НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ БЕТОНА
И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА
ГОССТРОЯ СССР
НИИЖБ ГОССТРОЯ СССР

РУКОВОДСТВО

ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕТОННЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ СУХОГО ЖАРКОГО КЛИМАТА

Москва — 1977

gost.e-ecolog.ru

УДК 693.547.6.

Рекомендовано к печати секцией по технологии бетона Научно-технического совета НИИЖБ.

Руководство по производству бетонных работ в условиях сухого жаркого климата. М., Стройиздат, 1977. 80 с. (Науч.-исслед. ин-т бетона и железобетона Госстроя СССР).

Руководство содержит рекомендации по выбору материалов для бетонов конструкций и сооружений, возводимых в районах с сухим жарким климатом (Средняя Азия, южные и центральные области Казахстана, южные области РСФСР и др.), а также по технологии производства бетонных работ при строительстве различных монолитных и сборно-монолитных бетонных и железобетонных промышленных, гражданских, гидротехнических, ирригационных, дорожных и аэродромных покрытий и других сооружений во всех районах СССР в период года с жаркой и сухой погодой, характеризующейся температурой воздуха в 13 ч выше +25°С и относительной влажностью менее 50%.

Рассматриваются особенности подбора состава бетона, приготовления, транспортирования и укладки бетонной смеси, а также ухода за бетоном в жаркую и сухую погоду, учет которых позволит обеспечить высокое качество конструкций и сооружений.

Руководство предназначено для инженерно-технических работников строительных и проектных организаций, осуществляющих строительство или проектирование различных зданий и сооружений в условиях сухого жаркого климата.

Табл. 20, илл. 21.

Р $\frac{30213-550}{047(01)-77}$ инструкт. — нормат. — IV вып. — 14 — 76

© Стройиздат, 1977

НИИЖБ ГОССТРОЯ СССР

РУКОВОДСТВО ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕТОННЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ СУХОГО ЖАРКОГО КЛИМАТА

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией *Г. А. Жигачева*
Редактор *Л. Т. Калачева*
Мл. ред. *М. А. Жарикова*
Технический редактор *Т. В. Кузнецова*
Корректоры *Е. Н. Кудрявцева, Н. П. Чугунова*

Сдано в набор 1/III 1977 г. Подписано в печать 29/IV 1977 г. Т-04585
Формат 84×108$^{1}/_{32}$ д. л. Бумага типографская № 2. Усл. печ. л. 4,2. (уч.-изд. 6,17 л.). Тираж 10 000 экз. Изд. № XII-7066 Зак. 477 Цена 30 коп.

Стройиздат
103006, Москва, Каляевская, 23а
Московская типография № 32 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, К-51, Цветной бульвар, д. 26.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Руководство содержит рекомендации по выбору материалов для бетонов конструкций и сооружений, эксплуатируемых в районах с сухим жарким климатом (Средняя Азия, южные и центральные области Казахстана, южные области Российской Федерации и т. п.) и подвергающихся неблагоприятному воздействию природно-климатических факторов (сильному циклическому нагреву за счет прямой солнечной радиации, попеременному увлажнению и интенсивному высушиванию, коррозии при наличии капиллярного подсоса засоленных грунтовых вод и т. п.), а также правила производства бетонных работ при строительстве различных зданий и сооружений в жаркую и сухую погоду для всех районов СССР.

Руководство разработано НИИЖБ Госстроя СССР (доктора техн. наук, профессора С. А. Миронов, Б. А. Крылов, д-р техн. наук Л. А. Малинина; кандидаты техн. наук Е. Н. Малинский, Г. А. Бужевич, А. С. Дмитриев, Н. В. Свечин, Г. Ф. Тарасов; инженеры А. Н. Невакшонов, О. А. Самусев) совместно с Институтом сейсмостойкого строительства Госстроя Туркменской ССР (канд. техн. наук В. А. Шмидт, инж. Е. М. Кочетова), ВНИПИ Теплопроектом Минмонтажспецстроя СССР (д-р техн. наук И. Б. Заседателев, инж. Е. И. Богачев), НИС Гидропроекта (канд. техн. наук А. Д. Осипов), объединением Узградострой (канд. техн. наук Е. С. Темкин), СоюзДОРНИИ (канд. техн. наук Э. Р. Пинус), Ташкентским институтом инженеров транспорта (канд. техн. наук Г. И. Ступаков) и Крымканалстроем (канд. техн. наук А. Г. Шлаен).

В подготовке материалов, использованных при составлении отдельных разделов Руководства, приняли участие кандидаты техн. наук В. Я. Липский (Союзводпроект), Д. И. Гладков (Институт сейсмостойкого строительства Госстроя Туркменской ССР), М. М. Селимов (Ташкентский политехнический институт), инженеры Ю. В. Кузнецов (Средне-Азиатский отдел БВ НИИЖБ), Г. В. Самсонова (ТашЗНИИЭП) и Л. А. Панова (ТашИИТ).

Общее руководство по составлению настоящего документа осуществлено д-ром техн. наук, проф. С. А. Мироновым и канд. техн. наук Е. Н. Малинским (НИИЖБ Госстроя СССР).

Замечания и предложения по содержанию Руководства просьба направлять по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, НИИЖБ, лаборатория методов ускоренного твердения бетонов

Дирекция НИИЖБ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Руководство по производству бетонных работ в условиях сухого жаркого климата составлено в развитие глав СНиП и других нормативных документов, указанных в разделах настоящего Руководства, и содержит рекомендации по выбору материалов для бетонов конструкций и сооружений, эксплуатируемых в районах с сухим жарким климатом, и по технологии производства работ при возведении монолитных и сборно-монолитных бетонных и железобетонных конструкций и сооружений различного назначения из тяжелого бетона и бетона на пористых заполнителях в жаркую и сухую погоду.

При строительстве подземных сооружений, не подверженных воздействию климатических факторов (например, прокладка тоннелей, обделка стволов шахт и т. п.), а также при подводном бетонировании рекомендации Руководства распространяются на работы по приготовлению и транспортированию бетонной смеси, выполняемые на поверхности земли.

Настоящее Руководство не содержит рекомендаций по производству арматурных и опалубочных работ.

1.2. *Под сухим жарким климатом* понимается присущая данной местности совокупность характерных метеорологических условий, отличающихся продолжительным знойным летом (более 100 дней в году), высокими температурами воздуха — абсолютной максимальной, равной или превышающей +40°С и средней максимальной самого жаркого месяца, равной или превышающей 29—30°С при средней относительной влажности воздуха самого жаркого месяца менее 50—55%.

Сухой жаркий климат характеризуется также большими перепадами температуры и относительной влажности воздуха в течение суток (днем и ночью), сильным циклическим нагревом в течение суток открытых поверхностей почвы и строительных конструкций в результате интенсивной солнечной радиации и наличием суховеев, особенно в равнинных районах.

К районам с сухим жарким климатом в СССР относятся в основном обширные территории, расположенные в Средней Азии, в южных и центральных областях Казахстана, в южных областях Российской Федерации, Украины и др. (климатические подрайоны IVA, IVГ, IIIA и IIIB по СНиП II-А.6-72 «Строительная климатология и геофизика»).

Схематические карты климатического районирования различных территорий СССР для строительства приведены на рис. 1, 2, 3.

Табл. 19 приложения 1 содержит основные климатические показатели некоторых городов СССР, относящихся к районам с сухим жарким климатом.

1.3. *Под жаркой и сухой погодой* (в отличие от термина «сухой жаркий климат» по п. 1.2) понимается состояние атмосферы в определенный отрезок времени, характеризующееся температурой воздуха в 13 ч выше +25°С и относительной влажностью менее 50%.

1.4. *Циклический нагрев* — повторяющееся каждые сутки нагревание в течение дня открытых поверхностей конструкций до

60—80°С в результате прямой солнечной радиации и охлаждение ночью с суточными перепадами температур 40°С и более.

1.5. Жаркая и сухая погода создает значительные трудности в приготовлении, транспортировании, укладке и уходе за монолитным бетоном и отрицательно влияет на физико-механические свойства и долговечность затвердевшего бетона.

Основные факторы, влияющие на бетон в жаркую погоду: высокая температура окружающей среды, ее пониженная относительная влажность, а также интенсивная солнечная радиация, отрицательное воздействие которых значительно возрастает по мере увеличения скорости ветра.

В настоящем Руководстве приводятся рекомендации по технологии производства бетонных работ в жаркую и сухую погоду с учетом устранения указанных трудностей и обеспечения высокого качества бетонных конструкций и сооружений.

Рекомендации настоящего Руководства позволят повысить качество бетонных и железобетонных конструкций при условии, если они были рассчитаны с учетом неблагоприятных воздействий сухого жаркого климата согласно требованиям норм проектирования главы СНиП на бетонные и железобетонные конструкции.

1.6. Рекомендации настоящего Руководства следует учитывать при проектировании железобетонных конструкций и сооружений, при составлении проекта производства работ, при составлении сметы на строительный объект, а также непосредственно при строительстве.

1.7. Жаркая и сухая погода вносит серьезные осложнения в технологию бетонных работ, вызывая:

а) увеличение водопотребности бетонной смеси повышенной температуры для обеспечения ее отпускной подвижности и расхода цемента для получения требуемой прочности бетона;

б) быструю потерю бетонной смесью подвижности в процессе ее транспортирования или выдерживания до укладки за счет ускоренного схватывания цемента и интенсивной потери воды затворения, приводящую к нарушению принятых условий транспортирования и укладки бетонной смеси, а также отделки поверхности конструкций;

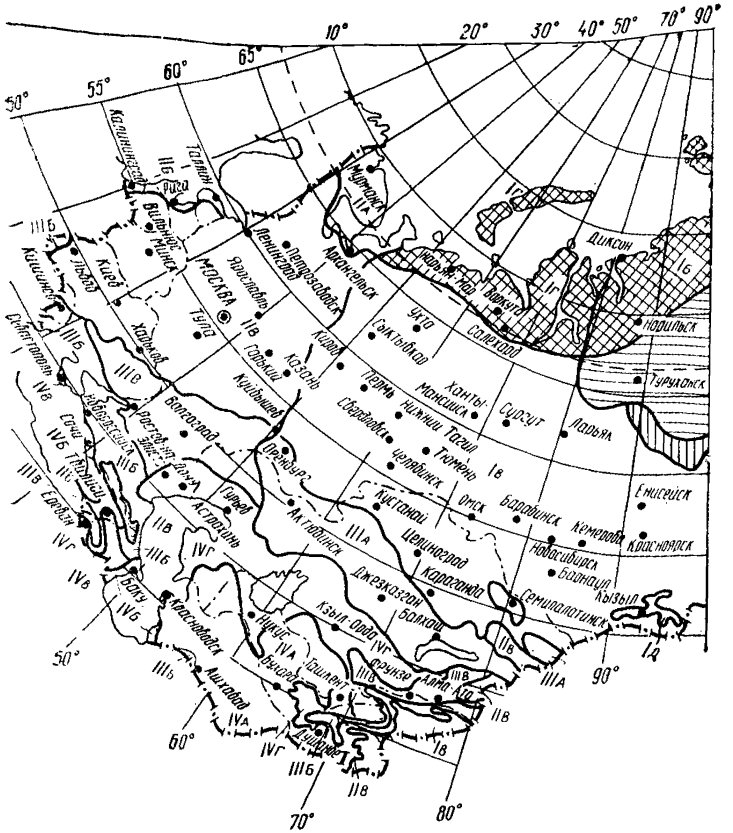
в) интенсивное обезвоживание бетона и снижение вследствие этого его прочности на сжатие в месячном возрасте до 50%, значительное ухудшение других физико-механических свойств бетона, а также снижение его долговечности.

Скорость испарения воды из бетонной смеси и уложенного бетона в значительной степени определяется температурно-влажностными параметрами окружающей среды.

Например, если при температуре воздуха $t=20°С$, влажности $\varphi=70\%$ и скорости ветра $V_в=4{,}5$ м/с скорость испарения составляет примерно 0,3 кг/(м²·ч), то в условиях жаркой и сухой погоды при $t=35°С$, $\varphi=30\%$ и $V_в=4{,}5$ м/с скорость испарения составит 1,2 кг/(м²·ч), т. е. в четыре раза выше.

Увеличение скорости ветра до 10 м/с в этих условиях повышает скорость испарения еще в два раза;

г) значительную пластическую (начальную) усадку твердеющего бетона, приводящую к раннему растрескиванию бетонных и особенно железобетонных конструкций и сооружений, ухудшению основных физико-механических свойств бетона и резкому снижению их долговечности;


10° 20° 30° 40° 50° 70° 90°
65° 60° 55° 50°
Калининград
Таллин
Вильнюс
Минск
Киев
Житомир
Архангельск
Мурманск
Диксон
Норильск
Игарка
Салехард
Тюмень
Тобольск
Ханты-Мансийск
Сургут
Ларьга
Туруханск
Енисейск
Красноярск
Ачинск
Канск
Иркутск
Братск
Усть-Илимск
Усть-Кут
Якутск
Нерюнгри
Тында
Комсомольск
Хабаровск
Благовещенск
Биробиджан
Владивосток
Находка
Южно-Сахалинск
Петропавловск-Камчатский
Анадырь
Магадан
Охотск
Оймякон
Верхоянск
Тикси
Хатанга
Дудинка
Игарка
Норильск
Якутск
Нерюнгри
Тында
Чита
Улан-Удэ
Иркутск
Братск
Усть-Илимск
Усть-Кут
Красноярск
Ачинск
Канск
Абакан
Кемерово
Новосибирск
Барнаул
Бийск
Горно-Алтайск
Кызыл
Омск
Тюмень
Челябинск
Курган
Шадринск
Екатеринбург
Пермь
Нижний Тагил
Соликамск
Березники
Киров
Ижевск
Казань
Набережные Челны
Ульяновск
Пенза
Самара
Оренбург
Орск
Актюбинск
Уральск
Гурьев
Астрахань
Волгоград
Саратов
Балаково
Энгельс
Пенза
Тамбов
Воронеж
Липецк
Курск
Белгород
Харьков
Полтава
Кременчуг
Днепропетровск
Запорожье
Мелитополь
Симферополь
Севастополь
Ялта
Феодосия
Керчь
Евпатория
Николаев
Одесса
Измаил
Кишинев
Бельцы
Тирасполь
Бендеры
Черновцы
Ивано-Франковск
Львов
Ровно
Житомир
Винница
Могилев
Гомель
Брянск
Тула
Рязань
Коломна
Москва
Ярославль
Рыбинск
Вологда
Архангельск
Петрозаводск
Мурманск
Калининград
Таллин
Вильнюс
Минск
Киев
Житомир
Архангельск
Мурманск
Диксон
Норильск
Игарка
Салехард
Тюмень
Тобольск
Ханты-Мансийск
Сургут
Ларьга
Туруханск
Енисейск
Красноярск
Ачинск
Канск
Иркутск
Братск
Усть-Илимск
Усть-Кут
Якутск
Нерюнгри
Тында
Комсомольск
Хабаровск
Благовещенск
Биробиджан
Владивосток
Находка
Южно-Сахалинск
Петропавловск-Камчатский
Анадырь
Магадан
Охотск
Оймякон
Верхоянск
Тикси
Хатанга
Дудинка
Игарка
Норильск
Якутск
Нерюнгри
Тында
Чита
Улан-Удэ
Иркутск
Братск
Усть-Илимск
Усть-Кут
Красноярск
Ачинск
Канск
Абакан
Кемерово
Новосибирск
Барнаул
Бийск
Горно-Алтайск
Кызыл
Омск
Тюмень
Челябинск
Курган
Шадринск
Екатеринбург
Пермь
Нижний Тагил
Соликамск
Березники
Киров
Ижевск
Казань
Набережные Челны
Ульяновск
Пенза
Самара
Оренбург
Орск
Актюбинск
Уральск
Гурьев
Астрахань
Волгоград
Саратов
Балаково
Энгельс
Пенза
Тамбов
Воронеж
Липецк
Курск
Белгород
Харьков
Полтава
Кременчуг
Днепропетровск
Запорожье
Мелитополь
Симферополь
Севастополь
Ялта
Феодосия
Керчь
Евпатория
Николаев
Одесса
Измаил
Кишинев
Бельцы
Тирасполь
Бендеры
Черновцы
Ивано-Франковск
Львов
Ровно
Житомир
Винница
Могилев
Гомель
Брянск
Тула
Рязань
Коломна
Москва
Ярославль
Рыбинск
Вологда
Архангельск
Петрозаводск
Мурманск
50° 60° 70° 80° 90°
IIIб IIIв IIIа IIIб IIIв IIIа IIIб IIIв IIIа

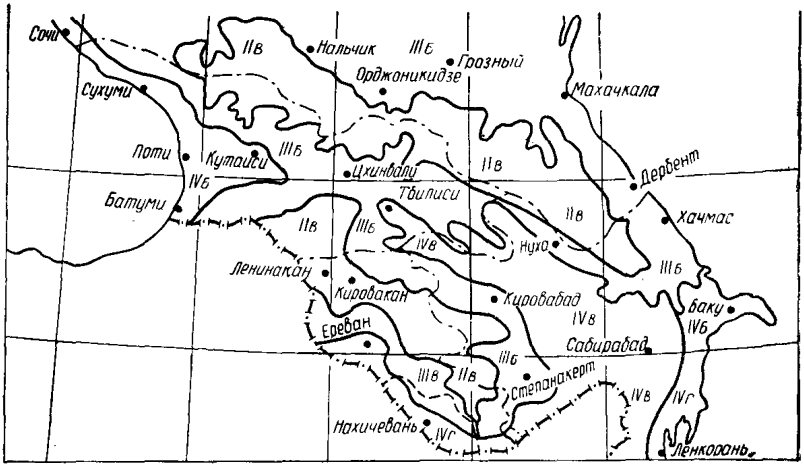


Рис. 3. Схематическая карта климатического районирования территории Закавказья для строительства

д) трудности в регулировании содержания вовлеченного воздуха в бетонных смесях, имеющих различную температуру;

е) формирование неравномерного температурного поля в монолитных конструкциях под действием солнечной радиации, приводящее к термическим напряжениям, интенсивному внутреннему массопереносу и в конечном счете к трещинообразованию;

ж) значительное усложнение условий производства бетонных работ и повышение их стоимости.

1.8. Климатические условия в районах с сухим жарким климатом отрицательно влияют на свойства затвердевшего бетона конструкций и сооружений, приводя к следующим основным неблагоприятным последствиям:

а) повышенной последующей усадке бетона, способствующей его трещинообразованию;

б) расшатыванию структуры бетона, вызывающему его растрескивание, снижение прочности и других физико-механических свойств, а также его долговечности вследствие воздействия на бетон конструкций и сооружений сильного циклического нагрева (суточный перепад 40° и более);

в) частому замораживанию до малых отрицательных температур и оттаиванию (повышенное число переходов температуры бетона через 0°С) открытых бетонных конструкций и сооружений, требующему их повышенной морозостойкости;

г) значительной коррозии арматуры за счет растрескивания бетона и увеличения его водопроницаемости, с одной стороны, а также за счет наличия в большинстве районов с сухим жарким климатом агрессивных грунтовых вод — с другой.

1.9. Настоящее Руководство содержит:

а) рекомендации по выбору материалов для бетонов конструкций и сооружений, эксплуатируемых в районах с сухим жарким

климатом, обязательные для строительства в этих районах независимо от времени года;

б) правила производства бетонных работ на общестроительных объектах, вступающие в силу в период года с жаркой и сухой погодой, характеризующейся условиями, указанными в п. 1.3. настоящего Руководства;

в) особенности производства бетонных работ при строительстве дорожных и аэродромных покрытий, ирригационных, гидромелиоративных и массивных гидротехнических сооружений, при возведении специальных промышленных и других сооружений в период года с жаркой и сухой погодой, характеризующейся условиями, указанными в п. 1.3 настоящего Руководства.

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ БЕТОНОВ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В РАЙОНАХ С СУХИМ ЖАРКИМ КЛИМАТОМ

2.1. Выбор цементов в зависимости от условий эксплуатации бетона следует производить по СНиП на вяжущие материалы неорганические и добавки для бетонов и растворов с учетом рекомендаций, приведенных в пп. 2.2—2.7 настоящего Руководства.

2.2. Для бетонов надземных конструкций, подвергающихся частому циклическому нагреву, рекомендуется применять портландцементы с содержанием трехкальциевого силиката C_3S не менее 50% и трехкальциевого алюмината C_3A не более 8%.

2.3. Применение пуццоланового портландцемента, шлакопортландцемента марки ниже 400 и глиноземистого цемента для бетонирования конструкций, указанных в п. 2.2, не допускается, так как эти цементы не могут обеспечить требуемые качество и долговечность конструкций в условиях сухого жаркого климата.

2.4. Пуццолановый портландцемент может применяться для бетонов подводных конструкций, а также при строительстве закрытым способом подземных сооружений, подвергающихся воздействию пресных вод или находящихся в условиях повышенной влажности.

Пуццолановые портландцементы обладают повышенной водопотребностью, возрастающей при повышении температуры бетонной смеси, что приводит к увеличению усадки бетона и его трещинообразованию.

2.5. Шлакопортландцемент марки ниже 400 может применяться наравне с обычными портландцементами при строительстве закрытым способом подземных и тому подобных сооружений, не подверженных воздействию климатических факторов. Применение этих цементов позволяет более продолжительное время сохранять подвижность бетонной смеси (по сравнению с портландцементами тех же марок), однако требует более продолжительного влажностного ухода за бетоном до получения требуемой прочности.

2.6. Для бетонов надземных конструкций, находящихся в зоне капиллярного подсоса грунтовых минерализованных вод, при наличии испаряющих поверхностей следует применять сульфатостойкий портландцемент (ГОСТ 10178—62* «Портландцемент, шлако-портландцемент, пуццолановый портландцемент и их разновидности»).

2.7. При использовании для бетона, постоянно или периодически увлажняемого водой (ирригационные каналы с переменным водным режимом и другие гидротехнические сооружения), потенциально реакционноспособных заполнителей (п. 2.14) следует применять цементы с содержанием щелочей не более 0,6% в пересчете на Na_2O.

2.8. При выборе заполнителей для тяжелого бетона необходимо руководствоваться ГОСТ 10268—70* «Заполнители для тяжелого бетона. Технические требования», ГОСТ 8267—75 «Щебень из естественного камня для строительных работ», ГОСТ 10260—74 «Щебень из гравия для строительных работ», ГОСТ 8268—74 «Гравий для строительных работ», ГОСТ 8736—67* «Песок для строительных работ. Общие требования», правилами главы СНиП на бетонные и железобетонные конструкции монолитные, а также рекомендациями, приведенными в пп. 2.9—2.20 настоящего Руководства.

Требования к пористым заполнителям приведены в п. 3.113 настоящего Руководства.

2.9. Для бетонов надземных конструкций, подвергающихся частому циклическому нагреву, рекомендуется применять крупный заполнитель, имеющий коэффициент температурного расширения, близкий соответствующему коэффициенту цементно-песчаного раствора, входящего в состав бетона.

2.10. Для приготовления бетона, обладающего требуемой долговечностью крупный заполнитель рекомендуется выбирать с таким модулем упругости, чтобы его величина не превышала модуль упругости растворной части бетона более чем в 1,5—2 раза.

2.11. Для бетонов надземных конструкций, указанных в п. 2.9, следует, в первую очередь, выбирать соответствующие пористые заполнители, заполнители из плотных карбонатных пород (с водопоглощением не более 5%), имеющие повышенное сцепление с цементным раствором, тем самым повышая прочность бетона на растяжение и трещиностойкость, а также заполнители из изверженных пород.

2.12. Наибольшая крупность щебня, применяемого для бетонов надземных конструкций, указанных в п. 2.9 и имеющих большой модуль открытой поверхности (более 10 $м^{-1}$), не должна превышать 20 мм. Применение гравия для таких конструкций не допускается.

2.13. Применение гравия допускается для бетонов марки до М300 включительно, за исключением случаев, предусмотренных в п. 2.12.

2.14. Для бетонов конструкций, постоянно или периодически увлажняемых водой (ирригационные каналы и конструкции других гидротехнических сооружений), следует по возможности избегать применения потенциально реакционноспособных заполнителей (щебня, гравия, песка), содержащих более 50 ммоль/л растворимого кремнезема. К потенциально реакционноспособным относятся заполнители, содержащие минералы: песчаники с опаловым, опало-халцедоновым и халцедоно-кварцевым цементом, алевролиты туфогенные, известняки и доломиты окремнелые, яшмы, кремний, обсидианы, перлиты, липариты, дациты, кварцевые витрофиры, андезито-дациты, андезиты, их аналоги и туфы этих пород, а также заполнители из горных пород, содержащих аргиллитовые и гидрослюдистые минералы, обладающие потенциальной возможностью вступать в хи-

мическое взаимодействие со щелочами цемента, что в определенных условиях приведет к коррозии бетона.

Методика определения реакционной способности заполнителей приведена в «Рекомендациях по определению реакционной способности заполнителей бетона со щелочами цемента» (НИИЖБ, М., 1972).

2.15. При отсутствии песков, удовлетворяющих по зерновому составу и крупности требованиям ГОСТ 10268—70*, допускается после опытной проверки и необходимых технико-экономических обоснований применять мелкие и очень мелкие пески с модулем крупности $M_{кр}=2—1$ (по ГОСТ 8736—67*) для бетонов марки не выше М 300. При этом необходимо осуществлять следующие мероприятия, направленные на снижение расхода цемента и повышение качества бетона:

применение укрупнителей (привозных или дробленых крупнозернистых песков);

изготовление бетонной смеси на пластифицированных цементах или введение в нее пластифицирующих поверхностно-активных веществ;

приготовление бетона со сниженной долей песка в смеси заполнителей и др.

2.16. При классификационной оценке крупности песка следует использовать два основных показателя: модуль крупности — для характеристики крупных и средних песков и удельную поверхность — для оценки песков мелких и очень мелких (ГОСТ 8735—75 «Песок для строительных работ. Методы испытаний»).

Удельной поверхностью песка называется величина, суммирующая внешнюю поверхность частиц и внутреннюю поверхность их незамкнутых пор и трещин, отнесенная к единице массы S_p, $см^2/г$, или объема S_v, $см^2/см^3 (см^{-1})$:

$$S_p = \frac{F}{P}; \qquad (1)$$

$$S_v = \frac{F}{V}, \qquad (2)$$

где F — полная геометрическая поверхность единицы массы или объема частиц песка, включая поверхность открытых пор и трещин, $см^2$;

P — масса песка, г;

V — объем песка, $см^3$.

При классификационной оценке крупности песка рекомендуется пользоваться данными табл. 1.

Таблица 1

Удельная поверхность, песка, $см^2/г$	Характеристика песка
До 50	Крупнозернистый
51—100	Среднезернистый
101—200	Мелкий

Примечание. Удельная поверхность песка определяется в соответствии с ГОСТ 8735—75.

2.17. При увеличении удельной поверхности песка расход цемента на 1 м³ бетона для достижения заданной прочности сначала возрастает постепенно, а затем по достижении определенной величины поверхности резко увеличивается. Для каждой марки бетона существует своя предельно допустимая удельная поверхность песка, превышение которой приводит к значительному перерасходу цемента (табл. 2).

Таблица 2

Марка бетона	Предельно допустимая удельная поверхность песка $Д$, см²/г
М 75	200
М 100	190
М 150	170
М 200—300	150

Примечание. Мелкие и очень мелкие пески применять для бетонов марки выше М 300 не допускается.

2.18. Одним из эффективных мероприятий, направленных на снижение расхода цемента при использовании мелких песков, является применение укрупнителей — крупнозернистых песков.

При приготовлении бетонной смеси часть мелкозернистого песка заменяется крупнозернистым так, чтобы средняя суммарная поверхность мелкого заполнителя равнялась предельно допустимой удельной поверхности для бетона данной марки.

2.19. Процент добавки укрупнителя от общей суммы мелких заполнителей $П$ определяется по формуле

$$П = \frac{М - Д}{М - У} \cdot 100\%, \qquad (3)$$

где $М$ — удельная поверхность мелкозернистого песка;

$У$ — удельная поверхность укрупнителя (крупнозернистого песка);

$Д$ — предельно допустимая удельная поверхность.

Например, необходимо приготовить бетон марки М 200, удельная поверхность мелкозернистого песка $М = 225$ см²/г, удельная поверхность укрупнителя — крупнозернистого песка $У = 50$ см²/г.

Требуется найти дозировку укрупнителя.

Согласно табл. 2 предельно допустимая удельная поверхность песка $Д$ для бетона марки М 200 составляет 150 см²/г.

Следовательно, добавка укрупнителя составит:

$$П = \frac{225 - 150}{225 - 50} \cdot 100 = 42{,}9\%,$$

а мелкозернистого песка — 100—42,9=57,1%.

2.20. При применении искусственных дробленых песков предпочтение следует отдавать карбонатным пескам, удовлетворяющим требованиям ГОСТ 10268—70 *.

2.21. Для устранения отрицательных последствий воздействия климатических условий в районах с сухим жарким климатом на свойства затвердевшего бетона конструкций и сооружений (п. 1.8) необходимо модифицировать структуру цементного камня в бетоне и самого бетона в требуемом направлении с помощью следующих химических добавок:

пластифицирующих — сульфитно-дрожжевой бражки СДБ по ОСТ 81-79-74 и ТУ 81-04-225-73;

пластифицирующе-воздухововлекающих — мылонафта по ГОСТ 13302—67*, омыленной растворимой смолы ВЛХК по ТУ 81-05-34-73, этилсиликоната натрия ГКЖ-10 по ТУ 6-02-696-72, метилсиликоната натрия ГКЖ-11 по ТУ 6-02-696-72;

воздухововлекающих — смолы нейтрализованной воздухововлекающей СНВ по ТУ 81-05-75-69, синтетической поверхностно-активной добавки СПД по ТУ 38-101253-72, омыленного древесного пека ЦНИПС-1 по ТУ 81-05-16-71;

микрогазообразующей — полигидросилоксана ГКЖ-94 по ГОСТ 10834—64.

Применение этих структурообразующих добавок возможно в сочетании с такими ускорителями твердения бетона, как нитрат кальция $Ca(NO_3)_2$ по МРТУ 6-03-195-67 и ГОСТ 4142—66, нитрит-нитрат-хлорид кальция ННХК по ТУ 6-18-157-73 и др.

Выбор комплексной добавки рекомендуется производить в зависимости от необходимости обеспечения требуемых свойств затвердевшего бетона и технологии производства бетонных работ (см. раздел 3 настоящего Руководства).

Возможно применение других добавок указанных видов при соответствующем технико-экономическом обосновании и обеспечении необходимого эффекта в бетоне.

2.22. Оптимальное количество добавок устанавливается экспериментальным путем. Ориентировочное количество пластифицирую-

Таблица 3

Применяемый цемент	Добавки в расчете на сухое вещество, % массы цемента	
	СДБ	мылонафт, ВЛХК, ГКЖ-10, ГКЖ-11
Портландцемент, быстротвердеющий портландцемент	0,15—0,5	0,1—0,2
Сульфатостойкий портландцемент	0,1—0,5	0,05—0,15
Шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент	0,2—0,5	0,1—0,2

щих и пластифицирующе-воздухововлекающих добавок для тяжелого и легкого бетонов приведено в табл. 3, а воздухововлекающих и микрогазообразующих — в табл. 4.

Таблица 4

Добавки	Количество добавки в расчете на сухое вещество, % массы цемента при расходе его, кг/м³		
	до 300	300—400	свыше 400
СНВ, СПД, ЦНИПС-1	0,005—0,015	0,01—0,02	0,015—0,025
ГКЖ-94	0,06—0,08	0,05—0,07	0,03—0,05

Примечание. Дозировка ГКЖ-94 дана в расчете на исходное вещество 100%-ной концентрации.

Ориентировочное количество добавок ускорителей твердения (в составе комплексных добавок) для тяжелого и легкого бетонов составляет 1—3% массы цемента в расчете на сухое вещество.

2.23. Для снижения усадочных напряжений в бетонных и железобетонных конструкциях и сооружениях и повышения их трещиностойкости рекомендуется применять добавки СДБ, ВЛХК, ГКЖ-10, ГКЖ-11, СНВ, СПД, ЦНИПС-1.

Указанные добавки позволяют сократить расход цемента, тем самым несколько уменьшая усадочные деформации, снижают величину модуля упругости бетона и повышают его деформации ползучести. Это приводит к повышению усадочной трещиностойкости бетонных и железобетонных конструкций и сооружений.

2.24. Для уменьшения отрицательного воздействия циклического нагрева бетона конструкций и сооружений в районах с сухим жарким климатом рекомендуется применять добавки, приведенные в п. 2.23 настоящего Руководства.

2.25. Для повышения морозостойкости бетона рекомендуется вводить добавки СНВ, СПД, мылонафта, ВЛХК, ГКЖ-10, ГКЖ-11, ГКЖ-94, а также комплексные добавки СДБ+СНВ, СДБ+СПД, ГКЖ-10+$Ca(NO_3)_2$, ГКЖ-11+$Ca(NO_3)_2$, ГКЖ-94+$Ca(NO_3)_2$.

2.26. Для повышения непроницаемости бетона рекомендуется вводить добавки $Ca(NO_3)_2$, СДБ, мылонафта, ВЛХК, СНВ, СПД, а также комплексные добавки СДБ+$Ca(NO_3)_2$ и др.

2.27. Для повышения солестойкости бетона рекомендуется вводить добавки СНВ, СПД, мылонафта, ВЛХК, ГКЖ-10, ГКЖ-11 или ГКЖ-94.

2.28. Влияние перечисленных добавок на свойства затвердевшего бетона, их краткая характеристика, основные показатели водных растворов различных добавок и другие вопросы, связанные с применением добавок в бетонах, а также особенности подбора состава бетона, контроль за производством работ и техника безопасности при использовании различных добавок изложены в «Руководстве по применению химических добавок к бетону» НИИЖБ, М., Стройиздат, 1975 и в «Рекомендациях по применению химических добавок в бетоне», М., Стройиздат, 1977.

3. ПРАВИЛА ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ В ЖАРКУЮ И СУХУЮ ПОГОДУ

3.1. Рекомендации настоящего раздела Руководства следует учитывать при производстве бетонных работ в различных климатических районах страны в период года с жаркой и сухой погодой, характеризующейся температурой воздуха в 13 ч выше +25°С и относительной влажностью менее 50%.

3.2. *Прочность, долговечность и другие физико-механические* свойства бетона, а также качество конструкций и сооружений, бетонируемых и твердеющих в жаркую и сухую погоду, определяются, главным образом, выбором исходных материалов, принятым составом бетона, а также надлежащими температурно-влажностными условиями его твердения.

Влияние цементов

3.3. Эффективность применения того или иного вида цемента при изготовлении бетонных и железобетонных конструкций в жаркую и сухую погоду определяется рядом факторов: проектной маркой бетона, видом бетонируемой конструкции, условиями ее последующей эксплуатации, а также особенностями производства работ (способом приготовления, условиями и длительностью транспортирования и укладки бетонной смеси, условиями твердения конструкций и т. д.).

3.4. Наиболее эффективными цементами являются быстротвердеющие высокоактивные портландцементы, марка которых по ГОСТ 10178—62* (в целях снижения усадочных и температурных деформаций в твердеющем бетоне и экономного расходования цемента) должна превышать марку бетона не менее чем в 1,5 раза.

Бетоны на таких цементах имеют бóльший темп начального твердения и меньшую способность к влагоотдаче, чем при применении обычных портландцементов. Это позволяет сократить продолжительность влажностного ухода за бетоном конструкции. Кроме того, применение быстротвердеющих высокоактивных портландцементов дает возможность снизить максимальную величину пластической (начальной) усадки бетонов.

Для бетонов марки М 300 и выше допускается применять цементы, марка которых превышает марку бетона менее чем в 1,5 раза при условии применения пластифицированных портландцементов или добавок-пластификаторов, снижающих водопотребность смеси.

3.5. Применение пуццоланового портландцемента, шлакопортландцемента ниже М 400 и глиноземистого цемента для бетонирования надземных конструкций в жаркую и сухую погоду не допускается, за исключением случаев, предусмотренных проектом.

3.6. Высокая температура бетонной смеси увеличивает скорость гидратации цемента, сокращает сроки его схватывания и приводит к повышению водопотребности бетонной смеси, что является одной из причин снижения прочности бетона и его долговечности при укладке в жаркую и сухую погоду.

Влияние температуры бетонной смеси на скорость физико-химического связывания цементом воды затворения определяется мине-

ралогическим и вещественным составами цемента, составом бетона и другими факторами.

3.7. На температуру бетонной смеси температура самого цемента оказывает незначительное влияние по сравнению с другими составляющими.

Так, при снижении температуры различных компонентов бетонной смеси на 10°С температура ее уменьшается в зависимости от состава: на 6—7°С — при снижении температуры заполнителей, на 2—3°С — при снижении температуры воды затворения и примерно на 1°С — при снижении температуры цемента.

Вследствие указанных в п. 3.6 обстоятельств температура цемента должна быть ограничена.

3.8. Наряду с требованиями действующих стандартов цемент при бетонировании в жаркую и сухую погоду должен удовлетворять следующим дополнительным требованиям:

а) нормальная густота цементного теста, приготовленного из портландцемента согласно ГОСТ 310—60 «Цементы. Методы физических и механических испытаний», не должна превышать 27%;

б) начало схватывания должно наступать не ранее 1 ч 30 мин от начала затворения;

в) цемент, испытанный согласно прил. 2, не должен обнаруживать ложного схватывания;

г) цемент не должен иметь температуру, превышающую 50°С из-за повышения водопотребности и некоторого его перерасхода.

Влияние добавок

3.9. При производстве работ в жаркую и сухую погоду бетоны, как правило, не должны изготовляться без применения пластифицирующих, пластифицирующе-воздухововлекающих, воздухововлекающих и комплексных добавок, состоящих из сочетания этих добавок с ускорителем твердения.

3.10. С помощью добавок можно устранить увеличение водопотребности бетонной смеси повышенной температуры и быструю потерю бетонной смесью подвижности.

Устранение этих неблагоприятных последствий жаркой и сухой погоды позволит избежать необходимого перерасхода цемента в бетоне.

Кроме того, применение добавок позволит повысить усадочно-температурную трещиностойкость конструкций и сооружений, и наряду с повышением качества бетонных работ снизить стоимость строительства.

3.11. При назначении и выборе добавок для бетонов при бетонировании в жаркую и сухую погоду рекомендуется учитывать следующие возможные случаи:

а) когда бетонная смесь транспортируется на значительное расстояние (промежуток времени между ее приготовлением и окончанием укладки превышает величины, указанные в табл. 9) и за бетоном обеспечен надлежащий уход.

В этом случае для обеспечения подвижности бетонной смеси, требуемой при укладке, необходимо применять пластифицирующие добавки СДБ в количестве 0,2—0,5% массы цемента, водорастворимый полимер ВРП-1 (ТУ 7 УзССР 17-74) в количестве 0,015—0,05% массы цемента или другие поверхностно-активные добавки и

замедлители схватывания цемента, предусмотренные главой СНиП на вяжущие материалы неорганические и добавки для бетонов и растворов.

Методика определения оптимальной дозировки добавки СДБ приведена в п. 3.26 настоящего Руководства;

б) когда промежуток времени между приготовлением и окончанием укладки бетонной смеси не превышает величин, указанных в табл. 9, и организация тщательного и необходимого по продолжительности ухода за бетоном затруднена.

В этом случае для сокращения продолжительности ухода за бетоном следует применять комплексные добавки, состоящие из сочетания пластифицирующей или воздухововлекающей добавки с ускорителем твердения.

Пластифицирующая или воздухововлекающая добавка в составе комплексной необходима для уменьшения расхода цемента в бетоне и улучшения его последующих физико-механических свойств и долговечности.

В качестве пластифицирующих добавок следует применять СДБ, ВРП-1, а в качестве воздухововлекающих — СНВ и др. Эти добавки в данном случае не должны значительно замедлять твердение бетона в ранние сроки, поэтому их рекомендуется применять в следующих дозировках: СДБ — 0,1—0,3%; ВРП-1 — 0,01—0,02% массы цемента. В качестве ускорителей твердения в комплексной добавке рекомендуется применять добавки нитрата кальция $Ca(NO_3)_2$, нитрит-нитрат-хлорида кальция ННХК и др.

Дозировки добавок — ускорителей твердения в составе комплексных добавок выбираются с учетом рекомендаций, изложенных в п. 2.22.

В рассматриваемом случае можно рекомендовать комплексные добавки, приведенные в табл. 5.

Таблица 5

Сочетание добавок	Количество, %, массы цемента
СДБ+ННХК	(0,1—0,3)+(1—2)
СДБ+$Ca(NO_3)_2$	(0,1—0,3)+(1—3)

в) когда бетонная смесь транспортируется на значительное расстояние (промежуток времени между ее приготовлением и окончанием укладки превышает величины, указанные в табл. 9).

При этом организация тщательного и необходимого по продолжительности ухода за бетоном затруднена.

В этом случае для замедления процесса структурообразования при перевозке и укладке смеси и одновременно ускорения и улучшения условий твердения бетона следует применять комплексные добавки, состоящие из пластифицирующей добавки СДБ в количестве 0,2—0,5% массы цемента и ускорителя твердения.

3.12. Для каждого вида цемента, состава бетона и конкретных условий производства работ необходимо назначать оптимальный вид добавки, содержание ее в бетонной смеси для обеспечения за-

данной подвижности в момент укладки и достижения в соответствующие сроки требуемой прочности бетона.

При этом следует стремиться к уменьшению расхода цемента в 1 м³ бетона и к сокращению продолжительности ухода за бетоном.

При назначении вида добавок и их оптимального содержания в бетоне лаборатория строительства должна установить их эффективность для конкретных условий данного производства по следующим показателям:

а) по степени пластификации (по степени повышения подвижности или снижения жесткости бетонной смеси) при неизменном водоцементном отношении или по проценту снижения расхода воды и цемента в бетоне при сохранении заданной подвижности бетонной смеси в момент укладки и обеспечении требуемой прочности бетона в различные сроки твердения [1];

б) по увеличению продолжительности сохранения требуемой подвижности бетонной смеси;

в) *по сокращению продолжительности ухода за твердеющим* бетоном.

Дозировка добавки выбирается как с учетом всех перечисленных показателей эффективности, так и некоторых из них.

Влияние воды

3.13. Вода для затворения бетонной смеси и поливки бетона должна удовлетворять требованиям правил главы СНиП на бетонные и железобетонные конструкции монолитные, а для гидротехнических бетонов — ГОСТ 4797—69* «Бетон гидротехнический. Технические требования к материалам для его приготовления».

3.14. Вода для затворения имеет удельную теплоемкость, в 4—5 раз превышающую удельную теплоемкость сухих материалов в бетоне, поэтому температура ее должна была бы оказывать наибольшее влияние на температуру бетонной смеси по сравнению с другими составляющими бетон материалами.

С другой стороны, воды в бетоне содержится значительно меньше, чем остальных материалов.

В итоге температура воды в большей степени влияет на температуру бетонной смеси, чем температура цемента, и в меньшей степени, чем температура крупного и мелкого заполнителей (п. 3.7).

3.15. Снижение температуры воды затворения значительно проще, чем температуры сухих составляющих бетона. Поэтому, несмотря на ее сравнительно незначительное количество, целесообразно уменьшать температуру бетонной смеси за счет применения холодной воды.

Особенности подбора состава бетона

3.16. Подбор состава бетона, твердеющего в жаркую и сухую погоду, может производиться различными проверенными на прак-

[1] Сравнение по второму показателю предпочтительнее, так как позволяет оценивать выбранные добавки в более широком диапазоне их дозировок, например для СДБ в диапазоне 0—0,5% массы цемента.

тике способами, обеспечивающими получение в требуемые сроки проектной прочности.

Состав бетона должен удовлетворять требованиям правил главы СНиП на бетонные и железобетонные конструкции монолитные и подбираться с учетом рекомендаций, приведенных в пп. 3.17—3.33 настоящего Руководства.

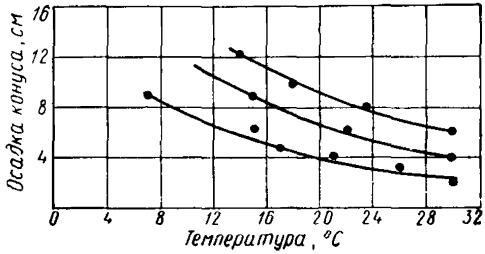


Рис. 4. Зависимость начальной подвижности бетонных смесей от температуры

3.17. В целях снижения усадочных и температурных напряжений в бетоне и, следовательно, повышения его качества и долговечности необходимо стремиться подбирать состав бетона с возможно меньшим расходом цемента при обеспечении требуемой прочности бетона и консистенции бетонной смеси у места ее укладки.

3.18. Одной из основных особенностей подбора состава бетона, приготовляемого в жаркую погоду, является необходимость учета существующей обратно пропорциональной зависимости между температурой бетонной смеси и ее начальной консистенцией.

При этом на указанную зависимость существенное влияние оказывают состав бетона, водоцементное отношение, консистенция бетонной смеси, вид и состав применяемого цемента, тонкость его помола и другие технологические факторы. Необходимо учитывать, что изменение начальной консистенции бетонной смеси происходит неравномерно — в интервале от 10 до 30—35°С.

В качестве примера на рис. 4 приведена зависимость начальной подвижности бетонных смесей ($В/Ц=0{,}7$), приготовленных на портландцементе М 400 Белгородского завода, кварцевом песке с $М_{кр}=2{,}4$ и гранитном щебне фракции 5—30 мм, от температуры. Из рисунка следует, что начальная подвижность бетонной смеси уменьшается примерно на 3—5 см осадки стандартного конуса при повышении ее температуры от 10 до 20°С и примерно на 2—3 см при повышении температуры от 20 до 30°С.

3.19. Водопотребность бетонной смеси в значительной степени определяется ее температурой. По мере повышения температуры бетонной смеси ее водопотребность для получения требуемой отпускной консистенции возрастает.

3.20. Степень повышения водопотребности для получения равноконсистентной бетонной смеси при повышении ее температуры зависит от многих факторов: состава бетона, водоцементного отношения, консистенции бетонной смеси, вида и состава примененного цемента, вида и качества заполнителей — и колеблется в значительных пределах (от 0,5 до 1,2 л/м^3 на 1°С).

Чем выше марки цемента, бетона и подвижность бетонной смеси, тем в большей степени повышается водопотребность бетонной смеси при увеличении ее температуры.

Ориентировочные величины изменения расхода воды в бетоне, необходимые для получения бетонной смеси одинаковой исходной подвижности в зависимости от температуры смеси, приведены в табл. 6.

Таблица 6

Температура бетонной смеси, °С	10	15	20	25	30	35
Относительный расход воды, %	94—97	97—99	100	102—104	105—107	108—110

3.21. Увеличение расхода воды для получения требуемой начальной консистенции бетонной смеси в жаркую погоду без изменения расхода цемента приводит к увеличению водоцементного отношения и, следовательно, к понижению прочности бетона. Поэтому, не применяя специальных мероприятий, указанных в п. 3.24, для получения заданной марки бетона (при равноконсистентных смесях) в таких условиях требуется увеличить расход цемента с учетом водопотребности смеси при различных температурах, приведенной в табл. 6.

3.22. Вследствие влияния факторов, приведенных в п. 3.20, на зависимость водопотребности бетонной смеси от ее температуры окончательный состав бетона следует устанавливать экспериментально с учетом конкретных условий производства и качества примененных материалов.

3.23. При назначении исходной подвижности бетонной смеси следует учитывать дальнейшее ее снижение к моменту бетонирования конструкции.

3.24. С целью уменьшения или устранения перерасхода цемента при производстве работ в жаркую и сухую погоду, а также обеспечения в момент укладки необходимой подвижности бетонной смеси (табл. 7) с учетом заданной продолжительности транспортирования или выдерживания ее до укладки необходимо осуществлять следующие мероприятия: понижать начальную температуру приготовляемой смеси, вводить добавки поверхностно-активных веществ, снижающих ее водопотребность, или сочетать указанные мероприятия.

3.25. Снижение температуры бетонной смеси — весьма эффективный способ обеспечения требуемой подвижности бетонной смеси. Однако необходимо иметь в виду, что бетонные смеси, имеющие пониженные начальные температуры, требуют удлинения периода последующего ухода за бетоном до достижения им соответствующей прочности.

3.26. Пластифицирующие добавки рекомендуется вводить в бетон в соответствии с пп. 3.9—3.12 настоящего Руководства.

Выбор оптимальной дозировки добавки СДБ производится по следующей методике.

За основу принимается состав бетона, подобранный в нормальных условиях (при температуре бетонной смеси 18—20°С) и обеспечивающий требуемую консистенцию бетонной смеси, и при надле-

Таблица 7

Конструкции	Осадка конуса, см
1. Подготовка под фундаменты и полы, основания дорог и аэродромов	0—1
2. Покрытия дорог и аэродромов, полы, массивные неармированные или малоармированные конструкции (подпорные стены, фундаменты, блоки массивов)	1—3
3. Массивные армированные конструкции, плиты, балки, колонны большого и среднего сечения	3—6
4. Железобетонные конструкции, сильно насыщенные арматурой, тонкие стенки и колонны, бункера, силосы, балки и плиты малого сечения и т. п.:	
а) горизонтальные элементы	6—8
б) вертикальные »	8—10
5. Конструкции, бетонируемые в скользящей опалубке:	
при уплотнении вибратором	6—8
при ручном уплотнении	8—10

жащем температурно-влажностном твердении — проектную марку бетона в соответствующем возрасте.

Для двух интервалов температур бетонной смеси указанного состава 25—30 и 30—35°С (значения температур могут быть изменены при различных конкретных условиях производства) устанавливаются зависимости начальной подвижности бетонной смеси от количества введенной добавки СДБ в % массы цемента.

Рекомендуется проверить эти зависимости при следующих дозировках сульфитно-дрожжевой бражки: 0,05; 0,1—0,15; 0,2—0,25; 0,3; 0,4; 0,5% массы цемента.

Для каждой смеси, имеющей определенную начальную температуру, при некоторой дозировке СДБ начинает происходить ее расслоение.

Минимальное содержание добавки, при котором начинается расслоение смеси, условно принимается за границу, разделяющую обычную и повышенную дозировки добавки СДБ. Применение повышенных дозировок добавки СДБ целесообразно только при со-

ответствующем снижении расхода цемента и воды ($В/Ц$=Const или при уменьшении $В/Ц$).

При применении обычных дозировок добавки СДБ в ряде случаев также целесообразно несколько снижать водоцементное отношение: это позволит скомпенсировать некоторый возможный недобор начальной прочности бетона, вызванный введением добавки, и добиться такого темпа твердения пластифицированного бетона, когда его 2—3-суточная прочность практически сравнивается с прочностью бетона без добавок.

Требуемую дозировку добавки СДБ следует назначать по установленным зависимостям начальной подвижности бетонной смеси от количества СДБ при различных температурах таким образом, чтобы при принятых условиях и необходимой продолжительности транспортирования или выдерживания смеси до укладки, подвижность ее в момент укладки не была бы ниже требуемой.

В целях экономии цемента, если назначенная таким образом дозировка СДБ не выходит за пределы обычно применяемых дозировок, рекомендуется увеличивать содержание добавки СДБ в бетоне до 0,5% массы цемента.

Для этого приготовляют три замеса бетонной смеси с одинаковыми подвижностями, полученными при назначенной дозировке СДБ, и одинаковыми водоцементными отношениями, но с различным содержанием добавок.

В первом замесе применяется назначенная дозировка СДБ, во втором — 0,5% СДБ массы цемента, в третьем — промежуточное значение. При большем количестве промежуточных дозировок добавки соответственно увеличивается число замесов.

Ориентировочное снижение расхода воды и цемента в зависимости от количества добавки СДБ принимается следующим: при введении СДБ в количестве 0,2% — на 9%, при 0,3% — на 12%, при 0,4% — на 16% и при 0,5% — на 19%.

Доля содержания песка в смеси заполнителей принимается равной величине ее в бетоне без добавки или несколько увеличивается с целью улучшения связанности бетонной смеси.

Количество смеси заполнителей в бетонной смеси увеличивается непропорционально уменьшению расхода воды и цемента из-за воздухововлечения бетонной смеси. Ориентировочно можно считать, что количество вовлеченного воздуха в бетонную смесь возрастает пропорционально количеству добавки СДБ: 0,1% добавки вовлекает дополнительно примерно 0,5—0,8% воздуха.

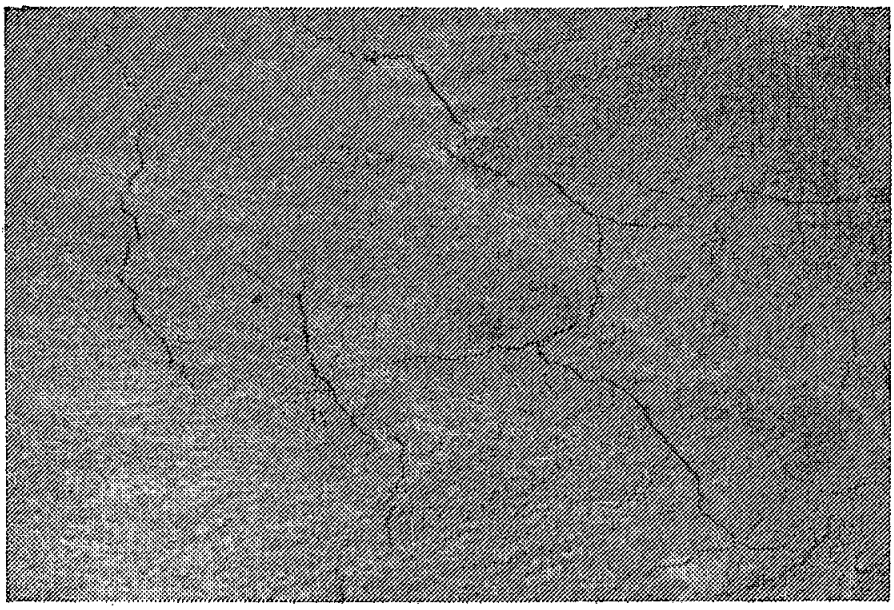
Изготовленные образцы рекомендуется хранить в естественных условиях с постоянным влажностным уходом, а испытание их производить в заданные сроки с целью определения требуемой прочности бетона (распалубочной, проектной).

Описанная методика может быть применена и при подборе состава бетона с другими пластифицирующими добавками.

3.27. Целесообразно сочетать введение добавки СДБ или другого пластификатора с понижением начальной температуры бетонной смеси. Это позволяет при более низких дозировках добавки достигать цели, изложенные в п. 3.24.

3.28. Учет протекания в твердеющем бетоне вследствие его интенсивного обезвоживания значительной пластической (начальной) усадки, приводящей к раннему растрескиванию бетонных и железобетонных конструкций (рис. 5), ухудшению основных физи-

а)



б)

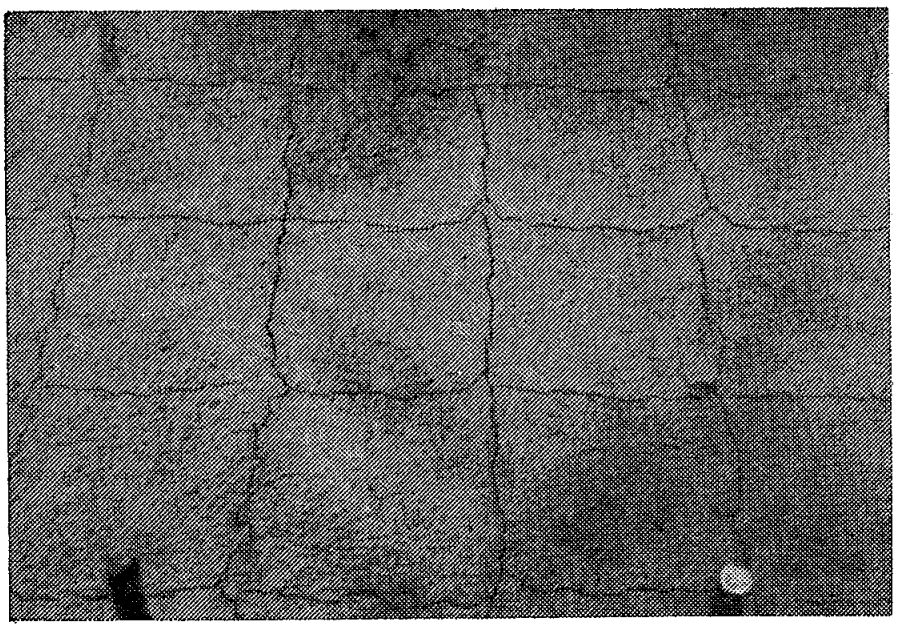


Рис. 5. Растрескивание от пластической усадки

а — бетонных облицовок ирригационных каналов; *б* — железобетонного фундамента

ко-механических свойств бетона и резкому снижению их долговечности, составляет существенную особенность подбора состава бетона, приготовляемого, укладываемого и твердеющего в жаркую и сухую погоду.

3.29. Величина пластической усадки в этих условиях превышает примерно в 10 раз величину последующей влажностной усадки затвердевшего бетона в период эксплуатации и в зависимости от состава бетона, температурно-влажностных условий твердения и других факторов достигает 3—4 мм/м и более. В качестве примера на рис. 6 приведены начальные усадочные деформации цементного теста нормальной густоты ($В/Ц=0{,}255$), раствора состава 1 : 2 и бетона состава 1 : 2 : 4 с $В/Ц=0{,}5$, приготовленных на портландцементе М 300 Ахангаранского завода, речном песке с $М_{кр}=3{,}4$ и гравии фракции 5—20 мм, твердевших при температуре воздуха 34—36 °С и относительной влажности 21—26%. Протекание пластической усадки в стесненных условиях (например, в армированном бетоне) значительно интенсифицирует ранее растрескивание бетона.

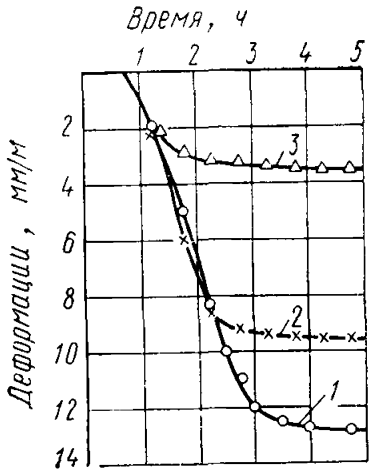


Рис. 6. Пластическая усадка
1 — цементного теста; *2* — раствора; *3* — бетона

3.30. На характер протекания и величину пластической усадки влияют вид цемента, водоцементное отношение, консистенция бетонной смеси, расход воды затворения, количество и размер крупного заполнителя и другие факторы, учет которых позволяет существенно снижать максимальную величину пластической усадки и смягчать, таким образом, ее отрицательное влияние на основные физико-механические свойства затвердевшего бетона, однако полностью исключить ее невозможно.

3.31. При подборе состава бетона с учетом снижения величины его пластической усадки следует иметь в виду, что при одинаковой подвижности бетонной смеси применение бетонов более высоких марок приводит к возрастанию величины пластической усадки (например, для бетонов, приготовленных на портландцементе М 300 Ахангаранского завода, кварцевом песке с $М_{кр}=3{,}4$ и гравии фракции 5—20 мм, имеющих подвижность, равную 2—3 см осадки стандартного конуса, и водоцементные отношения 0,75; 0,55 и 0,35; величина максимальной пластической усадки бетона через 1,5—2 ч после укладки составляет соответственно 2,3; 3,1 и 4,6 мм/м) и поэтому требует более тщательного начального ухода и осуществления других технологических мероприятий.

Обратно пропорциональная зависимость максимальной величины пластической усадки от $В/Ц$ при постоянном расходе воды и одинаковой консистенции объясняется главным образом изменением в бетоне количества цементного теста, т. е. фазы, наиболее подверженной усадочным деформациям.

3.32. При применении равномарочных бетонов величина пластической усадки возрастает по мере увеличения подвижности

бетонной смеси. Поэтому с позиций ограничения величины пластической усадки при производстве бетонных работ в жаркую и сухую погоду предпочтение следует отдавать бетонным смесям с минимально допустимой подвижностью.

3.33. С уменьшением содержания и размера крупного заполнителя в бетоне максимальная величина его пластической усадки возрастает, однако перенасыщение бетона щебнем или гравием так же, как и применение заполнителя повышенной крупности, создает условия для увеличения степени стеснения деформаций пластической усадки, увеличения растягивающих напряжений и соответственно количества дефектов в структуре бетона.

В связи с этим рекомендуется принимать расход крупного заполнителя в пределах 0,75—0,85 м³ на 1 м³ бетона.

Приготовление бетонной смеси

3.34. Бетонную смесь следует приготовлять в соответствии с правилами главы СНиП на бетонные и железобетонные конструкции монолитные и с учетом рекомендаций, приведенных в пп. 3.35—3.43 настоящего Руководства.

3.35. Температура бетонной смеси при бетонировании конструкций с $M_п > 3$ м$^{-1}$ в момент отправки ее с бетоносмесительного узла не должна превышать 30—35°С.

Однако следует иметь в виду, что при температуре смеси выше 25°С могут возникнуть затруднения при укладке и уплотнении бетона. Транспортировать бетонную смесь температурой выше 35°С не допускается.

При бетонировании массивных конструкций (в том числе гидротехнических) с $M_п \leqslant 3$ м$^{-1}$ температура бетонной смеси должна быть возможно низкой и не должна превышать 20°С.

3.36. При назначении мероприятий по охлаждению компонентов бетона расчет температуры свежеприготовленной смеси $T_с$, °С, рекомендуется производить по формуле

$$T_с = \frac{0{,}2\,(t_ц Ц + t_п П + t_к К) + t_п B_п + t_к B_к + t_в B}{0{,}2\,(Ц + П + К) + B_п + B_к + B} \qquad (4)$$

где 0,2 — удельная теплоемкость сухих компонентов бетона;

$t_ц$, $t_п$, $t_к$, $t_в$ — температура цемента, песка, крупного заполнителя и воды, °С;

$Ц$, $П$, $К$, B — расход цемента, песка, крупного заполнителя и воды в кг на 1 м³ бетона или на один замес;

$B_п$, $B_к$ — содержание влаги в песке и в крупном заполнителе, кг.

3.37. Из формулы (4) следует, что для снижения температуры свежеприготовленной бетонной смеси обычного состава на 1°С необходимо либо снизить температуру цемента на 8—10°С, либо воды примерно на 4°С, либо заполнителей на 1,6—1,8°С. Поэтому для снижения температуры бетонной смеси целесообразно охлаждение в первую очередь заполнителей и воды затворения.

3.38. Заполнители во избежание их нагрева рекомендуется хранить в крытых складах или в штабелях, защищенных от воздействия прямых солнечных лучей, в бункерах, имеющих наруж-

ную теплоизоляционную защиту и окрашенных в светлые тона, либо расположенных в закрытых помещениях.

Допускается хранить заполнители в открытых штабелях. В этом случае необходимо крупный заполнитель охлаждать за счет испарения воды с его поверхности, для чего на складе заполнитель смачивают водой, а затем при транспортировании в бункер бетоносмесительного завода по транспортерам подштабельной галереи и наклонной эстакады обдувают потоком воздуха, нагнетаемым вентилятором.

Рекомендуется также увлажненный заполнитель пропускать через вращающийся барабан (типа сушильного) с одновременным просасыванием через него воздуха.

Следует иметь в виду, что испарительное охлаждение заполнителей по различным технологическим схемам приготовления бетонной смеси является весьма эффективным способом снижения их начальной температуры.

При невозможности использования этого способа крупный заполнитель непосредственно перед применением (не более чем за 10 мин) допускается увлажнять холодной водой.

3.39. Для снижения температуры свежеприготовленной бетонной смеси для ее затворения следует применять воду с возможно более низкой температурой. Рекомендуется для этого использовать воду из прохладных источников и принимать меры по защите ее от нагревания путем теплоизоляции труб и защиты резервуаров.

Трубопроводы и резервуары для воды должны находиться не менее 0,4 м от поверхности грунта или должны быть теплоизолированы. Для временных установок допускается затенение резервуаров с окраской их в светлые тона светоотражающими красками (например, белой, алюминиевой и др.).

Автоцистерны по доставке воды к бетоносмесительным узлам должны быть теплоизолированы и окрашены светоотражающими красками.

Температуру воды целесообразно снижать охлаждением в специальных установках или добавлением в нее измельченного льда.

Применение дробленого или струганого льда как части воды затворения — весьма эффективный способ снижения температуры бетонной смеси, хотя и требует дополнительного оборудования и затрат. При этом перемешивание воды в смесителе следует продолжать до полного таяния льда.

3.40. Бетоносмесители необходимо, как правило, устанавливать в закрытые помещения. Бетоносмесители, устанавливаемые на открытом воздухе, рекомендуется окрашивать в светлые тона и защищать от прямого воздействия солнечных лучей.

3.41. Бетоносмесительные узлы должны иметь необходимые помещения и устройства для приготовления и дозирования используемых в бетонах различных химических добавок.

3.42. Продолжительность перемешивания бетонной смеси в смесителе устанавливается строительной лабораторией опытным путем с учетом качества заполнителей, состава смеси, емкости смесителя, погодных условий и других факторов.

При этом необходимо, чтобы время перемешивания бетонной смеси было минимально допустимым, так как в процессе перемешивания смесь нагревается от среды и смесителя.

При отсутствии опытных данных наименьшую продолжительность перемешивания бетонной смеси в смесителях цикличного действия (считая с момента окончания загрузки всех материалов в смеситель и до начала выгрузки смеси из него) рекомендуется принимать по табл. 8.

Таблица 8

Объем готового замеса, л	Наименьшая продолжительность перемешивания бетонной смеси (с) в смесителях циклического действия			
	гравитационных			принудительного перемешивания
	Смеси с осадкой конуса, см			
	менее 3	3—6	свыше 6	
500 и менее	105	75	60	60
Свыше 500	150	120	90	60

Примечание. При использовании гравитационных смесителей для приготовления жестких бетонных смесей указанная в табл. 8 продолжительность перемешивания должна быть увеличена не менее чем на 30%.

3.43. После окончания работы бетоносмесителя, а также перед каждым перерывом в работе продолжительностью более 30 мин барабан бетоносмесителя должен быть освобожден от остатков бетона и промыт водой с добавлением крупного заполнителя.

Транспортирование бетонной смеси

3.44. Бетонную смесь следует транспортировать в соответствии с правилами главы СНиП на бетонные и железобетонные конструкции монолитные и с учетом рекомендаций, приведенных в пп. 3.45—3.61 настоящего Руководства.

3.45. Выбор способа и средств транспортирования бетонной смеси производится с учетом условий производства бетонных работ: темпов бетонирования, объемов укладываемого бетона, месторасположения строительной площадки и доступности объектов бетонирования, состава бетонной смеси и вида цемента, продолжительности транспортирования и укладки бетонной смеси, погодных условий и других факторов.

В процессе транспортирования бетонной смеси или выдерживания ее до укладки за счет ускорения гидратации и схватывания цемента, связанного с ее повышенной температурой, а также за счет интенсивного испарения воды затворения, происходит быстрая потеря бетонной смесью подвижности во времени. В связи с этим период времени от завершения приготовления смеси до ее укладки должен быть по возможности минимальным.

При бетонировании в жаркую и сухую погоду особое внимание следует уделять вопросам организации производства бетонных работ, предусматривающей четкую работу транспорта, согласованную с темпами укладки бетона и исключающую всякие задержки при доставке бетонной смеси.

3.46. Транспортирование, подача и распределение бетонной смеси должны быть организованы так, чтобы бетонная смесь на месте укладки имела подвижность, соответствующую требованиям табл. 7.

3.47. Рекомендуются следующие основные способы обеспечения требуемой на месте укладки подвижности бетонной смеси при ее транспортировании:

доставка товарной бетонной смеси в автобетоносмесителях с перемешиванием ее в пути;

приготовление бетонной смеси в автобетоносмесителях в пути или у места укладки путем перемешивания отдозированных компонентов бетона с водой;

раздельная доставка отдозированных цемента и остальных твердых компонентов в специальных контейнерах с затворением водой в бетоносмесителях у места укладки;

применение различных добавок, пластифицирующих и консервирующих консистенцию бетонной смеси;

приготовление и транспортирование бетонной смеси с пониженной температурой.

Указанные способы могут быть использованы раздельно либо в сочетании.

3.48. Доставка и приготовление смесей в автобетоносмесителях, а также перевозка сухих смесей — способы транспортирования бетонной смеси, не устраняющие в жаркую погоду необходимости перерасхода воды и цемента для обеспечения начальной подвижности бетонной смеси (пп. 3.18—3.22). В то же время способы приготовления и транспортирования смесей с добавками поверхностно-активных веществ, охлажденных смесей или их сочетание (пп. 3.24—3.27) позволяют в значительной степени обеспечить как начальную (отпускную), так и требуемую на объекте подвижность бетонной смеси без перерасхода воды и цемента.

3.49. Максимальная продолжительность перевозки и укладки бетонной смеси в зависимости от ее температуры при выпуске из

Таблица 9

Температура свежеприготовленной бетонной смеси, °С	Максимально допустимая продолжительность перевозки и укладки бетонной смеси, мин
25	30—60
30	15—30
35	10—15

Примечание. Данные табл. 9 приведены для транспортирования бетонной смеси без применения специальных способов, обеспечивающих требуемую на месте укладки подвижность бетонной смеси (п. 3.47).

бетоносмесителя не должна превышать величин, приведенных в табл. 9.

3.50. Максимально допустимая продолжительность транспортирования и укладки готовой бетонной смеси может быть значительно увеличена введением в бетонную смесь поверхностно-активных добавок: пластифицирующих, консервирующих консистенцию или замедляющих твердение бетона.

3.51. Бетонную смесь можно транспортировать с использованием различного оборудования и транспортных средств: автобетоносмесителей, автобетоновозов, специальных бункеров, перевозимых авто- или железнодорожным транспортом, автосамосвалов и т. д. Перевозить бетонную смесь в кузовах бортовых автомашин не допускается.

При соответствующих технико-экономических обоснованиях допускается перевозить сухие смеси в специальных контейнерах.

3.52. Транспортные средства и оборудование должны исключать возможность нарушения однородности смеси и потери цементного молока или раствора в пути, а также обеспечивать быструю разгрузку бетонной смеси, удобную очистку и промывку.

3.53. Наружную поверхность тары для перевозки бетонной смеси (барабанов автобетоносмесителей, кузовов автобетоновозов и автосамосвалов, бункеров и др.) рекомендуется окрашивать красками, отражающими солнечный свет. Сама тара должна иметь возможно большую емкость.

3.54. Эффективным оборудованием по приготовлению и транспортированию бетонной смеси на дальние расстояния является автобетоносмеситель. Он может выполнять две функции:

а) транспортного средства по доставке товарной бетонной смеси к месту укладки, обеспечивая сохранность консистенции и однородность бетонной смеси побуждением ее при работе вращающегося барабана смесителя на малых оборотах. Перед разгрузкой бетонной смеси следует произвести 10—15 вращений барабана смесителя на скорости вращения, предусмотренной паспортом смесителя на период смешивания бетонной смеси;

б) смесителя и транспортного средства одновременно.

Отдозированные компоненты бетона с дозировочной установки загружают в барабан автобетоносмесителя, вращающийся с загрузочной скоростью, затем увеличивают скорость вращения и производят 70—100 оборотов барабана, заканчивая процесс приготовления бетонной смеси. В пути периодически включают барабан смесителя, работающий на малых оборотах (на скоростях побуждения бетонной смеси).

Для обеспечения требуемой на месте укладки подвижности бетонной смеси при транспортировании ее на дальние расстояния рекомендуется часть воды затворения (примерно $^1/_4$ необходимого количества) не вводить в бетон при его приготовлении, а добавлять в бетонную смесь после прибытия автобетоносмесителя к месту укладки.

Включают автобетоносмеситель, работающий на скоростях смешивания, и производят дополнительно 30 вращений барабана. При этом необходимо добавлять воду на месте укладки в соответствии с установленным водоцементным отношением.

Превышение расхода воды сверх расчетного приводит к уменьшению прочности и долговечности бетона конструкций и сооружений.

При невозможности обеспечения требуемой подвижности бетонной смеси при транспортировании ее с использованием мероприятий, предусмотренных в подпунктах «а» и «б», рекомендуется перейти к перевозке сухих бетонных смесей.

3.55. Транспортирование сухих бетонных смесей отличается от транспортирования готовой бетонной смеси тем, что отдозированные заполнители бетона и цемент доставляют к месту укладки в барабане автобетоносмесителя, а воду затворения — в отдельной емкости. Бетонную смесь приготовляют непосредственно у места ее укладки.

Если заполнители бетона сухие, то длительность транспортирования сухой бетонной смеси не регламентируется.

Однако, как правило, песок содержит переменное количество влаги, что ограничивает длительность транспортирования таких смесей. При этом особенно опасно использовать горячие цементы, так как соприкосновение горячего цемента с влажным песком сопровождается флокуляцией цементных частиц, быстрой их гидратацией, в результате чего бетонная смесь может быть забракована.

3.56. Продолжительное время можно транспортировать неперемешенную бетонную смесь в специальных контейнерах с двумя отделениями: одно — для цемента, другое — для заполнителей. При этом перемешивание компонентов с затворением их водой осуществляется в бетоносмесителях у места укладки бетона.

3.57. При доставке готовой бетонной смеси автосамосвалами добавление воды в бетонную смесь у места укладки для компенсации уменьшенной подвижности категорически запрещается.

3.58. Запрещается приготовлять бетонную смесь с увеличенным водоцементным отношением против расчетного (с добавлением воды и соответственно с завышением отпускной подвижности смеси для компенсации ее потери в процессе транспортирования, разгрузки и укладки).

При приготовлении и транспортировании бетонной смеси в жаркую и сухую погоду особое внимание следует обратить на содержание воды в 1 м^3 бетона.

3.59. Выбранный способ транспортирования бетонной смеси должен быть с наименьшим числом перегрузок смеси, экономичным и эффективным.

3.60. Малоподвижные и умеренно жесткие бетонные смеси в одних и тех же жарких и сухих погодных условиях быстрее теряют удобоукладываемость при транспортировании, чем подвижные смеси. В связи с этим, дальность транспортирования малоподвижных и умеренно жестких бетонных смесей в жаркую и сухую погоду значительно сокращается.

3.61. У места укладки бетонной смеси должен осуществляться систематический контроль ее подвижности. При наличии отклонений от заданной подвижности бетонной смеси или нарушении ее однородности следует принять меры по улучшению условий транспортирования или корректировке состава бетонной смеси.

Укладка бетонной смеси

3.62. Укладку бетонной смеси следует производить в соответствии с правилами главы СНиП на бетонные и железобетонные

конструкции монолитные и с учетом рекомендаций, приведенных в пп. 3.63—3.72 настоящего Руководства.

3.63. Температура бетонной смеси в момент укладки ее в обычные конструкции не должна превышать, как правило, 30—35°С. При укладке смеси в массивные конструкции температура ее должна быть возможно более низкой и не превышать 20°С.

Примечание. Требование п. 3.63 не распространяется на метод укладки предварительно разогретой бетонной смеси.

3.64. Перед укладкой бетонной смеси рекомендуется:

а) защитить место укладки от солнечных лучей путем устройства навесов или установки передвижных щитов;

б) опалубку, арматуру и основание охладить разбрызгиванием холодной воды.

3.65. Категорически запрещается восстанавливать подвижность товарной бетонной смеси до требуемой консистенции добавкой воды при ее укладке на строительной площадке.

3.66. При превышении температуры бетонной смеси при укладке +25°С необходимо принять меры по немедленной укладке ее в опалубку.

Особое внимание при этом должно быть уделено надежности работы оборудования по укладке и уплотнению бетонной смеси, соответствию качества и мощности этого оборудования принятому темпу приема бетонной смеси, ее укладке и уплотнению.

Любые задержки организационного характера и простои оборудования при укладке бетонной смеси способствуют понижению ее подвижности и приводят к некачественному уплотнению смеси, что отрицательно сказывается на качестве уложенного бетона и долговечности конструкции или сооружения.

3.67. В жаркую и сухую погоду вследствие быстрой потери бетонной смесью подвижности в процессе ее укладки и уплотнения напряженность работы вибраторов и вибрационного оборудования значительно возрастает, что требует дополнительного оборудования.

3.68. Необходимо стремиться уложить очередной объем бетона так, чтобы он имел наименьшую открытую поверхность.

3.69. Для устранения интенсивного обезвоживания бетона опалубку рекомендуется делать водонепроницаемой.

3.70. Отделку бетонных поверхностей рекомендуется производить сразу же после завершения уплотнения бетона.

3.71. При появлении на поверхности бетона вскоре после укладки трещин (вследствие протекания пластической усадки) допускается не позже чем через 1 ч после завершения укладки бетона (до начала схватывания цемента) с разрешения руководства строительства и под контролем строительной лаборатории производить повторное поверхностное вибрирование уложенного бетона, устраняющее имеющиеся трещины и частично предупреждающее появление новых.

3.72. В очень жаркие дни (дневная температура свыше 42—45°С) рекомендуется работы по бетонированию производить в конце второй половины дня и в ночные часы, что позволит значительно улучшить условия укладки бетона.

Уход за бетоном

3.73. Выдерживание бетона и уход за ним следует производить в соответствии с правилами главы СНиП на бетонные и железобетонные конструкции монолитные и с учетом рекомендаций, приведенных в пп. 3.74—3.95 настоящего Руководства.

3.74. Уход за свежеуложенным бетоном в жаркую и сухую погоду является ответственным технологическим мероприятием, обеспечивающим благоприятные температурно-влажностные условия твердения бетона и нарастание его прочности, а также предотвращающим значительные температурно-усадочные деформации и образование трещин.

Правильный уход в значительной степени определяет качество бетона и долговечность конструкций и сооружений.

3.75. Состав мероприятий по уходу за бетоном, порядок и сроки их проведения и контроля за их выполнением должны устанавливаться лабораторией, исходя из необходимости обеспечения бетону непрерывного влажностного режима, и утверждаться руководством строительства.

Уход за бетоном должен быть организован таким образом, чтобы исключить в течение необходимого периода времени потери им влаги и полностью обеспечить процесс гидратации и твердения до получения потенциально возможной прочности бетона.

3.76. Наиболее распространенным видом ухода за бетоном является непрерывный влажностный уход — покрытие открытых поверхностей конструкций и сооружений влагоемкими материалами (мешковиной, рогожей, соломенными матами, слоем песка, опилок и т. п.), находящимися весь необходимый период времени в непосредственном контакте с поверхностью бетона и постоянно поддерживаемыми во влажном состоянии.

3.77. Периодическая поливка водой открытых поверхностей твердеющих бетонных и железобетонных конструкций не допускается, так как периодическое воздействие относительно холодной воды на нагретую солнцем поверхность твердеющего бетона создает значительные температурные напряжения, что приводит к нарушению структуры бетона, появлению сетки трещин и снижению основных физико-механических свойств бетона.

3.78. Влажностный уход за бетоном делится на два периода: начальный (предварительный) и последующий (основной).

3.79. Начальный уход, начинающийся сразу же после окончания укладки бетонной смеси, заключается в предохранении свеженеуложенного бетона от прямой солнечной радиации и вредного воздействия ветра тщательным укрытием его влагонепроницаемыми (полиэтиленовой пленкой, брезентом и т. п.) или влагоемкими материалами (мешковиной, соломенными матами и т. п.), поддерживаемыми во влажном состоянии, и т. п.

В течение начального периода ухода непосредственный контакт твердеющего бетона с водой не допускается.

Продолжительность начального ухода определяется временем, в течение которого бетон приобретает начальную прочность не менее 0,5 МПа, и зависит от вида и активности цемента, состава бетона, температуры окружающей среды и других факторов.

3.80. С целью снижения величины пластической усадки бетона до возможного минимума, а также величины водопотерь, начальный

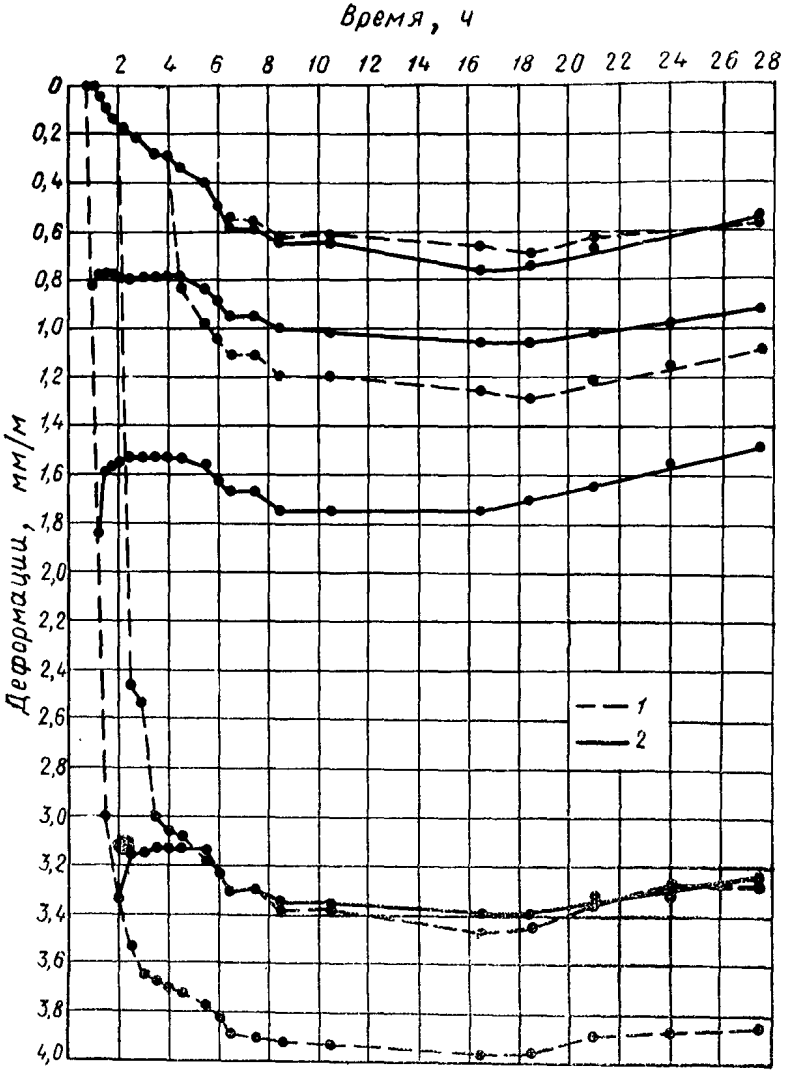


Рис. 7. Пластическая усадка бетона ($В/Ц$-0,48) при различном начальном уходе

1 — твердение бетона без ухода; *2* — то же, с уходом

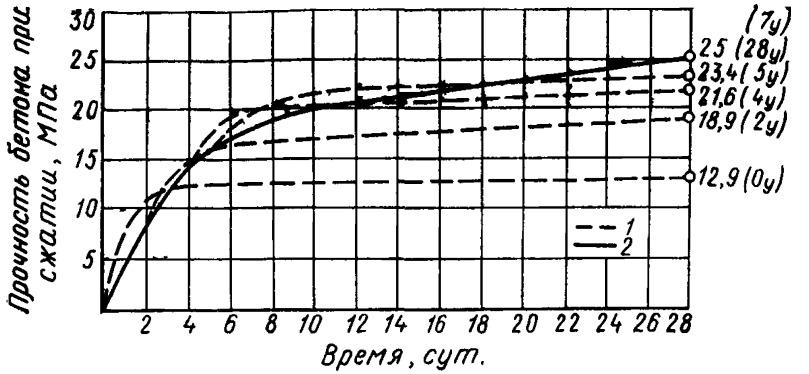


Рис. 8. Изменение прочности бетона, твердевшего в различных условиях, во времени

1 — твердение бетона без ухода; *2* — то же, с уходом; $0_у$, $2_у$ и т. д. — количество суток начального твердения бетона с уходом.

уход за открытыми поверхностями твердеющего бетона необходимо организовать немедленно после завершения укладки и отделки бетона.

Предотвратить раннее растрескивание открытых поверхностей бетона вследствие его пластической усадки можно благодаря немедленной тщательной защите всех поверхностей бетона от высыхания.

Величина пластической усадки в значительной мере определяется своевременностью и тщательностью начального ухода: всякая задержка с началом ухода, небрежность в покрытии открытых поверхностей бетона, а также прекращение его в течение первых 4—6 ч твердения приводят к значительному развитию усадочных деформаций, величины которых тем больше, чем раньше был прекращен начальный уход за твердеющим бетоном (рис. 7).

3.81. Последующий уход, наступающий после завершения начального ухода, заключается в обеспечении бетону благоприятных условий твердения различными способами, из которых наиболее эффективными являются:

устройство и систематическое увлажнение влагоемкого покрытия (мешковины, рогожи, соломенных матов, слоя песка, опилок и т. п.) конструкций и сооружений;

выдерживание открытых горизонтальных поверхностей бетона под слоем воды (метод покрывающих водных бассейнов);

непрерывное тонкодисперсное распыление влаги по поверхности конструкций, обеспечиваемое различными увлажняющими устройствами.

Последующий уход осуществляется, как правило, до достижения бетоном 70%-ной проектной прочности, а длительность этого ухода назначается лабораторией с учетом местных материалов и условий.

При достижении указанной величины относительной прочности, являющейся критической относительно влагопотерь $R_в^{кр}$, после-

дующее воздействие условий сухого жаркого климата без влажностного ухода не вызовет значительных изменений дальнейшего роста прочности бетона.

В качестве примера на рис. 8 приведено изменение во времени прочности бетона, приготовленного на сульфатостойком портландцементе М 400 Вольского завода «Большевик», кварцевом песке и известняковом щебне фракции 5—30 мм, твердевшего в различных условиях.

При соответствующем обосновании лабораторией строительства величина прочности бетона $R_в^{кр}$, при которой прекращается уход за ним, может быть снижена, но не должна быть менее 50% проектной.

3.82. Величина относительной прочности бетона, при которой может быть прекращен уход за ним, зависит от состава бетона, водоцементного отношения, вида и активности цемента, вида заполнителя, температурно-влажностных условий твердения и других факторов. Ориентировочные сроки приобретения бетоном требуемой прочности в зависимости от марки примененного цемента и температуры твердения бетона рекомендуется принимать по табл. 10 и в дальнейшем уточнять в процессе текущего контроля качества бетона.

Таблица 10

Вид и марка цемента	Прочность бетона, % от проектной	Сроки твердения бетона в днях при средней температуре твердения, °С		
		25	30	35
Портландцемент М 300	50	4	3	2,5
	70	7	6	5
	100	16	14	12
Портландцемент М 400	50	3	2,5	2
	70	6	5	4
	100	14	12	10
Портландцемент М 500	50	2	1,8	1,5
	70	3	2,5	2
	100	10	8	6
Быстротвердеющий портландцемент	50	1,5	1,2	1
	70	2,5	2	1,5
	100	8	6	4

3.83. В зависимости от климатических условий поливку покрытий из влагоемких материалов следует производить с такой частотой, чтобы поверхность бетона в период последующего ухода все время была во влажном состоянии.

3.84. Деревянная опалубка не является надежным средством защиты бетона в жаркую и сухую погоду, поэтому ее следует постоянно содержать во влажном состоянии.

3.85. Для осуществления последующего ухода за бетоном строительную площадку целесообразно оборудовать различными увлажняющими устройствами, обеспечивающими постоянное эффективное распыление влаги по поверхности конструкций.

3.86. Взамен покрытия бетона влагоемкими материалами рекомендуется последующий уход осуществлять путем выдерживания открытых горизонтальных поверхностей конструкций под слоем воды (метод покрывающих водных бассейнов).

С этой целью используют опалубку с верхними непроницаемыми для воды бортиками высотой 6—7 см над уровнем уложенного бетона. После окончания начального периода ухода за бетоном (п. 3.79) открытую поверхность конструкций заливают слоем воды высотой 2—5 см. При применении метода покрывающих водных бассейнов бортики, образующие их боковые поверхности, крепятся к бортам опалубки постоянно или временно с обязательным устройством влагонепроницаемого (например, глиняного) замка.

Покрывающие бассейны над поверхностями конструкций могут создаваться продольными и поперечными бортами опалубки, изготовленными на 6—7 см выше уровня поверхности укладываемого бетона.

С целью уменьшения испарения воды с поверхности покрывающего бассейна рекомендуется применять добавки, имеющие плотность, меньшую чем вода, не растворяющиеся в ней и образующие на ее поверхности тонкий защитный слой (например, из отработанных масел и др.).

При применении метода покрывающих водных бассейнов уход за бетоном в значительной степени упрощается, становится легко осуществимым даже в местностях с дефицитным количеством воды, а главное, гарантированным и не требующим специальных рабочих, в обязанности которых входит постоянное поддержание поверхности бетона во влажном состоянии. Кроме того, значительно сокращается расход воды при уходе за твердеющим бетоном.

3.87. Вода, применяемая для поливки влагоемких покрытий бетона и создания покрывающих бассейнов, должна иметь температуру не ниже температуры бетона, так как в противном случае могут возникнуть температурные напряжения, приводящие к растрескиванию бетона.

Подогрев воды можно производить в металлических резервуарах, окрашенных в темные тона и расположенных в открытых незатененных местах.

3.88. Прекращение последующего ухода (удаление покрывающего влагоемкого материала или бассейна, прекращение увлажнения бетона и т. д.) рекомендуется осуществлять в вечернее время (перед заходом солнца).

Для защиты поверхностей бетона от быстрого высыхания и образования трещин рекомендуется после завершения последующего ухода (после достижения бетоном прочности, указанной в п. 3.81) выдерживать их под покрытием еще в течение 2—3 сут без дополнительного увлажнения.

3.89. Взамен указанных способов влажностного ухода за свежеуложенным бетоном конструкций испаряющие поверхности их, не предназначенные в дальнейшем для монолитного контакта с бе-

тоном и раствором, в тех случаях, когда это допустимо по эстетическим и санитарно-гигиеническим соображениям, можно покрывать специальными пленкообразующими составами (преимущественно светлых тонов).

Нанесение таких материалов особенно целесообразно при бетонировании протяженных конструкций, имеющих большой модуль открытой поверхности (покрытия автомобильных дорог и аэродромов, облицовки каналов и т. п.), а также при производстве работ в местах с недостатком воды.

3.90. В качестве пленкообразующих материалов для ухода за свежеуложенным бетоном могут применяться светлые пленкообразующие материалы: ПМ-86, ПМ-100А и ПМ-100АМ (ТУ 35-903-73 Минтрансстроя), темные пленкообразующие материалы: лак этиноль, битумные эмульсии, разжиженные битумы и другие, проверенные на практике составы.

Темные пленкообразующие материалы при уходе за бетоном применяют в сочетании с устройством 5-сантиметрового термозащитного слоя из песка или супеси.

Вместо устройства термозащитного слоя допускается осветлять темные пленки после их формирования, например, водным раствором извести.

3.91. К пленкообразующим материалам, наносимым на поверхность свежеуложенного бетона, предъявляются следующие основные требования:

а) должны хорошо распределяться по поверхности бетона методом распыления, образовывать на его поверхности сплошную водонепроницаемую пленку, защищающую бетон как от обезвоживания, так и от резкого перегрева; образовавшаяся пленка должна обладать достаточной защитной способностью, прочно сцепляться с поверхностью бетона;

б) не вызывать коррозии бетона и арматуры;

в) не быть токсичными;

г) должны быть стабильными при хранении и транспортировании.

3.92. Нанесение пленкообразующих материалов на открытые поверхности бетонных конструкций должно производиться немедленно после завершения тщательного начального ухода, продолжительность которого должна быть не менее 30 мин.

При нанесении пленкообразующих материалов целесообразно применять специальные машины с распылителями, ручные насосные или пневматические опрыскиватели и др.

3.93. Приготовление пленкообразующих материалов, их хранение, транспортирование, нанесение защитных составов на поверхность свежеуложенного бетона и т. д. рекомендуется производить в соответствии с «Техническими указаниями по уходу за свежеуложенным бетоном дорожных и аэродромных покрытий с применением пленкообразующих материалов» $\left(\frac{\text{ВСН 35-70}}{\text{Минтрансстрой}}\right)$.

3.94. Пленкообразующие материалы кроме предотвращения обезвоживания бетона в некоторых случаях могут обеспечить повышение водонепроницаемости и коррозиестойкости конструкций и сооружений.

3.95. Вместо увлажнения открытые поверхности свежеотформованных конструкций рекомендуется укрывать готовыми влагоне-

проницаемыми полимерными пленками преимущественно светлых тонов, отражающих солнечные лучи.

Поверхности конструкций необходимо укрывать сразу же после завершения отделки, при этом рекомендуется:

сваривать отдельные куски полимерных пленок в большие полотнища и укрывать поверхности цельным полотнищем по всей площади;

края полотнищ закреплять досками, присыпать песком или грунтом;

обеспечивать плотное прилегание полотнищ к поверхности заглаженного бетона без складок и морщин;

предохранять пленку от механических повреждений;

по завершении ухода за бетоном снимать пленку в вечернее время.

Сроки выдерживания бетона под полимерными пленками назначают строительные лаборатории для конкретных климатических условий по достижении им прочности, указанной в п. 3.81.

Ускоренное выдерживание бетона без последующего ухода

3.96. Применение метода ускоренного твердения бетона в монолитных конструкциях и сооружениях позволяет исключить рекомендованные трудоемкие операции по уходу за бетоном и интенсифицировать производство работ. Кроме того, оно значительно уменьшает возможность раннего растрескивания бетона, так как «стабилизация» его структуры в результате отвердевания препятствует развитию деформаций пластической усадки, и таким образом повышает качество и долговечность конструкций.

3.97. Основа данного метода выдерживания бетона заключается в том, что при достижении им определенной прочности $R_в^{кр}$ (критической относительно влагопотерь) последующее воздействие сухой высокотемпературной окружающей среды при отсутствии влажностного ухода не вызывает значительных изменений дальнейшего роста прочности бетона.

3.98. Наиболее эффективным способом ускорения твердения бетона является тепловая обработка, позволяющая в зависимости от температуры прогрева, состава бетона и других факторов получить в короткие сроки требуемую величину $R_в^{кр}$, обеспечивающую приобретение бетоном в месячном возрасте проектной прочности.

Величина $R_в^{кр}$ и дальнейшее нарастание прочности бетона в значительной степени определяются составом и маркой бетона, видом и активностью цемента, видом примененных добавок, режимом тепловлажностной обработки, массивностью конструкции и другими факторами. В связи с этим строительной лаборатории необходимо в каждом конкретном случае устанавливать соответствующую величину $'R_в^{кр}$ (согласно методике, приведенной в прил. 3) и увязывать ее с длительностью тепловой обработки.

Величину $R_в^{кр}$ не следует назначать менее 50% R_{28}.

3.99. Выбор способа тепловой обработки зависит от вида кон-

струкций и сооружений, технологии и темпов бетонирования и других факторов.

Как правило, режимы тепловой обработки должны обеспечивать приобретение бетоном $R_в^{кр}$ до распалубки конструкции или сооружения. При бетонировании конструкций большой протяженности целесообразно приобретение бетоном $R_в^{кр}$ не связывать с периодом нахождения его в опалубке, предусматривая продолжение ускоренного твердения бетона в термоактивных или теплоизолированных влагонепроницаемых покрытиях.

3.100. Независимо от применяемого способа тепловой обработки бетона следует предусматривать устройство тепловой изоляции опалубки.

В зависимости от способа обработки бетона и вида конструкции тепловая изоляция может решать одну или несколько задач:

уменьшать скорость остывания бетона в конструкции;

сокращать период изотермического выдерживания;

снижать температурные перепады по периметру конструкции, возникающие от солнечной радиации, а также по сечению конструкции при одностороннем нагреве;

делать режим выдерживания независимым от колебаний параметров внешней среды (например, днем и ночью);

сокращать расходы электроэнергии на тепловую обработку бетона в конструкции.

Исходя из необходимости формирования температурного поля, благоприятного с точки зрения термонапряженного состояния, оптимальные величины коэффициентов теплопередачи изоляции должны составлять около 5,8 Вт/(м^2·К) для конструкций с модулем поверхности менее 15 м$^{-1}$ и около 2,3 Вт/(м^2·К) для конструкций с модулем поверхности выше 15 м$^{-1}$.

3.101. В условиях круглогодичного ведения работ по бетонированию конструкций методы тепловой обработки в летних и зимних условиях должны быть идентичными, создавая предпосылки для единого круглогодичного технологического цикла производства бетонных работ. Режимы теплового воздействия должны обеспечивать равные темпы бетонирования в летних и зимних условиях. Это достигается изменением температуры прогрева бетона, поскольку величины критической прочности бетона относительно влагопотерь $R_в^{кр}$ и перед замораживанием $R_з^{кр}$ могут быть различными.

3.102. В качестве методов тепловой обработки рекомендуется применять электропрогрев, контактный обогрев бетона в греющей опалубке, предварительный разогрев бетонной смеси, индукционный нагрев, а также другие способы, приведенные в «Руководстве по электротермообработке бетона» (М., Стройиздат, 1974) и обеспечивающие удобство производства работ.

Тепловую обработку целесообразно применять, в первую очередь, при возведении конструкций средней и малой массивности, особенно тонкостенных, имеющих большой модуль открытой поверхности.

При этом необходимо принимать меры по предотвращению потерь влаги из бетона в процессе тепловой обработки путем тщательного укрытия открытых поверхностей бетона, контактирующих с окружающей средой.

3.103. Электропрогрев применяется для ускорения твердения бетона в неармированных или малоармированных конструкциях. В зависимости от размеров конструкций и их поперечного сечения может применяться электропрогрев сквозной или периферийный. Электропрогрев бетона производится по мягкому режиму со скоростью подъема температуры не более 20°С/ч. Максимальная температура прогрева составляет 60—80°С и зависит от вида примененного цемента. Длительность изотермического выдерживания зависит от принятой максимальной температуры прогрева и требуемой прочности бетона и обычно в жаркую погоду составляет 4—8 ч, после чего ток отключается и бетон остывает в опалубке до приобретения требуемой прочности.

3.104. Предварительный электроразогрев бетонной смеси осуществляется на специальной площадке в бункерах с установленными в них стационарными или опускными электродами. Бетонная смесь может также разогреваться непосредственно в кузове автосамосвала, в котором она доставляется с бетонного завода, путем погружения в нее гребенки опускных электродов.

Разогревается бетонная смесь в течение 5—10 мин до температуры 60—80°С и затем немедленно укладывается в конструкцию. Время с момента окончания разогрева бетонной смеси до окончания ее укладки и уплотнения не должно превышать 15 мин во избежание появления трудностей с укладкой и уплотнением из-за быстрой потери смесью подвижности. Емкости, в которых производится разогрев и транспортирование бетонной смеси к месту укладки, рекомендуется укрывать полиэтиленовой пленкой, прорезиненной тканью, матами с паронепроницаемой оболочкой и т. п. материалами для предохранения от интенсивного испарения воды затворения.

Уложенная в опалубку и уплотненная бетонная смесь выдерживается методом термоса до приобретения бетоном требуемой прочности.

3.105. Контактный обогрев уложенной бетонной смеси рекомендуется производить в греющей опалубке со скоростью подъема температуры не более 20°С/ч. Температура прогрева и длительность изотермического выдерживания при максимальной температуре аналогичны таковым при электропрогреве.

3.106. Греющую опалубку для монолитных конструкций целесообразно изготовлять металлической или из водостойкой фанеры толщиной 8—10 мм. В качестве электронагревателей для греющей опалубки рекомендуется применять сетчатые, струнные и трубчато-стержневые, которые не боятся вибрации и отличаются долговечностью.

3.107. Индукционный нагрев бетона рекомендуется применять при возведении густоармированных конструкций линейного типа (колонны, балки, ригели и др.), тонкостенных элементов с равномерно распределенной по сечению арматурой (трубы и т. п.) и при заделке стыков железобетонных конструкций, имеющих закладные стальные детали и арматуру. Для заделки стыка следует применять стальную опалубку, на которой устанавливается индуктор. Нагрев бетона происходит от нагревающихся в электромагнитном поле стальных элементов.

Режим нагрева должен быть мягким при скорости подъема температуры не более 10°С/ч. Температура прогрева и продолжительность изотермического выдерживания для достижения бето-

ном требуемой прочности должны быть такими же, как и при других методах тепловой обработки.

3.108. Распалубка прогретых конструкций и сооружений производится при температурных перепадах между поверхностью бетона и средой, не превышающих 10—15°С.

Особенности производства работ (бетоны на пористых заполнителях)

3.109. Рекомендации, приведенные в пп. 3.109—3.124, распространяются на конструкционные, конструкционно-теплоизоляционные и теплоизоляционные бетоны различной структуры: плотные, поризованные и крупнопористые (малопесчаные и беспесчаные), изготовляемые на пористых заполнителях и применяемые для возведения монолитных конструкций зданий и сооружений различного назначения.

3.110. Бетонные работы с использованием смесей на пористых заполнителях рекомендуется производить в соответствии с «Руководством по производству бетонных работ» (М., Стройиздат, 1975), а также настоящим Руководством.

3.111. При производстве работ с использованием бетонных смесей на пористых заполнителях следует учитывать следующие специфические свойства этих смесей по сравнению со свойствами смесей тяжелых бетонов:

меньшую объемную массу бетонной смеси;

отсос пористыми заполнителями воды затворения из растворной части, приводящий в условиях жаркой погоды к более быстрому загустеванию бетонной смеси и значительной потере ее подвижности;

значительное содержание в ней воздушных пор и большое количество воды затворения;

различную объемную массу пористых заполнителей, растворной части и цементного теста и склонность смеси по этой причине к значительному расслоению в процессе ее приготовления, транспортирования и укладки;

меньшую теплопроводность бетонной смеси и свежеуложенного бетона;

изменение зернового состава пористых заполнителей в процессе приготовления бетонной смеси.

3.112. Для приготовления бетонных смесей, содержащих пористые заполнители, рекомендуется применять портландцементы марок не ниже:

300 — для бетонов марок по прочности при сжатии до 100;
400 — » » » » » 150—250;
500 — » » » » » 300—400.

При выборе видов портландцементов предпочтение следует отдавать быстротвердеющим высокоактивным портландцементам, содержащим до 5% активных гидравлических добавок.

3.113. Для приготовления бетонных смесей применяют заполнители пористые неорганические для легких бетонов, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 9757—73 «Заполнители пористые неорганические для легких бетонов. Классификация и общие техниче-

ские требования», а также стандартов и технических условий на отдельные виды заполнителей.

Предпочтение следует отдавать крупным пористым заполнителям с наибольшим водопоглощением. До применения крупные пористые заполнители рекомендуется увлажнять водой в пределах до 50% от их полного водопоглощения.

3.114. При бетонировании в жаркую и сухую погоду рекомендуется широко использовать химические добавки, приведенные в пп. 3.9—3.12 настоящего Руководства.

3.115. Применение золы или золошлаковой смеси теплоэлектростанций в качестве песка не рекомендуется.

3.116. Подбор состава бетонной смеси на пористых заполнителях может осуществляться по любым обоснованным и проверенным способам. При этом во всех случаях окончательный состав бетона должен назначаться только после изготовления опытных замесов бетонной смеси в лабораторных и производственных условиях, а также формования и последующего испытания контрольных бетонных образцов из этих смесей.

При приготовлении бетона в жаркую погоду следует стремиться к максимальному насыщению его крупным пористым заполнителем, так как в этом случае создаются более благоприятные условия для твердения цементного камня и бетона в условиях повышенных температур окружающей среды и низкой относительной влажности воздуха.

Водопотребность бетонной смеси, содержащей пористые заполнители, в значительной степени определяется ее температурой. По мере повышения температуры бетонной смеси расход воды для получения требуемой отпускной подвижности возрастает.

Ориентировочные величины перерасхода воды затворения, необходимые для получения бетонной смеси одинаковой исходной подвижности при ее различных температурах, приведены в табл. 11.

Таблица 11

Температура бетонной смеси, °С	20	25	30	35
Относительный расход воды, %	100	102—107	108—113	110—115

Не применяя специальных мероприятий, рекомендованных пп. 3.18—3.27 настоящего Руководства, для получения заданной марки бетона (при равноподвижных смесях) в жаркую погоду требуется увеличивать расход цемента, но не более, чем на 10%.

3.117. Для бетонирования монолитных конструкций из плотных и поризованных бетонов применяют бетонные смеси, указанные в табл. 12.

3.118. Для бетонирования монолитных конструкций из плотного бетона рекомендуется применять бетонные смеси, указанные в табл. 13.

Для бетонирования конструкций из поризованного бетона применяют малоподвижные, подвижные и литые смеси.

При подаче бетонной смеси насосами применяют литые или подвижные смеси, а при бетонировании конструкций в скользящей опалубке — малоподвижные.

Таблица 12

Вид бетонной смеси	Показатель удобоукладываемости по ГОСТ 11051—70		Структура легкобетонной смеси
	подвижность, см	жесткость, с	
Литая	Свыше 15	—	Плотная и поризованная
Подвижная	15—3	—	То же
Малоподвижная	3—1	До 30	»
Умеренно жесткая	0	30—60	Плотная
Жесткая	0	60—100	»

3.119. Для приготовления легкобетонной смеси дозирование пористых заполнителей рекомендуется производить по объему или объемно-весовым способом с точностью до 3%; цемент, вода и

Таблица 13

Вид армирования конструкций (% армирования)	Наименьший размер конструкций, см	Вид конструкций	Рекомендуемый вид бетонной смеси на месте ее укладки (см. табл. 12)
Неармированные или слабоармированные (до 0,5%)	Свыше 50	Блоки массивов, фундаменты	Умеренно жесткая и жесткая
Неармированные или слабоармированные (до 0,5%)	От 10 до 50	Полы, покрытия дорог и аэродромов, стены и т. д.	Подвижная и малоподвижная
То же	Менее 10	Перегородки	Литая
Умеренно армированные (от 0,5 до 2%)	Свыше 50	Плиты, балки, колонны	Малоподвижная
	От 10 до 50	То же, стены	Подвижная
	Менее 10	Силосы, бункера, несущие перегородки, облицовки	Литая и подвижная
Сильноармированные (2% и более)	—	Арочные и балочные мосты, опорные части	Подвижная

добавки дозируются по массе с точностью, указанной для тяжелых бетонов.

При наличии автоматических дозаторов все твердые материалы для бетонных смесей подаются в смеситель одновременно, воду желательно вводить в смесь постепенно.

При наличии полуавтоматических или ручных дозаторов заполнители подаются вместе с $^2/_3$ потребного на замес количества воды.

После перемешивания смеси в течение 1 мин в смеситель подается цемент и остальное количество воды; при приготовлении поризованной бетонной смеси твердые материалы и воду подают в смеситель, как указано выше, а водный раствор порообразователя вводят в смесь за 1 мин до окончания перемешивания. Порядок загрузки отдозированных составляющих бетонной смеси в барабан смесителя уточняется лабораторией.

3.120. Приготовление бетонной смеси на пористых заполнителях следует производить в смесителях принудительного действия, обеспечивающих качественное смешивание компонентов без существенного изменения зернового состава пористых заполнителей.

Бетонные смеси (с жесткостью не более 30 с) на пористых заполнителях с объемной насыпной массой более 700 кг/м^3 можно также приготовлять в смесителях гравитационного действия.

3.121. Наименьшую продолжительность перемешивания составляющих малоподвижной или умеренно жесткой бетонной смеси, считая с момента загрузки всех материалов в барабан смесителя до начала выгрузки смеси из него, рекомендуется принимать по данным табл. 14 и уточнять в производственных условиях. При этом продолжительность перемешивания не должна быть менее 100 и более 300 с.

При необходимости приготовления подвижной смеси минимальная продолжительность ее перемешивания уменьшается на 30 с, а литой смеси — на 50 с. Минимальная продолжительность перемешивания жесткой смеси увеличивается на 20—40 с.

3.122. Максимальная продолжительность транспортирования бетонной смеси на пористых заполнителях и укладки в конструкцию в зависимости от температуры ее после приготовления не должна превышать величин, приведенных в табл. 15.

3.123. Укладка бетонных смесей на пористых заполнителях производится способами, принятыми для смесей тяжелого бетона.

Категорически запрещается восстанавливать подвижность товарной бетонной смеси до требуемой консистенции добавкой воды при ее укладке в конструкцию.

Таблица 14

Емкость смесителя, л	Минимальная продолжительность перемешивания смеси на пористых заполнителях, с, для бетона с объемной массой (в сухом состоянии), кг/м^3			
	свыше 1700	1400—1700	1000—1400	менее 1000
До 500	100	120	150	180
500—1000	120	150	180	210
Свыше 1000	150	180	210	240

Таблица 15

Температура свежеприготовленной бетонной смеси, °С	Максимально допустимая продолжительность перевозки и укладки бетонной смеси, мин
25	20—40
30	10—20
35	5—10

Примечание. Данные табл. 15 приведены для транспортирования бетонной смеси без применения специальных способов, обеспечивающих требуемую на месте укладки подвижность бетонной смеси (п. 3.47).

3.124. При уходе за бетоном на пористых заполнителях следует руководствоваться рекомендациями по уходу за обычными бетонами, изложенными в пп. 3.73—3.108 настоящего Руководства, с учетом следующих дополнений.

Бетон на пористых заполнителях несколько в меньшей степени, чем тяжелый, в процессе твердения испытывает отрицательное влияние жаркой и сухой среды, что связано с постепенной отдачей влаги зернами заполнителя твердеющему цементному камню.

Прекращение последующего ухода за бетоном производится, как правило, после достижения им 70%-ной проектной прочности при сжатии.

Величина прочности бетона, по достижении которой может быть прекращен уход за ним, зависит от количества пористого заполнителя в бетоне (она тем ниже, чем больше его содержание в 1 м^3); водоцементного отношения, марки и вида цемента и при соответствующем обосновании строительной лабораторией может быть ниже указанной величины, но не менее 50% проектной прочности.

Длительность последующего ухода должна назначаться лабораторией с учетом местных материалов и условий.

Контроль качества бетона

3.125. Контроль качества бетона при производстве бетонных работ в жаркую и сухую погоду необходимо осуществлять в соответствии с правилами главы СНиП на бетонные и железобетонные конструкции монолитные, а также путем систематического:

а) наблюдения за метеорологическими данными — температурой, относительной влажностью воздуха и скоростью ветра;

б) измерения температуры и относительной влажности воздуха у места приготовления и укладки бетонной смеси;

в) измерения температуры воды, применяемой для затворения бетонной смеси и поливки влагоемких покрытий поверхностей бетона;

г) измерения температуры бетонной смеси по выходе из бетономешалки и у места укладки;

д) наблюдения за температурой твердеющего бетона.

Результаты указанных измерений и испытаний прочности бетона необходимо заносить в журнал бетонных работ.

Метеорологические наблюдения можно не производить, если будет обеспечено получение необходимых данных от близрасположенных метеостанций.

3.126. Проверку прочности бетона производят в соответствии с ГОСТ 10180—74 «Бетон тяжелый. Методы определения прочности», а оценку его однородности и прочности — с ГОСТ 18105—72 «Бетоны. Контроль и оценка однородности и прочности».

Высокая температура окружающей среды, низкая относительная влажность, ветер, солнечная радиация — все эти факторы особенно отрицательно сказываются на качестве бетона в сравнительно небольших по объему контрольных образцах и могут значительно исказить результаты испытаний. Поэтому вопросам выдерживания отформованных контрольных образцов и ухода за ними должно уделяться особое внимание.

Для среднемассивных и тонкостенных конструкций (модуль поверхности от 5 до 20 $м^{-1}$ и более) контрольные образцы рекомендуется выдерживать совместно с конструкциями в условиях, наиболее близко отвечающих условиям твердения бетона в последних. Для массивных конструкций, имеющих модуль поверхности менее 5 $м^{-1}$, контрольные образцы рекомендуется выдерживать вблизи забетонированной конструкции под слоем постоянно увлажняемых песка, опилок, мешковины или брезента.

Техника безопасности и гигиена труда строителей, работающих под открытым небом

3.127. При выполнении работ в жаркую и сухую погоду необходимо соблюдать правила техники безопасности, изложенные в главе СНиП по технике безопасности в строительстве, а также дополнительные рекомендации, приведенные в пп. 3.128—3.139 настоящего Руководства.

3.128. При работе с цементом в закрытых помещениях необходимо применять респираторы. При температуре воздуха выше 35°С необходимо использовать пылезащитные очки и ватно-марлевые повязки, сменяемые через каждый час работы. Общая продолжительность работы с повязкой в помещении не должна превышать 4 ч в сутки.

3.129. При нахождении рабочих в помещениях, где осуществляется транспортирование сухих заполнителей, необходимо устраивать гидрообеспыливание.

При невозможности устройства гидрообеспыливания необходимо от кожухов над местами перегрузки сухих материалов устраивать местную вытяжку вентиляции.

Удаляемый воздух перед выпуском в атмосферу необходимо очищать от пыли.

3.130. При производстве бетонных работ в жаркую погоду особое значение приобретают вопросы гигиены труда строителей, работающих под открытым небом. Приведенные рекомендации относятся, главным образом, к производству бетонных работ в летний период года в районах с сухим жарким климатом (особенно

в климатических подрайонах IVA, IVГ и IIIA в соответствии с главой СНиП II-А.6-72).

3.131. У работающих при высокой температуре окружающей среды происходят нарушения в водно-солевом и витаминном обменах, напряжение в работе терморегуляторного аппарата, сердечно-сосудистой и других систем.

3.132. Повышение производительности труда строителей может быть достигнуто благодаря защите работающих под открытым небом от воздействия неблагоприятных метеорологических факторов, а также благодаря проведению санитарно-гигиенических мероприятий и соблюдению рациональных режимов труда и отдыха.

3.133. Одним из основных условий улучшения труда строителей является уменьшение времени работы их при высокой температуре и интенсивной солнечной радиации, а также выбор рационального времени начала и окончания рабочих смен.

Наиболее рациональным является начало работы в ранние утренние часы, при которых более 50% рабочего времени проходит при температуре воздуха до 30°С.

3.134. Работать на открытых площадках рекомендуется в соответствующей легкой, не стесняющей движений одежде (светлых тонов) из льняных или хлопчатобумажных тканей, в легких головных уборах светлых тонов.

Категорически запрещается выполнение бетонных работ без рубашки и без головных уборов, не рекомендуется носить резиновую обувь.

3.135. Организация рационального чередования работы и перерывов имеет большое значение в комплексе мероприятий, направленных на повышение работоспособности и предупреждение утомляемости.

Отдых от изнуряющей жары, если он будет проведен в местах с благоприятными микроклиматическими условиями, предохранит работающих от последствий перегревания. Эти места рекомендуется располагать недалеко от рабочего места, оборудовать навесами, комнатами для приема пищи, хранения одежды, спецодежды, душевыми, умывальниками.

3.136. Питание работающих в жарком климате должно быть достаточным, чтобы обеспечивать необходимый уровень обмена веществ.

При работе в жару человеческий организм теряет вместе с потом необходимые для нормальной жизнедеятельности водорастворимые витамины, поэтому необходимо тщательно регулировать восполнение всех видов витаминов в организме человека суточным пищевым рационом.

В летний период при работе в жару целесообразно улучшить качество и калорийность пищи, принимаемой за завтраком перед уходом на работу.

3.137. Одним из основных мероприятий по предупреждению от перегревания работающих в жарком климате является нормализация питьевого режима и особенно выбор напитков.

Употребляемые напитки должны как можно полнее восполнить потерю влаги, витаминов и других биологически ценных веществ, хорошо утолять жажду, активизировать работу органов пищеварения и сердечно-сосудистой системы.

Наиболее благоприятными напитками являются натуральные фруктовые, овощные и ягодные соки, хлебный квас и компоты из различных фруктов.

Также весьма полезны молочнокислые продукты (кефир, простокваша, ацидофилин), газированная вода, зеленый и черный чай.

3.138. По мнению многих исследователей, прием большого количества пресной воды не может нормализовать водно-солевой обмен, более того в ряде случаев он может стать причиной водного отравления.

При больших потопотерях одинаково вредно как воздерживаться от питья, так и беспорядочно принимать воду, особенно большими порциями.

3.139. Необходимо знать приемы оказания помощи при солнечно-тепловых перегреваниях, характеризующихся следующими симптомами: повышение температуры тела (до 40°С и выше), учащение пульса, обильное потоотделение, мышечная слабость, жалобы на неприятное ощущение жары, шум в ушах, сердцебиение, жажду, головную боль, затрудненное дыхание; уже в начальной стадии наблюдается вялая походка, расстройство координации движений, в дальнейшем появляется тошнота и т. д.

Основные меры первой помощи при солнечно-тепловых перегреваниях заключаются в следующем:

а) пострадавшего необходимо быстро уложить в прохладное, хорошо проветриваемое место и немедленно вызвать врача;

б) расслабить пояс, расстегнуть пуговицы и освободить пострадавшего от стесняющей одежды;

в) на голову, шею и грудь положить платок или полотенце, смоченное холодной водой;

г) лицо непрерывно обрызгивать холодной водой и обмахивать;

д) при отсутствии признаков дыхания или в случае судорожно-стонущего дыхания приступить к проведению искусственного дыхания.

4. ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОЖНЫХ И АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ, РАЗЛИЧНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ В ЖАРКУЮ И СУХУЮ ПОГОДУ

Бетонирование дорожных и аэродромных покрытий (оснований)

4.1. Бетонирование дорожных и аэродромных покрытий и оснований в жаркую и сухую погоду необходимо производить в соответствии с требованиями ГОСТ 8424—72 «Бетон дорожный», правилами главы СНиП по производству и приемке работ, а также по приемке в эксплуатацию автомобильных дорог, «Указаниями по производству и приемке аэродромно-строительных работ» (СН 121-73), «Инструкцией по устройству цементнобетонных покры-

тий автомобильных дорог» $\left(\frac{\text{ВСН 139-68}}{\text{Минтрансстрой}}\right)$, а также с учетом рекомендаций, приведенных в пп. 4.2—4.35 настоящего Руководства.

4.2. Бетонные покрытия автомобильных дорог и аэродромов относятся к категории плоских монолитных конструкций, находящихся под постоянным неблагоприятным воздействием нагревания и охлаждения, замораживания и оттаивания в насыщенном состоянии в присутствии антигололедных солей, увлажнения и высыхания, а также значительных динамических нагрузок от проходящего транспорта. Главным показателем качества бетона в покрытии является не столько его прочность, сколько долговечность, особенно в поверхностном слое, так как разрушение последнего приводит к невозможности дальнейшей нормальной эксплуатации сооружения.

Основными особенностями строительства дорожных и аэродромных покрытий и оснований с позиций неблагоприятного влияния условий жаркой и сухой погоды на производство бетонных работ являются необходимость продолжительного транспортирования бетонной смеси, большой модуль открытой поверхности уложенного покрытия, значительные трудности с организацией соответствующего ухода за бетоном и др.

В этих условиях изготовление покрытия с заданными свойствами бетона по прочности на сжатие и растяжение при изгибе, морозостойкости (долговечности) представляет особую проблему для строителей.

4.3. Значительно снизить отрицательное влияние жаркой и сухой погоды на технологию производства бетонных работ и свойства дорожного бетона в жаркие дни (при максимальной суточной температуре воздуха свыше +30°С и относительной влажности воздуха менее 50%) можно, укладывая бетон в вечерние и ночные часы, что, однако, связано со значительными организационными трудностями.

4.4. Для снижения температуры бетонной смеси необходимо использовать технологические мероприятия, рекомендованные пп. 3.36—3.40 настоящего Руководства.

4.5. При приготовлении бетонной смеси следует обязательно применять добавки поверхностно-активных веществ. Особое значение приобретает пластифицирующая добавка СДБ, дозировка которой в этих условиях может быть повышена до 0,5% массы цемента и должна назначаться в соответствии с ранее описанной методикой.

Дозировка воздухововлекающих добавок при бетонировании в жаркую и сухую погоду также должна несколько увеличиваться, так как при повышении температуры бетонной смеси объем вовлеченного в бетонную смесь воздуха уменьшается.

4.6. Бетонную смесь рекомендуется приготовлять на мобильных бетонных заводах преимущественно в бетономешалках принудительного перемешивания.

Рекомендуется использовать также заводы, приготовляющие сухие смеси и дорожные передвижные бетономешалки с подвозкой к ним отдозированной сухой смеси и приготовлением бетонной смеси непосредственно у места укладки.

4.7. Период транспортирования бетонной смеси к месту уклад-

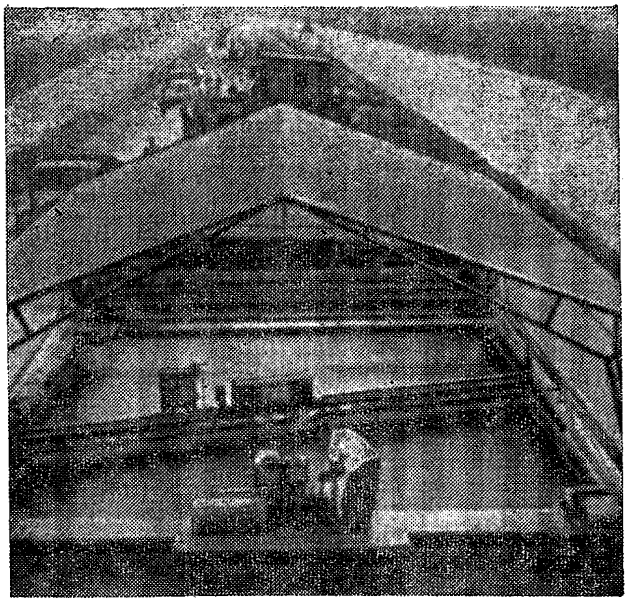


Рис. 9. Передвижной шатровый навес для бетонирования дорожных покрытий

ки должен быть по возможности более коротким и не превышать 30 мин. При составлении проекта организации работ места размещения бетонных заводов вдоль трассы строящейся дороги следует определять с учетом этого требования. Подъездные пути от бетонного завода к месту укладки должны постоянно поддерживаться в таком состоянии, чтобы обеспечить движение автосамосвалов и других транспортных средств, доставляющих бетонную смесь с высокой скоростью.

При перевозке бетонную смесь рекомендуется укрывать влажной мешковиной или брезентом.

4.8. Укладка бетона должна быть организована так, чтобы период между доставкой бетонной смеси, ее распределением и уплотнением был как можно менее продолжительным. Бетонирование покрытий в два слоя в жаркую и сухую погоду следует считать нецелесообразным. Основание под бетонное покрытие и рельсформы перед укладкой бетона рекомендуется интенсивно увлажнять с помощью поливомоечных машин. Такое увлажнение охладит воздух и несколько повысит его относительную влажность.

В жаркую и ветреную погоду работы по укладке бетона рекомендуется выполнять под специальными передвижными шатровыми навесами (рис. 9).

4.9. Уплотнение бетонной смеси и отделку поверхности покрытия следует производить специальными машинами, обеспечивающи-

ми после прохода ровность покрытия, соответствующую требованиям СНиП, без последующей его ручной затирки.

Если после заключительного прохода бетоноотделочной машины на поверхности бетона появится отделившаяся вода, то необходимо ее немедленно удалить и откорректировать состав бетонной смеси.

4.10. Особое внимание следует уделять мероприятиям по уходу за свежеуложенным бетоном, тщательность выполнения которых в жаркую и сухую погоду оказывает решающее влияние на качество бетонного покрытия. Важнейшее значение в этих условиях имеет непрерывность ухода и его своевременность. Начальный уход за свежеуложенным бетоном дорожного покрытия необходимо организовывать немедленно после прохода бетоноотделочной машины и окончательной отделки поверхности покрытия.

4.11. Начальный уход за бетоном является обязательным и заключается в предохранении свежеуложенного бетона от прямой солнечной радиации и вредного воздействия ветра укрытием его влажной мешковиной, пароводонепроницаемыми и тому подобными материалами.

В жаркую погоду, кроме того, целесообразно применять специальные передвижные тенты из брезента или другого подобного материала.

4.12. Последующий (основной) период или последующий уход за дорожным бетоном осуществляется, как правило, с применением пленкообразующих материалов и продолжается не менее 28 сут. Этот период ухода должен начинаться немедленно после завершения начального ухода, продолжительность которого должна быть не менее 30 мин. Пленкообразующий материал должен наноситься одновременно на всю открытую поверхность бетона.

Как исключение допускается при отсутствии пленкообразующих материалов применять для ухода за свежеуложенным бетоном дорожных и аэродромных покрытий песок (супесь), увлажняемый в течение 28 сут.

4.13. Технология работ по уходу за дорожным бетоном должна соответствовать «Техническим указаниям по уходу за свежеуложенным бетоном дорожных и аэродромных покрытий с применением пленкообразующих материалов» $\left(\frac{\text{ВСН 35-70}}{\text{Минтрансстрой}}\right)$.

При этом в жаркую и сухую погоду следует применять в первую очередь светлые пигментированные пленкообразующие материалы: ПМ-86, ПМ-100А и ПМ-100АМ (ТУ—35-903-73 Минтрансстроя) при повышенном их расходе в соответствии с температурой воздуха и при нанесении на поверхность свежеуложенного бетона за два раза.

При отсутствии этих материалов допускается применять также материалы темного цвета: лак этиноль, битумные эмульсии, разжиженные битумы и другие в сочетании с устройством термоизоляционного слоя или при условии быстрого и тщательного осветления сформировавшейся из них пленки.

Термоизоляционные слои устраиваются также в случаях, предусмотренных действующими нормативными документами и проектом.

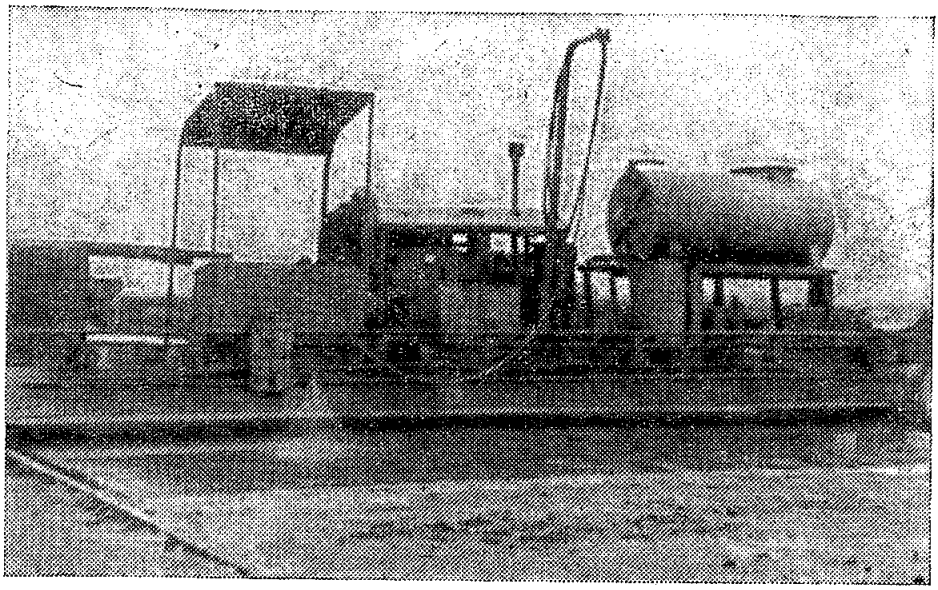


Рис. 10. Машина ЭНЦ-3 для нанесения пленкообразующих материалов при уходе за бетоном

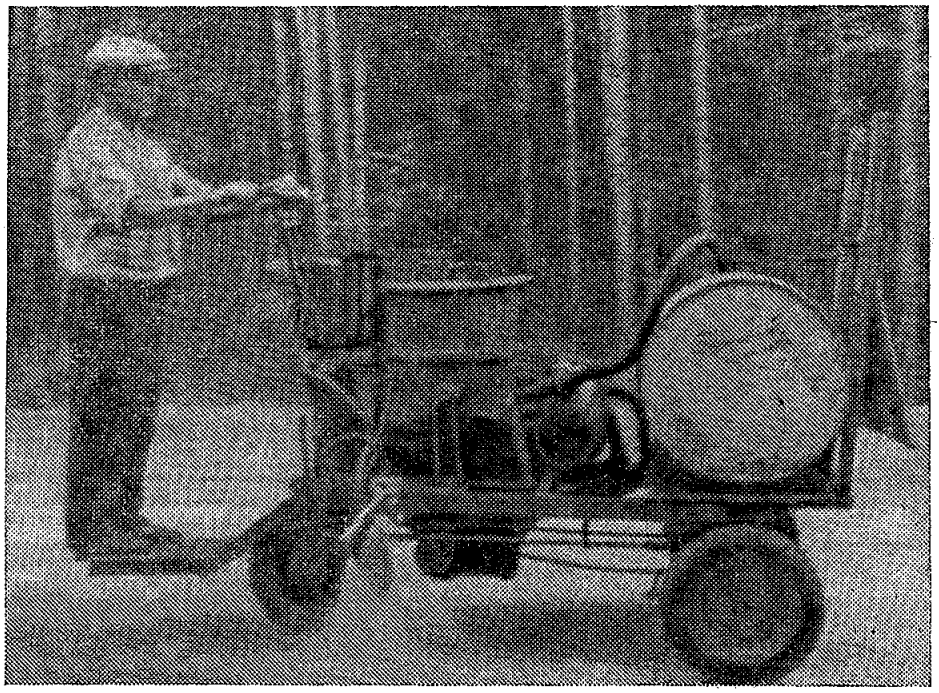


Рис. 11. Малогабаритный распределитель пленкообразующих материалов

4.14. Нанесение пленкообразующих материалов на поверхность бетона осуществляется специальными машинами, входящими в комплект бетоноукладочных машин, или малогабаритными распределителями (рис. 10 и 11).

4.15. Пленкообразующие материалы для ухода за твердеющим бетоном должны удовлетворять требованиям, приведенным в п. 3.91. Кроме того, сформировавшаяся пленка не должна уменьшать сцепления колеса автомобиля с бетонным покрытием.

Указанным требованиям должны обязательно отвечать новые пленкообразующие материалы для ухода за бетоном, им в значительной степени соответствуют регламентированные $\frac{\text{ВСН 35-70}}{\text{Минтрансстрой}}$ материалы и разработанные в последнее время ПМ-100А и ПМ-100АМ.

4.16. При применении нового пленкообразующего материала для ухода за дорожным бетоном его пригодность и расход на единицу поверхности покрытия устанавливаются Всесоюзным дорожным научно-исследовательским институтом (Союздорнии) на основании специальных исследований.

Исследования устанавливают соответствие свойств нового материала требованиям, перечисленным выше, и оценивают его защитную способность при различных расходах. Оценка защитной способности производится на образцах-плитках, приготовленных из стандартного цементного раствора, покрытых исследуемым материалом и твердеющих в климатической камере при $t = 40°C$ и относительной влажности воздуха $\varphi = 30\%$ в течение 3 сут, путем учета количества влаги, испарившейся через пленку в этих условиях.

4.17. О качестве нанесения пленкообразующего материала на бетон судят по испытанию пленки, сформировавшейся на бетонной поверхности. Испытание производится не менее одного раза в смену на участке бетонного покрытия размером 20×20 см. С этой целью принятый участок покрытия промывают водой и удаляют оставшуюся влагу ветошью.

По подготовленной таким образом поверхности разливают 1%-ный раствор фенолфталеина или 10%-ный раствор соляной кислоты для фиксирования точек, в которых наблюдается покраснение фенолфталеина или вспенивание в местах, не покрытых пленкой. При этом покраснение или вспенивание может наблюдаться не более чем в двух точках на 100 см² поверхности. В противном случае необходимо произвести дополнительный розлив пленкообразующего материала.

4.18. Для улучшения температурного режима твердения бетонных плит по поверхности бетона после нанесения пленкообразующего материала может также устраиваться термозащитный слой из песка. Правила устройства термозащитных слоев регламентируются проектом и указаниями, приведенными в «Инструкции по устройству цементобетонных покрытий автомобильных дорог» $\left(\frac{\text{ВСН 139-68}}{\text{Минтрансстрой}}\right)$ и в «Указаниях по производству и приемке аэродромно-строительных работ» (СН 121-73).

4.19. При нарезке деформационных швов в затвердевшем бетоне в жаркую погоду особое внимание рекомендуется уделять определению оптимального времени нарезки вследствие быстрого нарастания

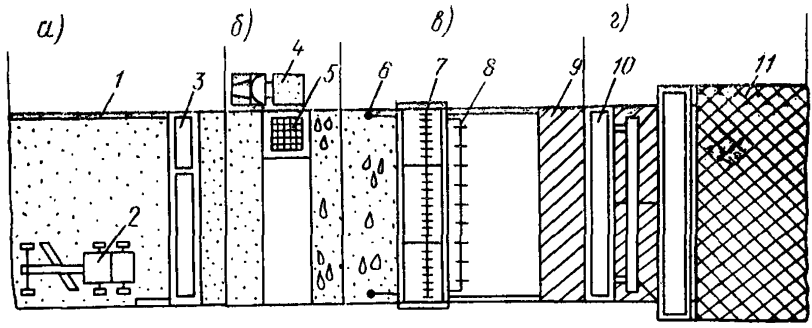


Рис. 12. Технологическая схема устройства монолитного покрытия дороги с непрерывной форсированной электротермообработкой бетона в конструкции

а — установка рельс-форм и планировка основания; *б* — укладка бетонной смеси; *в* — уплотнение, электроразогрев, повторное уплотнение и отделка поверхности свежеуложенного бетона; *г* — нарезка швов и устройство влаго- и теплоизолирующего слоя; *1* — рельс-формы; *2* — автогрейдер; *3* — профилировщик основания; *4* — автосамосвал с бетонной смесью; *5* — бункерный распределитель бетона Д-475; *6* — глубинные вибраторы; *7* — навесная система электродов, установленная на машине ДБО-7-7,5; *8* — укладчик штырей; *9* — бетонное покрытие; *10* — нарезчик швов ДНШС-60; *11* — термо-влагоизоляционное покрытие

прочности бетона и возникновения в этих условиях опасных температурных напряжений. После нарезки деформационных швов следует немедленно с помощью малогабаритного распределителя пленкообразующих материалов или ручных распылителей восстановить разрушенную защитную пленку в зоне швов и заполнить их пазы герметизирующим материалом (мастикой).

4.20. Контроль качества бетона покрытий должен включать регулярный отбор и комплексное испытание серий бетонных кернов с определением не только фактической прочности бетона, но и его морозостойкости, особенно морозостойкости поверхностного слоя покрытия.

При строительстве бетонных покрытий в условиях повышенных температур окружающей среды необходимо строго соблюдать правила пожарной безопасности, особое внимание уделяя операциям, связанным с приготовлением, применением и хранением огнеопасных материалов — пленкообразующих жидкостей для ухода за бетоном и мастик для заполнения швов.

4.21. Одним из эффективных способов интенсификации твердения бетона в монолитных конструкциях с большими открытыми поверхностями, сооружаемых в жаркую и сухую погоду, является разработанный НИИЖБ Госстроя СССР способ непрерывной форсированной электротермообработки бетона в конструкции.

Этот способ целесообразно применять при строительстве дорожных оснований, а также покрытий временных и внутризаводских дорог, когда к бетону не предъявляются повышенные требования по морозостойкости и соответственно требования по нормированному объему вовлеченного воздуха, промышленных площадей, а также монолитных подстилающих слоев и оснований полов, магистральных

коллекторов, теплотрасс и других инженерных сооружений подобного типа.

4.22 Сущность способа заключается в быстром электроразогреве свежеуложенного бетона с помощью системы вибрируемых и непрерывно перемещаемых в бетоне электродов, включенных в электрическую сеть, с повторным виброуплотнением и последующим термосным выдерживанием разогретого бетона в конструкции. Способ позволяет обеспечить в различных погодно-климатических условиях высокие темпы круглогодичного строительства монолитных конструкций поточными методами.

4.23. Последовательность выполнения работ по устройству монолитного покрытия дороги с применением этого способа приведена на технологической схеме (рис. 12).

Доставленная бетонная смесь выгружается в бункер распределителя Д-375 и укладывается поперечными рядами.

Уплотнение бетонной смеси, стабилизация (калибровка) толщины слоя свежеуложенного бетона, форсированный электроразогрев его в конструкции, укладка штырей, повторное виброуплотнение горячего бетона и отделка лицевых поверхностей производятся длиннобазовой бетоноукладочной машиной ДБО-7-7,5 при непрерывном режиме ее работы. При этом машина должна быть дополнительно оснащена навесной системой электродов, устанавливаемой по ходу ее передвижения за разравнивающим вибробрусом, укладчиком штырей и более мощной дизель-электрической установкой, например типа агрегата «Нева».

4.24. При производстве работ с применением способа непрерывной форсированной электротермообработки бетона в конструкции следует руководствоваться «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей. «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» (изд. 3-е), Атомиздат, 1972; правилами главы СНиП по организации, производству работ и приемке в эксплуатацию электротехнических устройств; правилами главы СНиП по технике безопасности в строительстве, а также «Инструкцией по заземлению передвижных строительных механизмов и электрифицированного инструмента» (СН 38-58).

4.25. Перед началом работы машины ДБО-7-7,5 рабочие органы устанавливаются на заданном уровне, регулируется угол атаки вибробрусьев и определяется среднее удельное электрическое сопротивление свежеуложенного бетона путем пробного электроразогрева в начале бетонируемой полосы до ввода машины в непрерывный режим работы. Затем из условия имеющейся электрической мощности устанавливают навесную систему с максимально допустимой активной площадью (длиной) пластинчатых электродов.

4.26. После стабилизации положения рабочих органов и контрольной проверки систем питания, заземления и сигнализации осуществляется ввод машины в непрерывный режим работы. Напряжение на электроды подается в момент начала перемещения их в свежеуложенном бетоне. Для повышения эффективности и технологичности способа, а также с целью увеличения расстояния между электродами напряжение на них следует применять возможно большее, руководствуясь при этом требованиями безопасности работ. Использование напряжения менее 220 В не рекомендуется.

4.27. Перемещение электродов в свежеуложенном бетоне осуществляется с расчетной скоростью. Стабильность заданной температуры разогрева бетона обеспечивается корректированием этой скорости

в зависимости от исходных технологических свойств и физических параметров свежеуложенного бетона. Контроль режима разогрева осуществляется по величине силы тока, проходящего через бетон. При этом пределы колебаний напряжения на электродах не должны превышать ±3%, а отклонения заданного уровня силы тока не допускаются более чем на ±3%.

4.28. Максимальная температура разогретого бетона может достигать 60—80°С и назначается в зависимости от требуемых сроков получения заданной прочности, вида цемента, интенсивности остывания горячего бетона при термосном выдерживании его в конструкции и других факторов.

4.29. Для обеспечения свободного перемещения электродов через свежеуложенный бетон расстояние между ними в свету должно превышать размер наибольшей фракции заполнителя не менее чем в три раза. Электроды рекомендуется изготовлять из коррозионностойкой (нержавеющей) стали, обладающей стойкостью против электрохимической коррозии.

4.30. С целью обеспечения температурной однородности бетона по сечению бетонируемой конструкции отклонения размеров межэлектродного расстояния не должны превышать ± 0,2 см, а глубина погружения пластинчатых параллельных электродов в бетон должна быть не менее $^3/_4$ толщины бетонируемого слоя. Вибрационное воздействие на систему электродов в процессе разогрева уменьшает сопротивление свежеуложенного бетона перемещению электродов в четыре-шесть раз и одновременно способствует повышению температурной однородности разогреваемого бетона.

4.31. Расход электроэнергии при этом способе зависит от температуры разогрева, вида бетона, условий окружающей среды и других факторов и ориентировочно может приниматься равным 0,6 кВт·ч на каждый градус разогрева 1 м^3 бетона.

4.32. Для уменьшения потерь тепла и влаги разогретым бетоном последующие технологические операции рекомендуется выполнять в ритме потока непрерывного электроразогрева. Сразу же (не позднее 10 мин) после окончания электроразогрева и укладки штырей бетон подвергают повторному виброуплотнению. Повторное вибрирование производится в целях повышения плотности горячего бетона и ликвидации в нем структурных дефектов, возникающих при форсированном электроразогреве. Повторное уплотнение должно выполняться до потери разогретым бетоном пластических свойств, так как только в этом случае возможно получение плотного и прочного бетона с высокими физико-механическими характеристиками.

4.33. Нарезка швов в свежеуложенном горячем бетоне, окончательная отделка открытых поверхностей и устройство влаго- и теплоизоляции монолитной конструкции производятся сразу после завершения повторного виброуплотнения.

4.34. В качестве влагоизоляции при последующем выдерживании бетона могут быть использованы такие материалы, как битуминизированная бумага, пергамин, готовая полимерная пленка, пленкообразующие и другие материалы, а в качестве теплоизоляции — песок, шлак, соломенные или камышитовые маты и другие соответствующие материалы.

4.35. Удаление влаго- и теплоизоляции с поверхности бетона производится после достижения твердеющим бетоном требуемой прочности.

Производство бетонных работ при строительстве ирригационных сооружений

4.36. Рекомендации, приведенные в пп. 4.37—4.46 настоящего Руководства, распространяются, главным образом, на работы по бетонированию облицовок при строительстве ирригационных каналов. Эти ирригационные сооружения, в основном, относятся к тонкостенным бетонным и железобетонным конструкциям (толщина бетона в них, как правило, составляет 10—15 см и не превышает 20 см) и в силу этого наиболее значительно подвержены влиянию различных климатических условий.

4.37. Большая открытая поверхность таких конструкций (при сравнительно малой их толщине), подвергающаяся влиянию климатических факторов, способствует возникновению в бетонных облицовках каналов больших напряжений от изменения влажности и температуры, а также усугубляет отрицательное воздействие на бетон попеременного замораживания и оттаивания, увлажнения и высыхания.

4.38. Тонкостенные конструкции с относительно малой тепловой инерцией реагируют даже на кратковременное появление отрицательных температур.

Цикличность работы ирригационных сооружений способствует попеременному увлажнению и высыханию бетона, что вызывает необходимость повышенных требований к морозостойкости бетона.

4.39. Тонкостенные мелиоративные сооружения работают под воздействием высоких градиентов напоров, вызывающих опасность развития коррозии бетона 1-го вида (выщелачивание).

В районах с сухим жарким климатом в качестве основания под мелиоративные сооружения часто применяются просадочные, неустойчивые (сильно загипсованные, подверженные образованию карста и т. п.) слабые грунты, поэтому конструкция сооружения и его бетон должны обеспечивать соответствующую водонепроницаемость.

4.40. Особые требования должны предъявляться к поверхностному слою бетона конструкций каналов — слою износа, который наиболее интенсивно подвергается воздействию вышеуказанных факторов.

4.41. Ряд особенностей ирригационных сооружений отражается на технологии производства бетонных работ в жаркую и сухую погоду.

Одной из существенных особенностей мелиоративного строительства с этих позиций является значительная протяженность сооружений. Это в основном относится к облицовкам каналов, длина которых может измеряться десятками и даже сотнями километров.

Отдельные объекты мелиоративного комплекса разбросаны на большой площади (удаление их от бетоносмесительных узлов составляет 30—50 км) и при тонкостенных конструкциях имеют относительно малый объем бетонных работ на каждом объекте.

Строительство бетонных заводов на каждом объекте не оправдано, в связи с чем возникает необходимость транспортирования бетонной смеси на значительные расстояния.

Мелиоративные сооружения имеют большой модуль открытой поверхности, кроме того, в каналах, в связи с аэродинамическими особенностями этих сооружений, постоянно дует ветер, даже в жаркую безветренную погоду. Таким образом, в ирригационном строительстве с особой силой по сравнению с любым другим видом стро-

ительства проявляются отрицательные последствия воздействия условий сухого жаркого климата и жаркой погоды, изложенные в пп. 1.7 — 1.8 настоящего Руководства.

4.42. Основные требования к цементам, заполнителям и добавкам, применяемым при строительстве ирригационных сооружений, изложены в разделах 2 и 3 настоящего Руководства.

При строительстве ирригационных каналов, в том числе быстроточных, следует руководствоваться «Рекомендациями по повышению долговечности железобетонных конструкций быстроточных ирригационных каналов» (М., НИИЖБ, 1976).

4.43. Учитывая перечисленные особенности конструкции и строительства мелиоративных сооружений, наличие постоянного ветра над поверхностью свежеуложенного бетона и происходящие при этом интенсивное испарение воды, значительное развитие пластической усадки, образование трещин и другие отрицательные последствия жаркой и сухой погоды, работы по укладке бетона должны вестись только механизированным способом и с предельно высокой скоростью. С этой целью рекомендуется применять различные бетоноукладчики, обеспечивающие укладку малоподвижной (лучше умеренно жесткой) бетонной смеси по сечению канала. При этом бетоноукладчик должен обеспечивать равномерное и качественное уплотнение бетона по всей площади его укладки.

4.44. При укладке бетонной смеси на грунтовое основание, имеющее влажность менее 10%, его следует увлажнять для предотвращения чрезмерного обезвоживания бетона за счет отсоса воды грунтом основания.

4.45. В связи с необходимостью длительной перевозки бетонной смеси и обеспечения при этом повышенных показателей бетона по морозостойкости и водонепроницаемости не допускается применять бетонные смеси без добавок поверхностно-активных веществ.

Для широкого применения рекомендуется комплексная добавка, состоящая из воздухововлекающей (СНВ или подобной ей по свойствам) и пластифицирующей (СДБ и др.) добавок. Подробнее об этих добавках изложено в разделах 2 и 3 настоящего Руководства.

Указанная комплексная добавка должна обеспечивать содержание в бетонной смеси при ее укладке 3,5—5,5% вовлеченного воздуха.

При этом необходимо иметь в виду, что объем вовлеченного в бетонную смесь воздуха уменьшается как при повышении температуры бетонной смеси, так и в процессе ее длительного транспортирования.

4.46. Особое внимание при укладке бетона в мелиоративные сооружения должно быть уделено тщательному уходу за ним. Уход за бетоном этих сооружений в основном аналогичен уходу за бетоном дорожных и аэродромных покрытий и должен производиться согласно рекомендациям раздела 3 и пп. 4.10—4.20 настоящего Руководства.

Уход за бетоном протяженных конструкций, кроме того, может быть осуществлен специальными инвентарными тепловлагоизоляционными матами, состоящими из нескольких слоев, например, полиэтиленовой пленки или другого влагонепроницаемого материала и мешковины, сшитых между собой. Такие маты могут быть как раскладными, так и раскатными.

При строительстве ирригационных сооружений особое внимание

должно быть уделено разработке и широкому применению различных способов ускоренного выдерживания бетона, рекомендованных разделом 3 настоящего Руководства.

Производство бетонных работ при строительстве массивных гидротехнических сооружений

4.47. Рекомендации, приведенные в пп. 4.48—4.72 настоящего Руководства, распространяются на работы по возведению массивных гидротехнических бетонных и железобетонных сооружений и составлены в развитие «Технологических правил производства бетонных работ при возведении гидротехнических сооружений» ($\frac{\text{ВСН 009-67}}{\text{МЭиЭ СССР}}$) и других документов.

4.48. С целью наилучшего использования бетонов различных марок массивные гидротехнические сооружения делятся на зоны. Как правило, различаются зоны подводного и надводного бетона, а также зона переменного уровня воды. Кроме того, эти сооружения разделяются на наружную и внутреннюю зоны (в зависимости от их расположения по сечению).

Принцип зональной разрезки массивных гидротехнических сооружений позволяет с различными требованиями подходить к бетону каждой из упомянутых зон.

4.49. Бетон для гидротехнических сооружений, в дальнейшем именуемый гидротехническим бетоном, отличается от обычных тяжелых бетонов комплексностью требований, предъявляемых к его свойствам.

Помимо удовлетворения требований по пределу прочности при сжатии к гидротехническим бетонам предъявляются требования по водонепроницаемости и морозостойкости. В особых случаях предъявляются требования по пределу прочности на осевое растяжение, а также по износостойкости, кавитационной или коррозионной стойкости

4.50. В процессе строительства массивных гидротехнических сооружений и при их эксплуатации бетон непрерывно подвергается воздействию переменных температур окружающей среды, а также экзотермического процесса, проходящего в его толще при твердении. Эти факторы создают в массиве сложное и непрерывно изменяющееся температурное поле, вызывающее термические напряжения в бетоне, которые могут быть как сжимающими, так и растягивающими. При превышении растягивающими напряжениями допустимых для бетона величин в массиве возникают трещины, нарушающие его монолитность, увеличивающие водопроницаемость и снижающие долговечность сооружения. На создание сложного термонапряженного состояния бетона в массивных гидротехнических сооружениях значительное отрицательное влияние оказывает жаркая и сухая погода.

4.51. Для борьбы с трещинообразованием массивные сооружения членят на секции, разделенные температурными швами, а секции, в

свою очередь, разбивают на блоки бетонирования, швы между которыми носят название строительных.

Распределение строительных швов или разрезка секций на блоки бетонирования — задача, требующая оптимизации ряда противоречивых требований. Так, для снижения термических напряжений требуется уменьшение размеров блока, однако это увеличивает объем опалубочных, подготовительных и прочих работ. При мелком

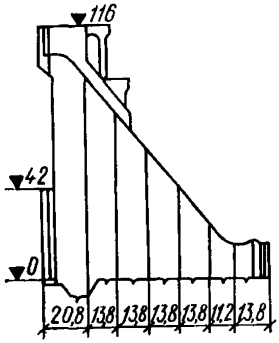


Рис. 13. Метод столбчатой разрезки водосливной секции плотины (размеры даны в м)

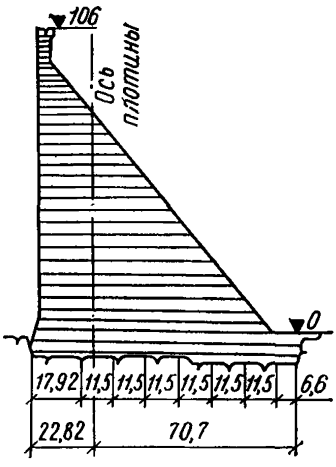


Рис. 14. Метод секционной разрезки плотины — без разрезки на блоки (размеры даны в м)

дроблении секции ухудшается также монолитность сооружения. Теория и практика современного строительства массивных сооружений разработала два основных метода разрезки сооружений на блоки бетонирования:

метод столбчатой разрезки, при котором секция сооружения разделяется рядом продольных швов на столбы таким образом, чтобы блоки в плане имели очертания, близкие к квадрату, например 15 × 15; 18 × 15 м (рис. 13). Число столбов в современных сооружениях зависит от их высоты и поперечных размеров и колеблется от 2 до 8. Высота блоков бетонирования зависит от конкретных температурных условий и колеблется от 1,5 до 3 м. При наличии трубного охлаждения твердеющего бетона высота блоков может быть значительно увеличена;

метод секционной разрезки, при котором вся площадь секции сооружения бетонируется без разрезки на блоки слоями высотой до 1—1,5 м (рис. 14).

4.52. При бетонировании массивных гидротехнических сооружений в жаркую и сухую погоду особое внимание следует уделять технологическим мероприятиям по температурному регулированию твердеющего бетона, позволяющим существенно снизить величину

максимальной температуры, развивающейся в бетонном массиве в строительный период.

К таким мероприятиям, помимо тех, которые указаны в пп. 3.36—3.40 настоящего Руководства, направленным на снижение начальной температуры бетонной смеси за счет искусственного охлаждения составляющих бетона, относятся следующие:

уменьшение расхода цемента за счет увеличения крупности заполнителя, увеличения числа фракций заполнителей, применения пластифицирующих добавок, использования жестких бетонных смесей и т. д.;

уменьшение тепловыделения цемента за счет выбора соответствующего минералогического состава клинкера, замены его части доменным гранулированным шлаком или гидравлическими добавками;

искусственное трубное охлаждение уложенного бетона, позволяющее удобно регулировать его температурный режим;

бетонирование в периоды суток с минимальными температурами (ночью);

непрерывный полив горизонтальных и вертикальных поверхностей блока;

соблюдение соответствующих перерывов между бетонированием блоков по высоте.

4.53. При строительстве гидротехнических сооружений с большим объемом бетонных работ (более 250 тыс. м³) рекомендуется разрабатывать особые технические требования к составу цемента, устанавливая в них оптимальный минералогический состав клинкера, вид и количество минеральных и поверхностно-активных добавок, тонкость помола, активность и тепловыделение цемента.

4.54. Для внутренних зон гидротехнических сооружений следует отдавать предпочтение шлакопортландцементам, пуццолановым цементам, цементам с добавкой золы-уноса тепловых электростанций (работающих на пылевидном топливе), причем последняя вводится в цемент на бетонном заводе.

Зола-унос без дополнительного измельчения может быть применена в гидротехническом бетоне для замены до 30% цемента без ущерба для качества бетона в возрасте 180 сут и более.

Применение золы-уноса допустимо только для бетона неморозостойких зон гидротехнических сооружений.

Зола-унос от сжигания каменных и бурых углей, как добавка к гидротехническому бетону, должна удовлетворять требованиям, изложенным в Технических условиях «Зола-унос тепловых электростанций как добавка в бетоны» (ТУ 34-4014-73 МЭиЭ СССР).

4.55. Для наружных зон гидротехнических сооружений, особенно в зоне переменного уровня воды, следует применять чистоклинкерный портландцемент без каких-либо минеральных добавок, не считая добавки гипса.

Гидратация цемента является экзотермическим процессом (сопровождается выделением тепла) и при возведении массивных сооружений может привести к значительному разогреву бетона. При последующем охлаждении наружные слои сооружения остывают быстрее, чем внутренние, что вызывает термические напряжения, и в бетоне могут появиться трещины, нарушающие его монолитность и долговечность.

Увеличение тонкости помола портландцемента заметно повышает его тепловыделение, особенно в ранние сроки твердения.

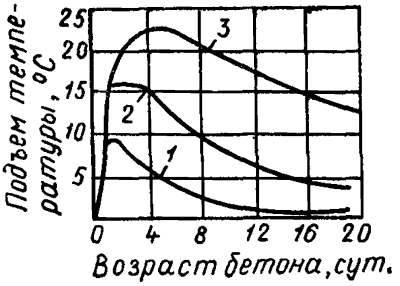


Рис. 15. Подъем температуры в блоках в зависимости от возраста бетона и высоты блоков

1 — блок высотой 0,76 м; *2* — то же, 1,5 м; *3* — то же, 3 м

С увеличением удельной поверхности на 100 см²/г тепловыделение повышается в среднем: через 1 сут на 3,2; через 28 сут на 1,8; через 90 сут на 1,5 кал/г.

4.56. Тепловыделение данного цемента в бетоне зависит от следующих технологических факторов: расхода цемента, водоцементного отношения, подвижности бетонной смеси, теплоемкости заполнителей, вида и количества поверхностно-активных добавок, температуры бетонной смеси, температурно-влажностных условий твердения и других факторов.

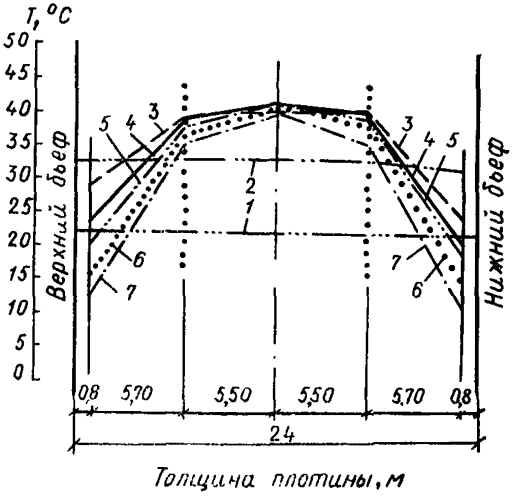


Рис. 16. Изменение температуры бетона по толщине плотины, сооруженной в районе с сухим жарким климатом, во времени

1 — в момент укладки; *2* — через 2 сут; *3* — через 1 мес.; *4* — через 2 мес.; *5* — через 3 мес.; *6* — через 4 мес.; *7* — через 5 мес.

Тепловыделение цемента в центре массивного блока в начальный период происходит практически без потерь тепла во времени (адиабатический процесс). На рис. 15 и 16 представлены характерные температурные кривые в бетонных массивах.

Технические требования на цементы, предназначенные для строительства Токтогульской ГЭС, плотины Андижанского водохранилища и Нурекской ГЭС, приведены в прил. 4.

4.57. Все гидротехнические бетоны должны изготовляться с применением пластифицирующих (СДБ), воздухововлекающих (СНВ и др.) добавок или их сочетаний.

Введение СДБ в состав гидротехнического бетона позволяет:

уменьшить расход цемента в среднем на 5—10% при постоянном водоцементном отношении и неизменной подвижности бетонной смеси;

значительно улучшить физико-механические свойства бетона: морозостойкость, водонепроницаемость, водостойкость и др.;

облегчить условия производства бетонных работ за счет улучшения удобоукладываемости и удлинения срока потери подвижности бетонной смесью;

снизить температурно-усадочные напряжения в массивных бетонных сооружениях.

В условиях жаркой и сухой погоды оптимальное содержание добавки СДБ в бетоне составляет 0,3—0,5% массы цемента (в расчете на сухое вещество).

При строительстве Нурекской ГЭС оптимальной оказалась величина добавки 0,35%, для Токтогульской ГЭС — 0,3%, для Асуанской плотины — 0,4%.

Введение воздухововлекающих добавок позволяет повысить удобоукладываемость и однородность бетонной смеси.

На физико-механические свойства бетона введение воздухововлекающих добавок отражается благотворно, за исключением прочности, которая снижается примерно на 3—4% на каждый процент содержания воздуха в бетоне. Особенно эффективно применение воздухововлекающих добавок в сочетании с другими добавками, например пластифицирующими.

4.58. В качестве мелкого заполнителя в гидротехническом бетоне, как правило, применяются естественные кварцево-полевошпатовые пески, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 4797—69*. Отличительной особенностью песков для гидротехнического бетона следует считать необходимость повышенного содержания частиц размером менее 0,15 мм. Объясняется это относительно низким содержанием цемента в бетоне, что не позволяет полностью заполнить им поры в песке. Оптимальным следует считать содержание в песке частиц размером менее 0,15 мм в количестве 8—12% общей массы песка. Такое содержание мелких частиц позволяет получить наибольшие плотность и прочность бетона при расходе вяжущего от 160 до 250 кг/м^3. С целью получения наиболее плотных бетонов рекомендуется делить песок на две фракции: 0—1,2 и 1,2—5 мм при их соотношении от 50 : 50 до 30 : 70%.

4.59. В качестве крупного заполнителя в гидротехническом бетоне может применяться как гравий, так и щебень. Однако для низкомарочных бетонов предпочтение следует отдавать гравию, обеспечивающему заданную удобоукладываемость бетонной смеси при более низких расходах цемента.

Большие размеры гидротехнических сооружений позволяют использовать заполнитель с зернами размером до 150 мм. В этом случае выбор правильного соотношения различных фракций крупного заполнителя приобретает особо важное значение.

Рекомендуется делить крупный заполнитель на следующие фракции с условием их раздельного дозирования:

при $Д_{наиб} = 40$ мм на три фракции — 5—10, 10—20 и 20—40;

при $Д_{наиб} = 80$ мм на четыре фракции — 5—10, 10—20, 20—40 и 40—80;

при $Д_{наиб} = 120$ мм на пять фракций — 5—10, 10—20, 20—40, 40—80 и 80—120 мм.

Соотношение указанных фракций рекомендуется назначать по табл. 16.

Таблица 16

$Д_{наиб}$, мм	Рекомендуемые соотношения фракций, %				
	5—10	10—20	20—40	40—80	80—120
40	20	25	55	—	—
80	10	15	25	50	—
120	10	10	20	30	30

4.60. Бетонную смесь, предназначенную для строительства гидротехнических сооружений, следует приготовлять в соответствии с *пп. 3.34—3.43 настоящего Руководства и с учетом следующих рекомендаций.*

Бетонные заводы по приготовлению бетонной смеси для крупных гидротехнических объектов, как правило, строятся по индивидуальным проектам, учитывающим специфические требования строительства.

Для районов с сухим жарким климатом в состав бетонного завода помимо обычного технологического оборудования входит также станция производства холода, оборудованная аммиачными или фреоновыми компрессорами. Получаемый хладагент используется для изготовления льда и охлаждения воды или воздуха. Бетонная смесь затворяется холодной водой температурой 2—3°С. Если при этом температура бетонной смеси снижается недостаточно, то часть воды затворения заменяется льдом. Лед в виде чешуек изготовляется в специальных льдогенераторах. Возможно изготовление льда в виде трубочек наружным диаметром 2,5 см и высотой 5 см, диаметр отверстия 1,5 см.

Установка по производству льда должна быть максимально приближена к бетоносмесительному узлу с тем, чтобы уменьшить путь транспортирования льда.

С этой целью, например, на бетонном заводе Ингурской ГЭС льдогенераторы установлены в пристройке башни бетоносмесительного узла. При введении в бетонную смесь льда следует строго следить за длительностью перемешивания смеси в бетоносмесителе, обеспечивающей полное таяние льда. При правильном подборе количества льда трехминутного цикла перемешивания бывает достаточно для полного таяния льда и равномерного распределения полученной воды.

4.61. Заполнители на складах рекомендуется хранить в соответствии с требованиями п. 3.38.

Для снижения температуры крупного заполнителя может быть применен метод, использующий принцип испарительного охлаждения, изложенный в п. 3.38. Таким методом можно снизить температуру крупного заполнителя примерно на 5—6°С.

При недостаточности указанного упрощенного метода охлаждение крупного заполнителя может быть осуществлено в специальных силосах путем пропускания через заполнитель либо холодной воды, либо охлажденного воздуха.

Длительность охлаждения при использовании воздуха несколько продолжительнее, чем при использовании воды. Однако при воздушном охлаждении заполнитель получается сухим, что позволяет повысить однородность бетонной смеси. Кроме того, при водном охлаждении пыль оседает в нижней части силоса и затрудняет как циркуляцию воды, так и выгрузку заполнителя.

Выбор хладагента для охлаждения крупного заполнителя зависит от ряда местных условий и должен каждый раз производиться сравниванием вариантов.

4.62. Охлаждение мелкого заполнителя циркуляцией воды или воздуха весьма затруднительно из-за малой его фильтрационной способности. Для его охлаждения можно применять пароэжекторные установки, использующие принцип испарения при снижении давления. При понижении давления (примерно до 5—6 мм рт. ст.) влага, содержащаяся в песке, интенсивно испаряется, отбирая тепло и охлаждая песок. Эксплуатация пароэжекторной установки, например, на бетонном заводе Токтогульской ГЭС показала, что температуру песка можно снизить на 15—20°С, при этом снижение его влажности составляет около 1%.

4.63. Особое внимание на бетонных заводах для гидротехнического строительства должно быть уделено установкам для приготовления и введения поверхностно-активных добавок. Установки должны состоять из емкостей для складирования добавок, мешалок, приготовляющих водный раствор добавок, и насосного оборудования для перекачки раствора в дозаторное отделение. Дозировка добавок производится либо дозатором воды, либо специальными дозаторами.

4.64. Транспортирование бетонной смеси от бетонного завода до места укладки в сооружение должно осуществляться в соответствии с рекомендациями пп. 3.44—3.61 настоящего Руководства и может производиться порционным или непрерывным способом.

При порционной подаче могут быть использованы:

автобетоновозы, автобетоносмесители и автосамосвалы;

специальные бадьи, перевозимые на платформах на железнодорожном или автотракторном ходу и разгружаемые кранами;

краны различного типа, оборудованные бадьями.

Непрерывная подача бетонной смеси производится: ленточными транспортерами; бетононасосами; виброхоботами; пневмонагнетателями.

Все виды транспортных средств, механизмов и машин для подачи бетонной смеси должны исключать ее расслоение в процессе транспортирования и удовлетворять требованиям, приведенным в пп. 3.51—3.53 настоящего Руководства.

4.65. *Максимальная продолжительность перевозки и укладки* бетонной смеси в зависимости от ее температуры при выпуске из бетоносмесителя не должна превышать величин, приведенных в табл. 17.

Таблица 17

Температура свежеприготовленной бетонной смеси, °С	Максимально допустимая продолжительность перевозки и укладки смеси, мин
15	90—120
20	60—90

Указанная в табл. 17 продолжительность транспортирования и укладки бетонной смеси может быть значительно увеличена при применении пластифицирующих добавок или эффективных замедлителей схватывания цемента.

4.66. Укладка бетонной смеси в блоки бетонирования должна производиться в соответствии с рекомендациями пп. 3.62—3.72 настоящего Руководства с учетом следующих особенностей.

Укладка состоит из подачи бетонной смеси в блок, разравнивания и уплотнения ее.

В зависимости от принятой схемы укладка может вестись:

а) горизонтальными слоями, распределенными по всей площади блока с перекрытием слоев в установленные сроки;

б) горизонтальными ступенями с перекрытием каждой ступени в те же сроки.

Сроки перекрытия слоев зависят от температуры бетонной смеси, вида введенной в нее добавки, вида цемента и других факторов и устанавливаются лабораторией строительства.

4.67. Для того чтобы устранить воздействие солнечных лучей на укладываемую бетонную смесь, блок бетонирования затеняют специальным шатром любой конструкции.

В этом случае под шатром создается микроклимат, в котором температура может быть на 4—5°С ниже, чем температура наружного воздуха. Относительная влажность воздуха под шатром в жаркие дни может быть выше влажности наружного воздуха на 20—30%.

Например, для затенения блоков Токтогульской плотины применен самоподъемный шатер, конструкция которого и общий вид представлены на рис. 17, 18 и 19. Этот шатер конструктивно выполнен в виде системы жестких ферм, имеющих шарнирно-подвижное опирание. Стойки шатра состоят из подвижной и неподвижной частей, причем подвижная часть стойки перемещается вдоль неподвижной. Данная конструкция позволяет производить независимый подъем стоек шатра. Монтаж колонн и ферм шатра осуществляется автокраном непосредственно с поверхности блока, а подъем шатра производится автопогрузчиками.

При крановой подаче бетона бадьями в кровле шатра устраиваются проемы со съемными крышками. Для уменьшения загазованности подшатрового пространства на внутриблочных работах, исходя из санитарных условий, должны применяться преимущественно машины с электроприводом; машины с двигателями внутреннего сгорания должны оснащаться фильтрами. На всех машинах должны быть предусмотрены меры по устранению утечки горючего и масел.

4.68. Удаление цементной пленки с поверхности уложенного

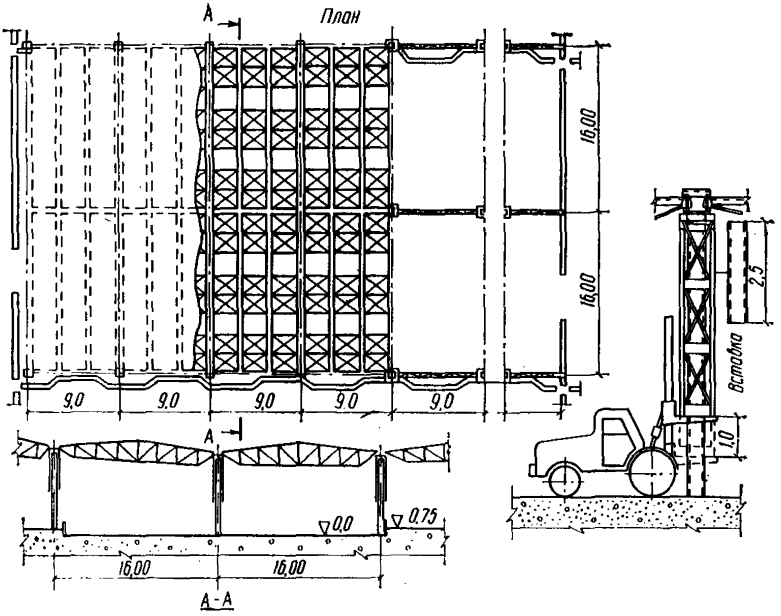


Рис. 17. Конструктивная схема шатра, примененного при бетонировании Токтогульской плотины (размеры даны в м)

бетона производится при прочности бетона 1—3 МПа механизированным способом: при больших площадях — с помощью щеток поливомоечной машины ПМ-20, в стесненных условиях — механическими щетками.

Время начала удаления пленки устанавливается лабораторией в зависимости от температурных условий, вида цемента, применяемых добавок и других факторов и ориентировочно находится в пределах 10—20 ч после окончания укладки бетона.

4.69. Укладка бетона ведется в направлении от нижнего бьефа к верхнему, начиная с самых низких мест. Для разравнивания бетонной смеси следует применять электротракторы с бульдозерными отвалами.

Продолжительность вибрирования бетонной смеси должна уточняться непосредственно на месте работ визуально и по возможности замерами однородности уплотнения. Окончание уплотнения характеризуется прекращением осадки смеси и выделением воздушных пузырьков на поверхности.

При больших объемах бетонных работ и отсутствии арматуры для уплотнения бетонной смеси рекомендуется использовать пакеты вибраторов, подвешенные к крану либо установленные на электротракторе.

4.70. Мероприятия по уходу за бетоном, уложенным в массивные сооружения, определяются, помимо требований по исключению возможности испарения воды затворения, также проектным термическим режимом выдерживания бетона.

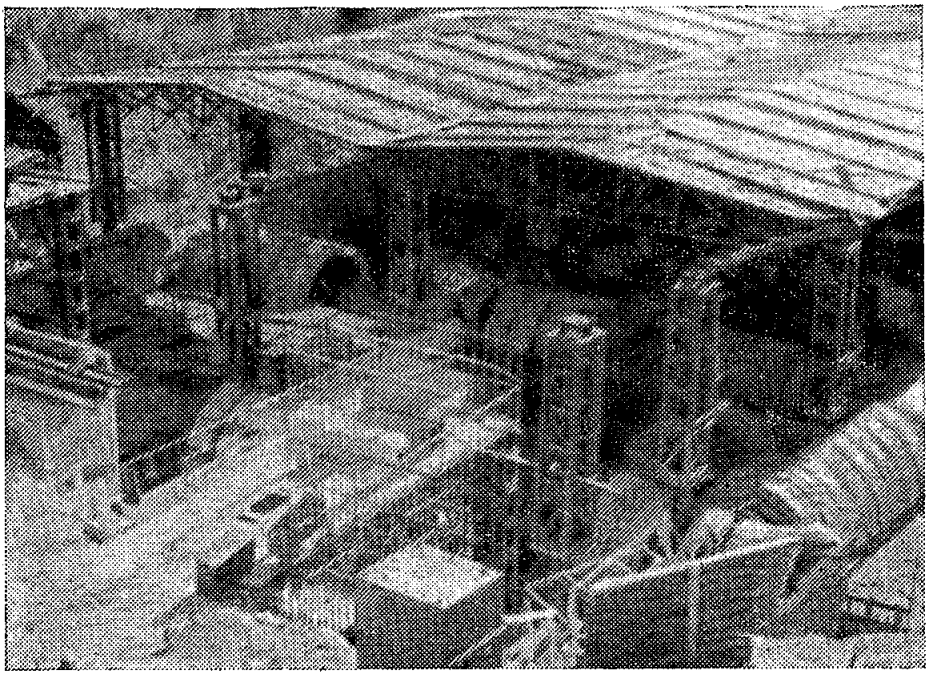


Рис. 18. Внешний вид шатра

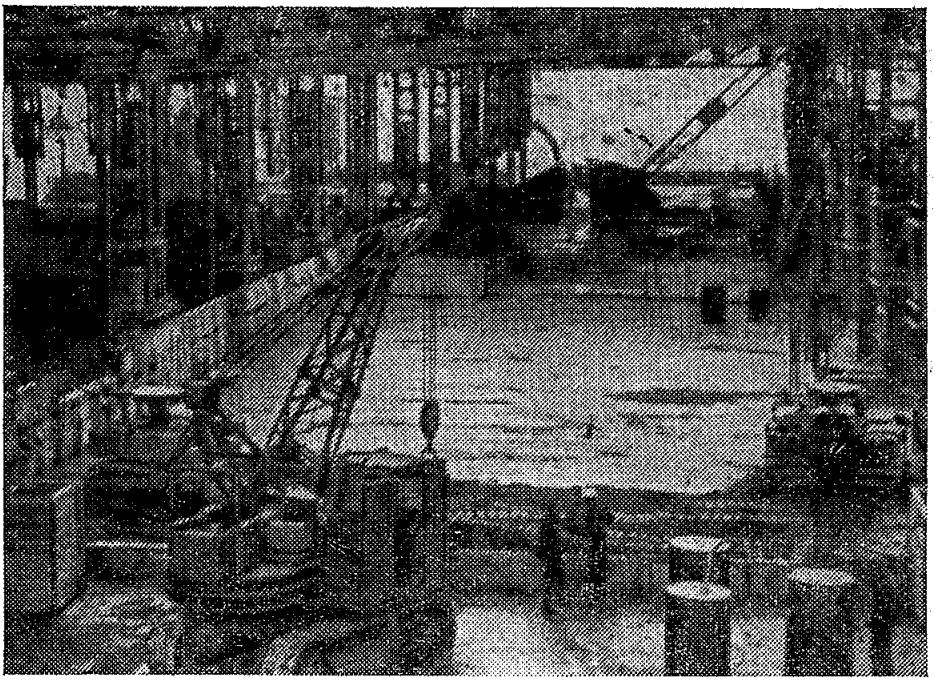


Рис. 19. Бетонирование блоков под самоподъемным шатром

После завершения начального ухода требование по исключению обезвоживания бетона обеспечивается последующим непрерывным круглосуточным поливом (заливом), например, из перфорированных труб горизонтальных поверхностей бетона водой, а также одним из способов, указанных в пп. 3.76—3.88 настоящего Руководства. Поверхностное охлаждение (непрерывный полив и залив) должно обеспечивать равномерное распределение температур по поверхности блока. Сухие места (пятна) на поверхности бетона не допускаются. Охлаждение поливом прекращается не позднее чем за 10—12 ч до укладки следующего по высоте яруса при нормальных перерывах в укладке (3—8 сут) или по достижении бетоном требуемой температуры, после чего поверхность бетона поддерживается во влажном состоянии до укладки следующего яруса.

4.71. При недостаточности поверхностного полива для удаления тепла экзотермии цемента на горизонтальную поверхность уложенного бетона до начала бетонирования следующего яруса устанавливаются змеевики из металлических труб, подключающиеся к коллекторам подачи холодной воды. Шаг труб устанавливается на основе расчета, исходя из условий достижения среднегодовой температуры или температуры, необходимой для омоноличивания кладки цементацией.

В зависимости от темпа охлаждения по трубам пропускается либо грунтовая вода, либо вода, охлажденная на специальных холодильных установках до температуры на 2—3°С ниже температуры замоноличивания.

Длина труб одной секции змеевика не должна превышать длины 250—350 м, чтобы обеспечить эффективный перепад температур воды и бетона.

4.72. Контроль качества бетона при производстве бетонных работ в жаркую и сухую погоду должен осуществляться в соответствии с пп. 3.125 и 3.126 настоящего Руководства, однако специфика массивных бетонных сооружений требует также и применения специальных методов контроля.

К ним относятся:

а) радиометрический контроль плотности уложенного бетона;

б) определение термического режима бетонной кладки с помощью специально заложенной при бетонировании аппаратуры;

в) испытание кернов различного диаметра, выбуренных из бетонной кладки. Так как вследствие гидратации цемента подъем температуры в бетонном массиве происходит в течение нескольких суток и максимальная температура может достигать 60—70°С, то твердение бетона в большом бетонном массиве в значительной степени отличается от твердения тонких элементов.

В этих условиях физико-механические свойства бетона в сооружении не соответствуют результатам испытания контрольных образцов.

В связи с этим испытание образцов-кернов приобретает особое значение;

г) определение удельного водопоглощения бетонной кладки нагнетанием воды под давлением в пробуренные скважины.

Бетонирование специальных промышленных сооружений

4.73. Строительство специальных монолитных железобетонных промышленных сооружений (стволов дымовых труб, силосных сооружений, гиперболических башенных градирен, шахтных копров, угольных башен и пр.) в жаркую и сухую погоду следует производить в соответствии с «Указаниями по возведению монолитных железобетонных промышленных труб и башенных градирен» (СН 374-67), М., Стройиздат, 1968, «Инструкцией по строительству монолитных железобетонных промышленных труб» (МСН 200-69 / ММСС СССР) и «Инструкцией по строительству монолитных железобетонных вытяжных башен (оболочек) градирен» (МСН 201-69 / ММСС СССР), а также с учетом рекомендаций, приведенных в пп. 4.74—4.115 настоящего Руководства.

4.74. Возведение специальных промышленных сооружений осуществляется, как правило, в инвентарной металлической подъемно-переставной, разборно-щитовой, а также в скользящей опалубках.

4.75. К особенностям возведения этих сооружений относятся:

а) цикличная технология с перестановкой опалубки после каждого комплекса работ по бетонированию единичного яруса или секции сооружения. При этом обеспечение определенных темпов возведения сооружения, как правило, ограничивает время выдерживания бетона в опалубке максимально 8—10 ч;

б) значительная высота сооружений и наличие развитых вертикальных поверхностей практически не позволяют применять рекомендованные настоящим Руководством различные способы влажностного ухода за бетоном.

Применение пленкообразующих материалов хотя в определенной степени решает вопрос предохранения бетона от обезвоживания, но, с одной стороны, не предотвращает нарушений структуры бетона конструкций (в связи с асимметричностью температурного поля, усиленной экзотермическим эффектом), а с другой — является сложной технической проблемой, так как нанесенные пленкообразующие материалы плохо удерживаются на вертикальных поверхностях свежеотформованного бетона.

Защита вертикальных поверхностей специальных сооружений готовыми пленками также является трудновыполнимой технической задачей.

Периодический полив твердеющего бетона не допустим, так как при нем возникают сложные температурные напряжения, связанные с интенсивным охлаждением разогретых поверхностей твердеющего бетона;

в) части сооружений с различной ориентацией по странам света нагреваются неравномерно, что приводит к появлению в период строительства недопустимых температурных перепадов по периметру и сечению сооружений.

4.76. Наиболее эффективным решением проблемы гарантированного приобретения бетоном высоких физико-механических свойств в специальных промышленных сооружениях является применение методов ускоренного твердения бетона (см. пп. 3.96—3.108).

Ускорение твердения бетона достигается, как правило, тепловым воздействием на него в пределах опалубки или подвесного термоактивного покрытия, что позволяет в короткие сроки достичь требуемой величины критической относительно влагопотерь прочности бетона (п. 3.97) и исключить трудоемкие операции по последующему влажностному уходу за ним.

4.77. При бетонировании сооружений в жаркую и сухую погоду рекомендуется применять все методы теплового воздействия на бетон, которые используются при возведении специальных сооружений в зимних условиях:

предварительный электроразогрев бетонной смеси с последующим термосным выдерживанием ее в утепленной опалубке;

электропрогрев с использованием в качестве электродов металлической опалубки и арматуры;

электрообогрев в греющей опалубке;

электрообогрев в термоактивном подвесном покрытии (ТАПП);

сочетание различных методов (КЭВ, двустадийная тепловая обработка и др.).

Выбор методов теплового воздействия на бетон определяется конструктивными особенностями возводимого сооружения, принятой технологией бетонирования и технико-экономическими показателями.

Общие принципы применения электрического тока для тепловой обработки бетона изложены в «Руководстве по электротермообработке бетона», М., Стройиздат, 1974.

При возведении крупных сооружений в летний и зимний периоды года целесообразно применять единый метод ускоренного выдерживания бетона в соответствии с п. 3.101 настоящего Руководства.

4.78. Методы, основанные на использовании токопроводящих свойств бетона (предварительный разогрев бетонной смеси и электропрогрев в конструкции), требуют наименьших материальных и трудовых затрат и должны быть использованы в первую очередь, если нет ограничений к их применению по конструктивным, технологическим или организационным соображениям.

Предварительный разогрев бетонной смеси

4.79. Применение предварительного электроразогрева при бетонировании в жаркую и сухую погоду рекомендуется для конструкций с модулем поверхности от 2,5 до 20 $м^{-1}$ при условии, что промежуток времени с момента окончания приготовления бетонной смеси до окончания ее укладки и уплотнения не превысит 30—40 мин, а число перегрузок разогретой смеси будет минимальным (не более двух).

4.80. Организация доставки смеси к посту разогрева, время разогрева и транспортирования ее к месту укладки разрабатываются в проекте производства работ с учетом непрерывной подачи разогретой смеси к месту укладки. При этом устанавливается необходимое число бункеров и постов разогрева.

4.81. При бетонировании конструкций предварительно разогретыми смесями набор бетоном прочности происходит в основном в период его термосного выдерживания.

Темп нарастания прочности определяется составом и маркой

бетона, видом и активностью цемента, видом примененных добавок и другими факторами, а также начальной температурой уложенной бетонной смеси и степенью теплоизоляции опалубки.

Теплоизоляция опалубки в условиях жаркой и сухой среды решает следующие задачи:

регулирует скорость остывания бетона в конструкции для получения критической относительно влагопотерь прочности перед распалубкой;

снижает температурные перепады по сечению конструкции;

снижает температурные перепады по периметру конструкции, возникающие от солнечной радиации;

делает режим выдерживания бетона независимым от колебаний параметров внешней среды (например, днем и ночью).

4.82. Максимальная температура разогрева бетонной смеси в жаркую и сухую погоду не должна превышать 50°С для конструкций с модулем поверхности от 2,5 до 5 $м^{-1}$, 60°С — для конструкций с модулем поверхности от 6 до 10 и 70°С — с модулем поверхности более 10 $м^{-1}$.

Прогрев бетона в опалубке

4.83. Прогрев бетона в конструкции специальных сооружений можно осуществлять либо с применением электропрогрева при непосредственном прохождении тока через бетон, либо с помощью электрообогрева греющей опалубкой, оборудованной термовкладышами, либо комбинацией этих методов.

Во всех случаях режимы выдерживания и принципы расчета потребной мощности одинаковы. Величина максимальной температуры изотермического прогрева бетона изменяется в зависимости от вида специальных сооружений, требований к качеству бетона, условий их эксплуатации и не должна превышать: 80°С — для угольных башен, башенных копров, элеваторов и силосов; 70°С — для стволов дымовых и вентиляционных труб и 50°С — для оболочек башенных градирен.

4.84. Прогрев бетона производится со скоростью подъема температуры не более 10°С/ч во избежание нарушений структуры бетона, возникающих при быстром нагреве уложенной в опалубку и уплотненной бетонной смеси.

Изотермическое выдерживание и остывание бетона производится в течение времени, необходимого для получения при распалубке критической относительно влагопотерь прочности бетона.

Целесообразно скорость снижения температуры замедлить устройством тепловой изоляции опалубки, что позволит одновременно снизить затраты электроэнергии на прогрев бетона, сократить период изотермического выдерживания, избежать возникновения опасных температурных напряжений и деформаций.

А. ЭЛЕКТРОПРОГРЕВ БЕТОНА В КОНСТРУКЦИИ

4.85. Электропрогрев бетона целесообразно применять при возведении высотных специальных сооружений в трубной опалубке (трубы, одиночные силосные башни и др.) путем подачи напряжения

на внутренние щиты опалубки (не соприкасающиеся с другими элементами конструкции), которые являются одним из электродов (фаза). Другим электродом (ноль) служат панели наружной опалубки и арматурный каркас, заземленные через шахтный подъемник и фундамент трубы.

В зависимости от конструкции арматурного каркаса электропрогрев бетона может осуществляться либо по всей толщине сооружения — при однорядном армировании и расположении арматуры у наружной поверхности, либо только в защитном слое со стороны внутренней поверхности — при двухрядном армировании. Во втором случае электропрогрев обычно дополняется электрообогревом бетона со стороны наружной опалубки (комбинированное электровоздействие — КЭВ).

4.86. Для электропрогрева можно использовать как однофазные, так и трехфазные трансформаторы, имеющие несколько ступеней регулирования напряжения. В последнем случае внутренняя опалубка разделяется по периметру электроизолирующими щитами на несколько равных частей по числу подключаемых фаз.

4.87. При применении электропрогрева бетона по всей толщине сооружения или внутреннего защитного слоя (КЭВ) внутренняя опалубка должна быть надежно электроизолирована от арматуры ствола трубы, металлоконструкций наружной опалубки, рабочей площадки, шахтного подъемника и прочих заземленных элементов конструкции.

К конструктивным элементам, могущим образовать короткое замыкание щитов внутренней опалубки на арматурный каркас и панели наружной опалубки, относятся распорные стержни из арматурной стали, проволочные скрутки, стальные скобы для крепления гибких связей шахтного подъемника, закладные детали маршевых лестниц и т. п.

4.88. Проволочные скрутки должны иметь электрический разрыв у поверхности щитов внутренней опалубки. Разрыв выполняется с помощью изоляторов, которые могут быть изготовлены из текстолита или другого диэлектрика.

Концы распорных стержней, упирающиеся в щиты внутренней опалубки, следует обмотать изоляционной лентой или надеть на них наконечники из водопроводного шланга подходящего диаметра с электроизолирующей пробкой. Скобы для гибких связей шахтного подъемника следует изолировать или установить деревянные прокладки между скобами и щитами опалубки.

Металлические подвески внутренних лесов, радиальные направляющие и установочные болты не должны соприкасаться с внутренней опалубкой. При прогреве бетона от трехфазных трансформаторов бандажи секций внутренней опалубки, разделенные электроизолирующими щитами, не должны соприкасаться друг с другом.

4.89. Перед началом бетонирования пояса отсутствие короткого замыкания между щитами внутренней и панелями наружной опалубок и между отдельными частями внутренней опалубки при трехфазном прогреве следует проверить с помощью мегомметра или универсального прибора для измерения напряжения, тока и сопротивления.

4.90. Расчет установочной мощности электрооборудования производится по величине мощности, затрачиваемой в период подъема температуры, которая в основном зависит от объема бетона и скорости разогрева.

Получение потребной мощности при электропрогреве бетона достигается подбором величины напряжения на электродах и силы тока в прогреваемом слое:

при однофазном прогреве

$$N = UI = I^2R = \frac{U^2}{R}; \tag{5}$$

при трехфазном прогреве

$$N = \sqrt{3}\,UI = 9I^2R = \frac{U^2}{3R}, \tag{6}$$

где N — полная электрическая мощность, Вт;

I — величина тока в линии, А;

U — напряжение между фазами, В;

R — сопротивление прогреваемого слоя бетона по всему периметру сооружения, Ом.

4.91. Основной расчетной характеристикой электропрогрева является электрическое сопротивление прогреваемого слоя бетона в конструкции.

При прогреве конструкций с однорядным армированием величина сопротивления R определяется по формуле

$$R = \rho \cdot \frac{\delta}{L \cdot H} \tag{7}$$

При электропрогреве конструкций с двухрядным армированием сопротивление R защитного слоя рассчитывается по формуле

$$R = \frac{\rho}{L \cdot H}\left[\delta' + \frac{d}{2} + h\left(0{,}32 \ln \frac{h}{d} - 0{,}58\right)\right], \tag{8}$$

где ρ — удельное электрическое сопротивление бетона, Ом·см;

δ, δ' — соответственно толщина прогреваемого слоя между внутренней и наружной опалубками и толщина прогреваемого защитного слоя, см;

L — периметр внутренней опалубки, см;

H — высота секции бетонирования, см;

d — диаметр горизонтальной арматуры, см;

h — шаг горизонтальной арматуры, см.

4.92. По величине электросопротивления прогреваемой конструкции и требуемой мощности на прогрев в период подъема и изотермического выдерживания бетона определяется необходимое напряжение по формулам:

при однофазном прогреве $U = \sqrt{NR}$; (9)

при трехфазном прогреве $U = \sqrt{3NR}$. (10)

По вычисленному значению напряжения устанавливается ближайшая ступень напряжения на трансформаторах.

При электропрогреве бетона вследствие изменения величины его удельного электросопротивления с ростом температуры и в процессе структурообразования необходимо вести контроль скорости прогрева и при необходимости изменять напряжение на трансформаторе переключением ступени.

Б. ЭЛЕКТРООБОГРЕВ БЕТОНА В ГРЕЮЩЕЙ ОПАЛУБКЕ

4.93. Электрообогрев бетона применяется при возведении оболочек градирен в инвентарной металлической разборно-переставной опалубке, угольных башен и башенных копров в инвентарной металлической подъемно-переставной опалубке, стволов труб в наружных щитах опалубки и т. д.

Греющая опалубка для электрообогрева состоит из инвентарных щитов и термовкладышей. Термовкладыш представляет собой плоский нагреватель из стальной или нихромовой проволоки (рекомендуемый диаметр 0,8—2 мм), намотанной на лист асбошифера, изолированный с двух сторон листами асбеста. На внешней стороне нагревателя имеется теплоизоляция (например, слой минеральной ваты), прижимаемая к асбесту листом фанеры. Концы нагревателя выводят наружу и закрепляют специальным клеммником.

4.94. Электрообогрев бетона должен быть, как правило, двухсторонним. Односторонний электрообогрев в жаркую погоду допускается при толщине стенки конструкции до 0,4 м, при этом необогреваемые щиты опалубки необходимо теплоизолировать.

4.95. Проволоку нагревателя рекомендуется по возможности располагать на одной внутренней стороне асбошиферного листа, что уменьшает потери тепла внешней поверхностью щита опалубки.

Витки проволоки нагревателя необходимо располагать горизонтально, что позволит увеличить его мощность в верхней и нижней зонах за счет сокращения шага намотки для обеспечения одинаковой температуры бетона по высоте прогреваемого пояса сооружения.

4.96. Для равномерного обогрева бетона в пределах пояса (по периметру сооружения) последний разбивают на отдельные участки, каждый из которых обслуживается одним трансформатором с индивидуальной системой автоматического регулирования температуры.

В. КОМБИНИРОВАННОЕ ЭЛЕКТРОВОЗДЕЙСТВИЕ (КЭВ)

4.97. Комбинированное электровоздействие применяют при возведении железобетонного ствола трубы с двухрядным армированием.

Сущность КЭВ заключается в одновременном использовании методов электропрогрева и электрообогрева.

Электрообогрев осуществляется на наружной поверхности ствола с помощью электронагревателей, вмонтированных в панели инвентарной подъемно-переставной опалубки. С внутренней стороны ствола источником нагрева служит защитный слой бетона, подвергаемый электропрогреву между замкнутым кольцом металлических щитов внутренней опалубки (фаза) и внутренней арматурой (ноль).

4.98. При комбинированном электровоздействии суммарная потребная мощность для нагрева распределяется примерно на две равные части. По одной части производится расчет электропро-

грева, по другой — расчет нагревательных элементов панелей наружной опалубки.

При расчете метода КЭВ следует руководствоваться «Указаниями по применению в зимних условиях комбинированного электровоздействия на бетон стволов промышленных труб с двойным армированием» $\left(\frac{\text{ВСН 295-72}}{\text{ММСС СССР}}\right)$.

4.99. Панели наружной опалубки оборудуются четырьмя нагревательными элементами. Нагревательные элементы объединяются в группы отдельно по верхнему и нижнему ярусам. Каждая из групп присоединяется к своему понизительному трансформатору. В пределах каждой группы нагрузка нагревательных элементов равномерно распределяется по фазам.

4.100. Для обогрева используются, как правило, трехфазные трансформаторы ТМО-50, ТМОА-50. Для электропрогрева можно использовать как однофазные трансформаторы ТБ-20 и сварочные, так и трехфазные.

4.101. Трансформаторы и пусковую электроаппаратуру устанавливают под специальным навесом на рабочей площадке или у строящегося сооружения.

На рабочей площадке трансформаторы и пускорегулирующие устройства устанавливают у шахтного подъемника так, чтобы не мешать производству работ и перемещению людей и грузов.

4.102. Питание понизительных трансформаторов электропрогрева и электрообогрева (на стороне 220/380 В) производится по различным фидерам, выполненным силовым кабелем в алюминиевой или свинцовой оболочках, а также шланговыми кабелями КРПТ, ГРШС и др.

Электрообогрев в термоактивном подвесном покрытии (ТАПП)

4.103. Применение термоактивных подвесных покрытий позволяет производить тепловую обработку после распалубливания бетона. В этом случае опалубка не выполняет роли термоформы, и время выдерживания бетона в ней не связано с необходимостью достижения критической относительно влагопотерь прочности. Поэтому темпы возведения сооружения могут быть существенно увеличены, особенно при возведении сооружений в скользящей опалубке.

ТАПП может быть установлено либо непосредственно после опалубки, либо с небольшим разрывом по высоте, достаточным для выполнения различных технологических операций по окончательной отделке поверхностей.

4.104. Термоактивное подвесное покрытие представляет собой легкое, гибкое, влаго-, термо- и морозостойкое обогревательное устройство, секционированное на отдельные элементы.

4.105. Элемент ТАПП состоит из нагревателя и теплозащит-

ного слоя. В качестве примера на рис. 20 представлена конструкция элемента, разработанная во ВНИПИТеплопроект и предназначенная для возведения дымовых труб в скользящей опалубке на ТЭЦ-25 и ТЭЦ-23 Москвы.

Нагреватель элемента состоит из асбестовой ткани АТ-3 (АТ-4), прошитой нагревательными проводами из нихромовой проволоки диаметром 0,6—1,2 мм.

Теплозащитный слой выполняется из полотнищ стеклоткани, защищенной гидрофобным составом, с проложенными между ними для создания воздушного зазора стекложгутом ЖСТ-15, пеньковой или хлопчатобумажной веревкой диаметром до 10 мм или сеткой из нее, предварительно пропитанной огнезащитным и противогнилостным составом, например: диаммоний фосфат — 9 мас. ч; сульфат аммония — 6 мас. ч.; фтористый натрий — 2 мас. ч.; вода — 83 мас. ч.

Для защиты от попадания влаги внутрь ТАПП вертикальные торцы обертываются полуполами стеклоткани СЗГ, и весь элемент сшивается пропитанным шпагатом.

4.106. Схема изготовления нагревателя элемента ТАПП приведена на рис. 21.

В центре деревянного верстака размером, соответствующим длине элемента ТАПП, устанавливают поперек два уголка размером 50×50 мм, имеющие прорези шириной 5 мм до центра полки с шагом, соответствующим шагу нагревателя. Между уголками размещают асботкань АТ-3, сложенную «гармошкой». Стальной иглой через асботкань продергивают нихромовую проволоку расчетной длины и закрепляют на аналогичных уголках или специально вбитых гвоздях, установленных на расстоянии, равном длине всего элемента ТАПП.

После прошивки асботкань расправляют по нихромовому проводу равномерно в каждую сторону, после чего металлические уголки убирают и производят спайку концов нихромовой спирали с выводами проводов ПРГ 1×2,5.

Для изоляции нихрома заготовленный элемент оборачивают с обеих сторон стеклотканью Э-0,12 и простегивают

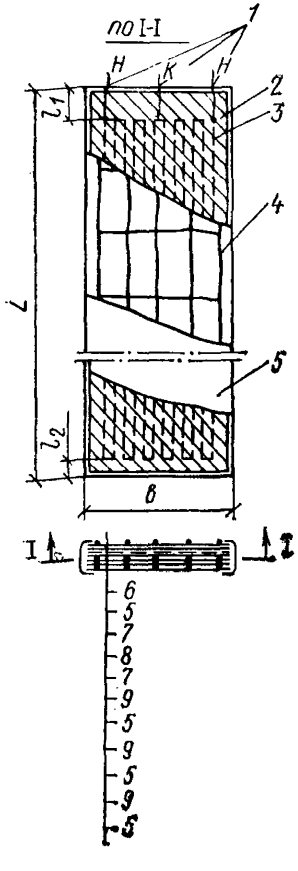


Рис. 20. Конструкция элемента термоактивного подвесного покрытия (ТАПП)

1 — выводы проводом ПРГ 1×2,5; *2* — асбестовая ткань АТ-3 (АТ-4); *3* — нагреватель из нихромовой проволоки; *4*—стекложгут ЖСТ-15; *5* — стеклоткань СЗГ; *6* — защитная сетка; *7* — стеклоткань Э-0,12; *8* — проволочный нагреватель, продетый в асботкань; *9* — разделительная сетка

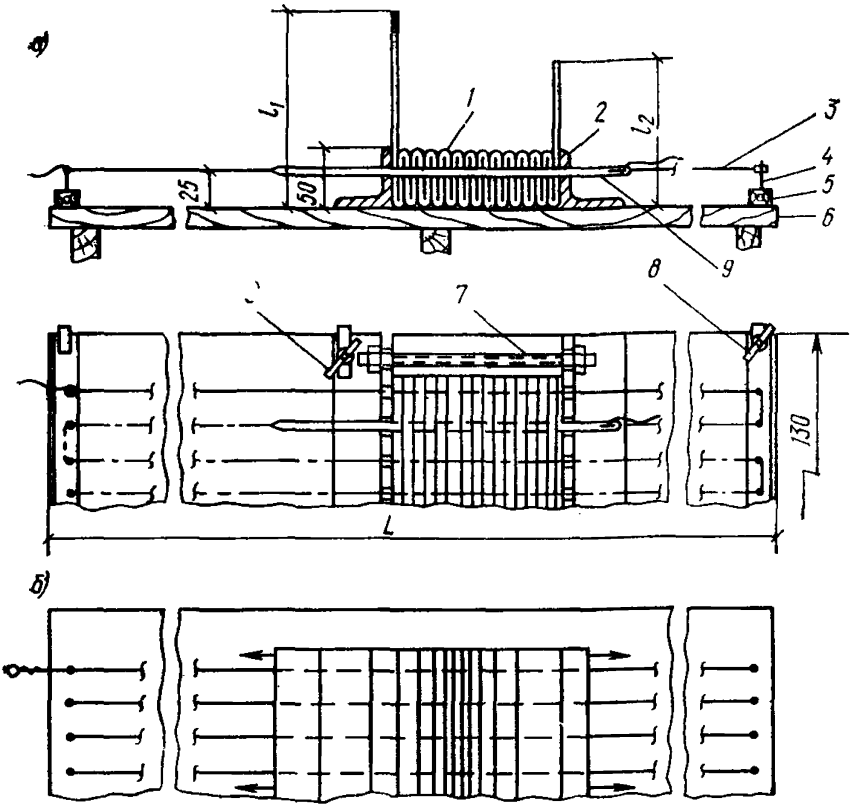


Рис. 21. Схема изготовления нагревателя элемента ТАПП

а — прошивка асботкани нихромовой проволокой; *б* — растяжка асботкани; *1* — сложенная асботкань; *2* — сжимающие уголки размером 50×50 мм; *3* — нихромовая проволока; *4* — гвозди, *5* — брусок; *6* — рабочий стол; *7* — шпилька; *8* — струбцина; *9* — игла

вертикальными рядами жгутом стеклонитей или шпагатом, предварительно пропитанным огнезащитным раствором.

4.107. Сборку элементов ТАПП производят на деревянных верстаках с ограничителями длины в следующей последовательности:

а) на верстаке раскладывают два дополнительных куска стеклоткани СЗГ для оборачивания вертикальных торцов элементов;

б) сверху по ним укладывают слой стеклоткани СЗГ, а по нему нагреватель;

в) по нагревателю раскладывают пропитанную веревочную сетку с петлями для закрепления на болтах. Сверху укладывают полотно стеклоткани СЗГ и т. д.

Необходимое число теплоизоляционных слоев рекомендуется выбирать в зависимости от требуемого коэффициента теплопередачи по табл. 18.

Таблица 18

Число слоев	Коэффициент теплопередачи, Вт/(м²К
1	6,65
2	4,64
3	3,48
4	3,12
5	2,86

г) свободными концами дополнительной стеклоткани СЗГ укрывают вертикальные торцы слоеного элемента и сшивают пропитанным шпагатом торцы элемента;

д) для окончательной сборки элемента его аккуратно снимают, на верстаке укладывают противоистирающую сетку, поверх которой и укладывают сшитый элемент.

В таком виде все составляющие элемента ТАПП соединяют по верхнему и нижнему торцам металлическими полосами и закрепляют болтами. При сборке необходимо проследить, чтобы провода между пластинами были проложены в полихлорвиниловых трубках и были пропущены через отверстия в резиновой прокладке.

4.108. Термоактивное покрытие подвешивается с внутренней и наружной сторон прогреваемой конструкции на расстоянии до 30 мм от поверхности бетона. При монтаже элементов ТАПП необходимо обеспечить плотное примыкание верхнего и нижнего краев покрытия к поверхности бетона для уменьшения фильтрации воздуха в зазоре. Уплотнение можно создать с помощью полосы из технической резины, закрепляемой к торцам ТАПП и свободно свисающей вдоль поверхности бетона. С этой же целью элементы ТАПП должны устанавливаться с нахлестом по боковым граням и скрепляться между собой.

4.109. Для электроснабжения ТАПП используется рабочее напряжение 220 В. Нагреватели присоединяются по параллельной схеме с учетом равномерной загрузки трех фаз источника электроснабжения.

Питание элементов ТАПП производится трансформаторной подстанцией (КТПН) через распределительные пункты ПР 9332 с помощью кабелей КРПТ. Включение всей системы осуществляется вводными автоматами А-3134 на распределительных пунктах, а затем линейными автоматами А-3124, к которым подключаются по три элемента ТАПП. После включения линейных автоматов производится включение каждого элемента ТАПП автоматическими выключателями АП50-3МТ, которые осуществляют защиту от короткого замыкания и перегрузок.

4.110. При всех рассмотренных методах тепловой обработки температуру бетона следует измерять дистанционными манометрическими термосигнализаторами типа ТС-100 или ТПП IV-4. Термобаллоны помещают в специальные температурные скважины, для чего в щитах опалубки просверливают отверстия диаметром 20 мм, через которые при укладке бетонной смеси вставляют деревянные

шаблоны на глубину 100—150 мм. Для предупреждения сцепления бетона с шаблонами последние периодически проворачивают.

Термосигнализаторы помимо контроля температуры при тепловой обработке осуществляют сигнализацию (световую или звуковую) в случае нарушения заданного режима и автоматическое регулирование температуры изотермического выдерживания.

4.111. При использовании электропрогрева бетона в конструкции термобаллоны, соединительные капилляры и корпус термосигнализатора следует предохранять от замыкания с арматурой, щитами опалубки и прочими заземленными конструкциями обертыванием изоляционной хлорвиниловой лентой и креплением на диэлектрических подкладках.

4.112. При отсутствии термосигнализаторов температуру твердеющего бетона можно измерять стеклянными термометрами. Термометры должны быть предохранены от механических повреждений, зазоры между ними и стенками скважины должны быть уплотнены.

4.113. Все скважины для измерения температуры бетона должны быть пронумерованы и отмечены на чертежах конструкции.

Данные измерения температуры бетона вносятся в температурные журналы.

4.114. Для контроля прочности бетона изготовляют дополнительно шесть образцов, которые нагревают и выдерживают по заданному режиму в условиях, максимально приближенных к условиям твердения бетона в конструкции.

Три образца испытывают сразу после остывания для определения распалубочной прочности, остальные три образца испытывают в возрасте 28 сут после хранения их в условиях последующего твердения конструкции.

4.115. Все работы по возведению железобетонных специальных сооружений с использованием методов электротермообработки должны производиться в соответствии с проектом производства работ и соблюдением правил техники безопасности, изложенных в главе СНиП по технике безопасности в строительстве, а также в «Руководстве по электротермообработке бетона» (М., Стройиздат, 1974).

Таблица 19

ОСНОВНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗЛИЧНЫХ ГОРОДОВ СССР, ОТНОСЯЩИХСЯ К РАЙОНАМ С СУХИМ ЖАРКИМ КЛИМАТОМ

Климатические подрайоны по СНиП II-А. 6-72	Наименование городов	Температура наружного, воздуха °С, и его влаж												Температура наружного воздуха, °С			Средняя амплитуда суточных колебаний относительной влажности наиболее жаркого месяца, %	Количество осадков за год, мм	Средние скорости ветра, м/с	
		Месяцы												абсолютная минимальная	абсолютная максимальная	средняя максимальная			в январе	в июле
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII							
IVA	Ашхабад	1,4 / 76	4,4 / 70	9,4 / 68	16,2 / 57	23,1 / 43	28,2 / 34	30,7 / 32	29,6 / 32	23,8 / 37	16,5 / 50	8,7 / 66	3,7 / 77	−24	47	37,5	23	257	2,8	2,4
	Бухара	−0,6 / 80	2,3 / 75	8,5 / 72	15,9 / 59	22,1 / 46	25,8 / 38	27,5 / 40	25,2 / 44	19,3 / 48	12,8 / 56	6,1 / 64	1,8 / 79	−26	47	35,7	24	—	4,8	0
	Термез	2,1 / 77	5,8 / 71	11,4 / 68	18,2 / 57	24,5 / 46	28,3 / 34	30,7 / 32	28,7 / 34	22,8 / 41	16,1 / 52	10,1 / 64	5,0 / 76	−25	50	39,8	23	148	4	0
IVГ	Гурьев	−10,1 / 85	−9,1 / 83	−2,2 / 78	8,9 / 59	17,8 / 51	23,1 / 48	25,5 / 48	23,7 / 49	16,6 / 58	8,1 / 70	−0,2 / 79	−6,0 / 84	−38	45	31,5	29	236	7,8	5,2
	Самарканд	−0,3 / 74	2,3 / 72	7,2 / 72	13,7 / 64	19,2 / 54	23,5 / 43	25,5 / 42	23,7 / 44	18,8 / 46	12,5 / 57	6,5 / 66	2,1 / 74	−30	44	33,4	31	380	2,7	0
	Ташкент	−0,9 / 73	2,0 / 70	7,6 / 68	14,4 / 60	20,0 / 55	24,7 / 44	26,9 / 40	24,9 / 44	19,4 / 46	12,6 / 57	6,4 / 67	1,6 / 76	−30	44	35,3	36	437	1,7	1,2
	Фергана	−3,2 / 82	0,6 / 79	7,8 / 71	15,2 / 58	20,8 / 52	24,6 / 44	26,8 / 45	25,0 / 51	19,6 / 56	12,6 / 66	5,6 / 76	0,4 / 82	−28	43	34,2	35	192	2	0
ША	Актюбинск	−15,6 / 84	−14,9 / 81	−8,2 / 84	4,7 / 67	14,6 / 53	19,8 / 45	22,3 / 46	20,3 / 45	13,3 / 52	4,4 / 70	−4,8 / 80	−12,1 / 84	−48	43	29,3	32	315	7,4	0
	Балхаш	−15,2 / 78	−13,5 / 78	−5,3 / 76	7,1 / 57	16,0 / 45	21,8 / 43	24,2 / 42	22,2 / 42	15,3 / 48	6,2 / 60	−3,6 / 74	−11,9 / 81	−46	41	30,4	21	195	6,1	5,0
	Джезказган	−16,1 / 80	−14,6 / 80	−7,2 / 80	6,2 / 61	15,5 / 47	21,6 / 42	24,0 / 40	21,4 / 42	14,4 / 47	4,8 / 61	−5,1 / 78	−12,8 / 80	−50	43	31,8	27	—	4,6	4,5
ШВ	Алма-Ата	−7,4 / 74	−5,6 / 74	1,8 / 72	10,5 / 59	16,2 / 56	20,6 / 50	23,3 / 45	22,3 / 44	16,9 / 46	9,5 / 56	0,8 / 71	−4,8 / 73	−38	42	29,5	16	629	1,9	0
	Волгоград	−9,2 / 85	−8,7 / 85	−2,3 / 84	8,3 / 65	16,7 / 56	21,6 / 49	24,2 / 47	22,7 / 51	16,1 / 57	7,8 / 71	0,0 / 82	−6,1 / 86	−36	42	30,6	27	478	—	—
	Ворошиловград	−6,6 / 86	−6,0 / 85	−0,4 / 82	8,3 / 66	16,1 / 56	19,7 / 57	22,3 / 55	21,0 / 56	15,0 / 61	8,1 / 75	1,4 / 84	−3,8 / 87	−42	41	29,1	27	487	5,3	0
	Фрунзе	−5,6 / 71	−3,2 / 73	3,8 / 74	11,4 / 64	16,9 / 58	21,3 / 52	24,1 / 44	22,6 / 44	17,3 / 47	10,1 / 57	2,2 / 70	−2,9 / 72	−38	42	31,1	21	471	2,4	0

Примечание. Климатические показатели средние по месяцам приводятся в таблице в виде дроби: в числителе — температура наружного воздуха в °С, в знаменателе — его относительная влажность в %.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОЖНОГО СХВАТЫВАНИЯ ЦЕМЕНТНОГО ТЕСТА [1]

Кольцо прибора Вика заполняют цементным тестом нормальной густоты (нормальная густота теста предварительно определяется согласно ГОСТ 310—60 «Цементы. Методы физических и механических испытаний») и устанавливают под пестиком прибора, оставляя пробу в покое в течение 5 мин, считая с момента окончания перемешивания. Затем, отвинтив закрепляющий винт, освобождают стержень, и пестик свободно опускается в тесто.

Через 30 с с момента освобождения стержня производят отсчет глубины погружения по шкале.

Если за 30 с пестик погрузился в тесто на глубину менее 10 мм, считается, что цемент обладает ложным схватыванием.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКОЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ВЛАГОПОТЕРЬ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА $R_в^{кр}$

С целью установления критической относительно влагопотерь прочности бетона рабочего состава изготавливаются 3 партии по 6 образцов стандартного размера, которые подвергаются тепловой обработке по режимам и в условиях, максимально приближенных к условиям тепловой обработки бетона в сооружении. Заданный режим теплового воздействия в образцах обеспечивается путем применения того же метода электротермообработки бетона, который предусмотрен для прогрева сооружения.

Ускоренное твердение образцов производится до приобретения бетоном прочности, ориентировочно составляющей 40—50; 50—60 и 60—70% от R_{28} нормального твердения. При этом получение различной прочности бетона достигается изменением продолжительности изотермического выдерживания.

После завершения режима выдерживания соответствующая партия образцов распалубливается, при этом по трем образцам сразу после распалубки определяется прочность при сжатии, а три оставшиеся выдерживаются на открытой площадке без ухода в течение 28 сут, после чего определяется их прочность. При выдерживании образцов в условиях жаркой и сухой погоды следует по возможности обеспечивать соответствие модуля открытой поверхности образца и бетонируемой конструкции путем выбора размеров и числа открытых поверхностей контрольных образцов.

За критическую относительно влагопотерь прочность $R_в^{кр}$ принимается та прочность после распалубки, которая обеспечивает достижение бетоном в 28-суточном возрасте не ниже 90—95% от R_{28}.

[1] Ложным схватыванием цементного теста, а также бетонной смеси, приготовленной на нем, называют загустевание их после затворения, наступающее до начала схватывания цементного теста по ГОСТ 310—60.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Таблица 20

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЦЕМЕНТАМ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫМ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОКТОГУЛЬСКОЙ ГЭС, ПЛОТИНЫ АНДИЖАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И НУРЕКСКОЙ ГЭС

Требования	Допустимые пределы по объектам			
	Токтогульская ГЭС	плотина Андижанского водохранилища	Нурекская ГЭС	
			сульфатостойкий портландцемент	портландцемент
К клинкеру				
Расчетное содержание: трехкальциевого силиката C_3S, %, не более	48	42—48	45—50	50—60
трехкальциевого алюмината C_3A, % не более	5	5	5	8
Сумма трехкальциевого алюмината и четырехкальциевого алюмоферрита C_3A и C_4AF, %, не более	22	22	—	—
Содержание окиси магния, %, не более	4,5	5	—	—
Содержание щелочей в пересчете на Na_2O, %, не более	0,6	0,6	0,6	0,8
К цементу				
	ПЦ / ППЦ			
Содержание в цементе глиежа, %, не более	— / 40	—	—	15
Тонкость помола цемента по остатку на сите № 008, %, не более	15 / 15	5—10	10—15	10—15
Теплота гидратации, ккал/кг, не более:				
в 3-суточном возрасте	50 / 40	50	—	—
в 7-суточном »	60 / 45	60	—	—
Марка цемента	300 / 300	300	300	400
Поверхностно-активные добавки (ЛЗГФ[1]) в цементе, %	— / —	0,25± ±0,05	—	—

[1] ЛЗГФ — гидрофобизатор, используемый как добавка к цементу при помоле.

Примечание. Все остальные характеристики цемента, не оговоренные в технических требованиях, принимаются в соответствии с ГОСТ 10178—62*.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 1
1. Общие положения 2
2. Рекомендации по выбору материалов для бетонов конструкций и сооружений, эксплуатируемых в районах с сухим жарким климатом 6
3. Правила производства бетонных работ в жаркую и сухую погоду . 12
4. Особенности производства бетонных работ при строительстве дорожных и аэродромных покрытий, различных гидротехнических и специальных промышленных сооружений в жаркую и сухую погоду . . 45
Приложения 78

gost.e-ecolog.ru