2 - приведенные затраты в производстве единицы измерения соответственно базовых и новых составов бетонной смеси (1 м^3) или себестоимость бетонной смеси по базовому и новому варианту; Y_1 и Y_2 - удельные расходы соответственно базового и нового состава бетонной смеси на единицу продукции сборного железобетона; I_1 и I_2 - издержки производства на единицу продукции, изготовляемой с применением соответственно базового и нового составов бетонной смеси без учета ее стоимости; K_1 и K_2 - сопутствующие капитальные вложения в производство сборного железобетона из бетонной смеси соответственно базового и нового составов.

Расчет стоимостных показателей приведен в табл. 13.

Таблица 13.

Расчет стоимостных показателей

Показатели	Стоимость на единицу измерения, руб.	Затраты, руб. на 1 м ³ бетона на цементе марок	
		600	400
Себестоимость материалов			
портландцемента, т	36,84	16,58	-
шлакопортландцемента, т	18,44	-	11,06
суперпластификатора, кг	0,316	1,00	2,28
щебня 5-20 мм, м ³	8,87	7,81	7,81
песка, м ³	5,21	1,72	1,34
Итого		27,11	22,49
Затраты на тепловую энергию (пар), т	3,5	1,17	1,26
Капитальные вложения в производство материалов, т			
портландцемента	68	30,6	-
шлакопортландцемента	43	-	25,8
суперпластификатора	600	18,9	43,2
Итого капвложения		49,5	69,0

Примечание. Различия в капиталовложениях на производство пара для ТВО не учитываются из-за их незначительности.

В соответствии с приведенными данными экономический эффект от замены шлакопортландцементом марки 400 портландцемента марки 600 по приведенным затратам составит

$$\Xi = 27,02 \frac{1,02}{1,02} + \frac{(1,17 - 1,26) - 0,15 \cdot (69,0 - 49,5)}{1,02} - 22,49 = 1,67 \text{ р/м}^3.$$

Приложение 5

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК

Таблица 14.

Содержание добавок в растворах в расчете на сухое вещество

Концентрация раствора, %	Содержание добавки в расчете на сухое вещество, кг	
	в 1 кг раствора	на 1 л воды
1	0,01	0,010
2	0,02	0,020
3	0,03	0,031
4	0,04	0,042
5	0,05	0,053
6	0,06	0,064
7	0,07	0,075
8	0,08	0,087
9	0,09	0,099
10	0,10	0,111
15	0,15	0,176
20	0,20	0,250
25	0,25	0,333
30	0,30	0,429
35	0,35	0,539
40	0,40	0,667
45	0,45	0,802

50	0,50	1,000
55	0,55	1,222
60	0,60	1,500

Таблица 15.

Плотность водных растворов пластифицирующих добавок

Концентрация раствора %	Плотность растворов добавок при 20 °С, г/см ³					
	С-3	10-03	МФ-АР	ЛСТ	УПБ	ЩСПК
1	1,003	1,004	-	1,004	1,004	-
2	1,008	1,010	-	1,013	1,008	1,014
5	1,022	1,025	-	1,021	1,019	1,033
7	1,032	1,036	-	1,029	1,028	1,045
9	1,044	1,046	-	1,038	1,034	1,057
11	1,056	1,057	-	1,048	1,044	1,070
13	1,067	1,066	-	1,058	1,053	1,082
15	1,079	1,075	-	1,068	1,061	1,094
17	1,090	1,083	1,05	1,078	1,070	1,107
19	1,093	1,093	1,08	1,087	1,079	1,119
20	1,095	1,103	1,09	1,091	1,083	1,125
21	1,100	1,107	1,10	1,096	-	1,132
22	1,105	1,113	1,11	1,102	-	1,137
23	1,110	1,120	-	1,107	-	1,144
24	1,127	1,127	-	1,112	-	1,150
25	1,131	1,133	-	1,117	1,106	1,156
26	1,136	1,140	-	1,122	-	1,162
27	1,140	1,147	-	1,129	-	1,169
30	1,148	-	-	1,144	1,129	1,187
31	1,150	-	-	1,150	-	1,193
33	1,158	-	-	1,161	-	1,206
35	1,171	-	-	1,173	1,154	1,218
39	1,200	-	-	1,196	-	-
40	1,205	-	-	1,202	1,179	-
41	1,210	-	-	1,208	-	-
44	1,230	-	-	1,227	-	-
45	1,235	-	-	1,234	-	-
50	1,265	-	-	1,266	1,232	-

Приложение 6

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК

1. Добавка С-3 - суперпластификатор на основе продуктов поликонденсации нафталинсульфокислоты и формальдегида. Жидкость темно-коричневого цвета. Выпускается по ТУ 6-14-625-80 с Изм. № 1 Минхимпрома.

Поставляется в виде водного раствора 33...39 %-ной концентрации в металлических бочках или цистернах. Водный раствор С-3 не изменяет своих свойств при нагревании до 85 °С и замораживании до -40 °С. При выпадении осадка необходимо перед введением добавки растворить его путем подогрева или разбавления водой, после чего тщательно перемешать раствор. Гарантийный срок хранения 1 год с момента изготовления. Стоимость 1 т (в расчете на сухое вещество) 340 р. Добавка выпускается Новомосковским (Тульская обл.) заводом органического синтеза и распределяется Госстроем СССР.

2. Добавка МФ-АР (прежнее обозначение МФАС-Р100-П) - суперпластификатор. Продукт поликонденсации меламина, формальдегида и натрия сульфаниловокислого. Прозрачная жидкость с легким осадком взвеси. Опытно-промышленные партии выпускаются по ТУ 6-05-1926-82 Минхимпрома.

Поставляется в виде водного раствора 20 %-ной концентрации в металлических бочках или цистернах. Транспортируют любым видом крытого транспорта в условиях, исключающих механические повреждения тары, а также обеспечивающих защиту от попадания влаги внутрь ее. В зимнее время не допускается разогрев острым паром. Разогрев

следует производить или горячей водой, подаваемой в рубашку транспортной емкости, или путем выдерживания емкости с добавкой в теплом помещении. Хранится при температуре не выше + 30 °С в герметично закрытой таре, защищенной от воздействия солнечных лучей и атмосферных осадков. Гарантийный срок хранения 1 год с момента изготовления. Стоимость 1 т (в расчете на сухое вещество) 1835 р.

3. Добавка 10-03 - суперпластификатор, получаемый поликонденсацией сульфированного триметилломеламина. Прозрачная слегка маслянистая жидкость, допускается небольшой осадок.

Поставляется в виде водного раствора 20 %-ной концентрации в стальных бочках вместимостью 100...200 л, полиэтиленовых канистрах до 100 л, стальных флягах и т.д. Хранят в закрытых вентилируемых помещениях с температурой не ниже -5 °С. Транспортируют любым видом транспорта в соответствии с правилами перевозки грузов для данного средства. Гарантийный срок хранения 6 мес. с момента изготовления. Стоимость 1 т (в расчете на сухое вещество) 1350 р.

4. Добавка УПБ представляет собой мелассную упаренную последрожжевую барду, получаемую в промышленном масштабе как отход производства спиртовой промышленности при изготовлении кормовых дрожжей.

Поставляется в жидком виде 30...50 %-ной концентрации. Гарантийный срок хранения добавки до 2 лет. Основные технические показатели определяются требованиями ОСТ 18-126-83 Госагропрома СССР. Стоимость 1 т добавки (в расчете на сухое вещество) 25...30 р. Добавка УПБ имеет модификации с электролитами, которые ускоряют твердение и улучшают другие свойства бетона.

5. Добавка ЛСТ - лигносульфонаты технические (прежнее обозначение СДБ) представляет собой продукт переработки сульфитного щелока, образующегося при сульфитной варке целлюлозы.

Поставляется в твердом и жидком виде при концентрации 50...80 %. Основные технические показатели определяются требованиями ОСТ 13-183-83 Минлесбумпрома СССР. Стоимость 1 т добавки 30...70 р. Добавка выпускается Котласским (Архангельская обл.) целлюлозно-бумажным комбинатом, Калининградским ЦБК-1 и другими предприятиями.

7. ЩСПК - щелочной сток производства капролактама - негорючая жидкость со слабым эфирным запахом, имеет щелочную реакцию, не образует при хранении и использовании взрывчатых концентраций.

Транспортируют в специально выделенных железнодорожных цистернах с нижним сливом и в автоцистернах. Хранят в закрытых металлических емкостях или железобетонных резервуарах. Допускается хранение как в складских помещениях, так и на открытом воздухе при температуре не выше +50 °С и не ниже -25 °С. После оттаивания практически не изменяет физико-химических свойств. Гарантийный срок хранения 1 год со дня изготовления. Выпускается Щекинским, Кемеровским, Гродненским производственными объединениями, а также ПО "Куйбышеватот". Стоимость 1 т в расчете на сухое вещество 25 р.

Приложение 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ КЛАССОМ И СРЕДНЕЙ ПРОЧНОСТЬЮ БЕТОНА НА СЖАТИЕ

Для конструкций, запроектированных в соответствии с требованиями [СНиП 2.03.01-84](#), соотношение между классом и средней прочностью бетона на сжатие следует определять по формуле

$$R_{\sigma} = \frac{B}{1 - 1,64v},$$

где R_{σ} - средняя прочность бетона, МПа; B - класс бетона по прочности на сжатие, МПа; v -

коэффициент вариации.

Таблица 16.

Соотношение между классом бетона и его средней прочностью на сжатие при коэффициенте вариации 0,135

Класс бетона по прочности на сжатие	B45	B50	B55	B60	B65	B70	B75	B80
Средняя прочность бетона на сжатие, МПа	58,7	65,2	72,7	78,2	84,8	91,3	97,8	104,3