НИИЖБ
ГОССТРОЯ СССР

ВНИИЖЕЛЕЗОБЕТОН
МПСМ СССР

РУКОВОДСТВО
ПО ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

МОСКВА
СТРОЙИЗДАТ
1974

gost.e-ecolog.ru

УДК 666.97.035.5

Руководство по тепловой обработке бетонных и железобетонных изделий. М., Стройиздат, 1974...с (НИИЖБ Госстроя СССР, ВНИИЖелезобетон МПСМ СССР).

Руководство содержит основные положения по режимам тепловой обработки бетонных и железобетонных изделий в заводских и полигонных условиях в различных тепловых установках, по назначению величины отпускной прочности бетона, по выбору цементов, а также указания по контролю тепловой обработки и прочности бетона. Руководство предназначено для инженерно-технических работников заводов железобетонных изделий, проектных и строительных организаций.

С опубликованием Руководства утрачивает силу «Инструкция по тепловой обработке паром бетонных и железобетонных изделий на заводах и полигонах» (Стройиздат, 1969).

© Стройиздат, 1974

Р $\frac{30213-389}{047(01)-74}$ Инструкт.-нормат., IV вып.—17—73

ПРЕДИСЛОВИЕ

Руководство содержит указания по тепловой обработке изделий из тяжелых и легких бетонов массового производства, изготовляемых по различным технологическим схемам.

В Руководстве изложены рекомендации по наиболее эффективному применению цементов различных видов: даны указания по режимам тепловлажностной обработки в зависимости от ее способа (в камерах пропаривания, кассетах, термоформах).

Приведены особенности тепловлажностной обработки бетонов с химическими добавками (ускорителями твердения и пластификаторами); особенности режимов для бетонов, к которым предъявляются повышенные требования по морозостойкости и долговечности, а также предварительно напряженных изделий. Даны отличительные особенности тепловлажностной обработки изделий из легких бетонов на пористых заполнителях.

Приведенные в Руководстве таблицы помогут производственникам назначать оптимальные режимы не только в зависимости от марки цемента, *Ц/В* бетона, длительности прогрева, но и учитывать последующий прирост его прочности в зависимости от сроков испытания образцов, что позволит экономить цемент при одновременном сокращении сроков тепловлажностной обработки.

В настоящем Руководстве приведены обоснования для назначения и обеспечения распалубочной, передаточной и отпускной прочности бетона в зависимости от сроков испытания контрольных образцов и температурно-влажностных условий последующего твердения изделий.

Руководство содержит сведения по контролю процесса тепловой обработки.

Руководство разработано научно-исследовательским институтом бетона и железобетона Госстроя СССР (*д-р техн. наук* С. А. Миронов, *д-р техн. наук* Л. А. Малинина, *канд. техн. наук* Е. Н. Малинский, *инж.* Н. Н. Куприянов, *д-р техн. наук* Г. И. Бердичевский, *канд. техн. наук* Н. А. Маркаров) и институтом ВНИИЖелезобетон МПСМ СССР (*инж.* Л. А. Кайсер, *кандидаты техн. наук* Р. С. Чехова, В. Г. Довжик, М. И. Бруссер).

Замечания по содержанию Руководства просьба направлять в НИИЖБ по адресу: *Москва, Ж-389, 2-я Институтская, 6.*

Дирекция НИИЖБ

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Настоящее Руководство предназначено для заводов и полигонов, изготовляющих бетонные и железобетонные изделия массового производства из бетонных смесей на плотных и пористых заполнителях на основе портландцементного клинкера, где в целях ускорения твердения бетона применяется тепловлажностная обработка изделий при температурах до 100°С. Тепловая обработка может осуществляться в пропарочных камерах периодического и непрерывного действия, под переносными колпаками на стендах и других установках или в специальных термоформах, термопакетах, кассетах и т. п., обеспечивающих получение заданных условий твердения.

В качестве теплоносителя при непосредственном его контакте с бетоном изделия могут применяться насыщенный водяной пар или паровоздушная смесь, а при прогреве изделий в обогреваемых формах — водяной пар, горячий воздух и любые другие теплоносители, в том числе электронагреватели различных типов, обеспечивающие равномерность прогрева поверхностей формы.

Технология изготовления бетонных и железобетонных изделий должна отвечать требованиям СНиП, ГОСТ и ТУ.

При изготовлении специальных изделий и конструкций (например: виброгидропрессованные напорные трубы, массивные пролетные строения мостов, железнодорожные шпалы и др.) положения настоящего Руководства могут быть развиты и уточнены применительно к специальным технологическим приемам изготовления этих изделий в соответствующих нормативных или инструктивных документах.

2. ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА ПРИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Тепловая обработка сборных бетонных и железобетонных изделий производится при их изготовлении в целях ускорения твердения бетона и достижения им передаточной, распалубочной, отпускной, проектной прочности, обусловленной проектом, технологическими правилами производства, ГОСТами, Техническими условиями.

2.2. Под передаточной прочностью бетона изделий понимается нормируемая прочность бетона предварительно напряженных изделий к моменту передачи на него предварительного натяжения арматуры.

Величина передаточной прочности бетона регламентируется проектом, ГОСТом или Техническими условиями на данный вид изделий.

2.3. Под распалубочной прочностью бетона изделий понимается такая его минимальная прочность при сжатии, при которой возможны распалубка (выемка из форм) и безопасный внутризаводской транспорт изделий без их повреждения.

Величина распалубочной прочности, условия и сроки ее достижения устанавливаются для каждого вида изделий предприятием-

изготовителем в соответствии с технологическими правилами производства.

2.4. Под отпускной прочностью бетона изделий понимается такая нормируемая прочность бетона, при которой изделие разрешается отпускать и отгружать с завода потребителю.

Величина отпускной прочности бетона изделий регламентируется ГОСТом на данный вид изделий, а при отсутствии ГОСТа или если ГОСТом величина отпускной прочности не регламентирована устанавливается предприятием-изготовителем по согласованию с потребителем и проектной организацией в соответствии с указаниями ГОСТ 13015—67 *. При этом величина отпускной прочности указывается в согласительном протоколе сторон или в согласованных и утвержденных установленным порядком Технических условиях на данный вид изделий.

Условия и сроки достижения бетоном изделий отпускной прочности устанавливаются предприятием-изготовителем в соответствии с технологическими правилами производства и с соблюдением требований разд. 3 настоящего Руководства.

2.5. Под проектной маркой бетона изделий понимается нормируемая прочность бетона в возрасте 28 суток или в другие сроки, при которой возможно загружать их полной проектной нагрузкой.

Проектная марка бетона изделий указывается в проекте, ГОСТах или Технических условиях на данный вид изделий и должна быть гарантированно достигнута в сроки, указанные в проектной документации, независимо от условий твердения бетона.

Если в проектной документации, ГОСТе или Технических условиях на изделия не указан срок достижения бетоном проектной марки, то таким сроком следует считать 28 суток со дня изготовления изделия.

2.6. Величина отпускной и передаточной прочности бетона изделий должна указываться в технической документации на изделия в процентах от величины проектной марки бетона изделий.

2.7. Проектирование составов бетона изделий, подвергаемых тепловлажностной обработке, может производиться теми же проверенными на практике способами, что и подбор составов бетона, твердеющего в нормальных условиях.

2.8. Режимы тепловлажностной обработки изделий должны быть направлены на достижение максимального ускорения твердения бетона при минимально возможных затратах энергетических ресурсов и цемента и при соблюдении требований к качеству и долговечности изделий.

2.9. Бетон изделий сразу после тепловлажностной обработки с общим циклом менее 7 ч в зависимости от ее длительности и *В/Ц* отношения достигает лишь 30—60% проектной прочности и продолжает интенсивно твердеть в последующие 12—24 ч, находясь в цехе или на открытом воздухе (при температуре не ниже +10° С), набирая 50—70% проектной прочности.

Учет последующего нарастания прочности бетона позволяет снизить или устранить перерасход цемента при одновременном сокращении цикла тепловлажностной обработки, что следует иметь в виду при проектировании состава бетона.

2.10. Расход цемента в изделиях сборного железобетона, подвергаемых тепловлажностной обработке, не должен превышать величин, регламентированных «Типовыми нормами расхода цемента

в бетонах сборных бетонных и железобетонных изделий массового производства» (СН 386-68).

2.11. Прочность бетона после тепловлажностной обработки определяется качеством цемента, составом бетона и режимом обработки.

Основное влияние на темп роста прочности тяжелого бетона и получаемую им прочность при тепловлажностной обработке оказывает водоцементное отношение. Величина удобоукладываемости бетонной смеси оказывает влияние только при применении высокоподвижных (ОК>8 см) или весьма жестких смесей (Ж>60 сек).

2.12. При применении одних и тех же цементов и составов бетона получаемая прочность и другие его физико-механические свойства в значительной мере зависят от правильности назначения и осуществления режима тепловлажностной обработки.

При назначении рациональных режимов тепловлажностной обработки изделий следует пользоваться указаниями настоящего Руководства.

3. ОТПУСКНАЯ ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА. НАЗНАЧЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ И СРОКОВ ЕЕ ДОСТИЖЕНИЯ

3.1. В соответствии с ГОСТ 13015—67* назначение величины отпускной прочности бетона производится с учетом условий транспортирования, монтажа и срока загружения изделий, а также с учетом технологии их изготовления и возможностей дальнейшего нарастания прочности бетона в изделиях в зависимости от климатических условий строительства и времени года.

При этом отпускная прочность бетона в процентах от его проектной марки должна быть не менее:

50% — в изделиях из тяжелого и легкого бетонов марок 150 и выше;

70% — в изделиях из тяжелого бетона марок 100 и ниже;

80% — в изделиях из легкого бетона марок 100 и ниже.

3.2. В целях экономии цемента, сокращения времени тепловой обработки, а также снижения общей стоимости изделий во всех случаях, когда это допустимо по условиям п. 3.1, следует величину отпускной прочности назначать минимально возможной в пределах, допустимых ГОСТ 13015—67*.

3.3. Назначение отпускной прочности бетона сборных изделий, равной его проектной марке, допускается только в исключительных случаях, обусловленных следующими обстоятельствами, предусмотренными проектом организации работ или условиями эксплуатации изделий или сооружений:

в тех случаях, когда изделия подвергаются нагрузке не менее 90% проектной до достижения 28-дневного возраста;

если в процессе транспортирования и монтажа изделия могут быть допущены нагрузки, близкие к расчетным;

в холодный период года, если не могут быть созданы условия для роста прочности бетона в изделиях до их загружения проектной нагрузкой.

3.4. В тех случаях, когда изделия, изготовленные в период холодного времени года или переходный период, будут загружены полной нагрузкой не ранее чем через месяц после наступления теплого времени года по согласованию с потребителем и проектной

организацией, допускается отпуск их с завода-изготовителя с прочностью менее проектной, но не ниже 70% проектной.

3.5. Величина отпускной прочности, если она не зафиксирована в ГОСТе на данный вид изделия, устанавливается предприятием-изготовителем по согласованию с потребителем и проектной организацией. Согласованная величина отпускной прочности указывается в Технических условиях на изделия или в согласительном протоколе.

Если в разные периоды года (в зависимости от климатических условий района строительства) величина отпускной прочности бетона изделий должна быть различной, то это, соответственно, должно быть указано в Технических условиях на изделия и в согласительном протоколе.

3.6. Предприятие-изготовитель при отпуске изделий с прочностью бетона ниже его проектной марки обязано гарантировать в соответствии с ГОСТ 13015—67 *, что прочность бетона, примененного для изготовления изделий, определяемая по п. 7.21 настоящего Руководства, достигнет проектной прочности в возрасте 28 суток со дня изготовления или в ином возрасте, указанном в чертежах изделий.

3.7. Проектная прочность бетона к 28 суткам со дня изготовления без дополнительного специального ухода обеспечивается, если относительная прочность бетона на портландцементе (I и II групп), определенная не позднее чем через 12 ч после окончания тепловлажностной обработки по режимам с общей длительностью не более 13 ч, соответствует величинам, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Величина относительной прочности тяжелого бетона, обеспечивающая достижение им проектной прочности после 28-суточного твердения в различных климатических условиях

Климатические условия последующего твердения	Относительная прочность бетона после завершения тепловлажностной обработки, в % от проектной
I. Период теплого времени года с устойчивыми среднесуточными температурами воздуха +5 °С и выше	50—70
II. При сухой и жаркой погоде (с момента установления устойчивой дневной температуры воздуха выше 25° С и при относительной влажности менее 50%)	70—80
III. Переходный период времени года со среднесуточными температурами воздуха от +5° до —5° С	75—85
IV. Период холодного времени года с устойчивыми среднесуточными температурами воздуха —5° С и ниже	90—100

Примечания: 1. Даты начала и окончания отдельных периодов времени года для различных местностей устанавливаются ориентировочно по сборнику «Климатический атлас СССР», т. I. Главное управление гидрометеослужбы при Совете Министров СССР, Москва, 1960 г. или по другим справочникам.

2. Классификация портландцементов по группам приведена в разд. 4 настоящего Руководства.

3.8. Режимы тепловлажностной обработки изделий, сроки достижения их бетоном отпускной прочности (если она меньше проектной) и составы бетона изделий (в том числе: вид применяемого цемента, значение *В/Ц* и др.) должны проектироваться и назначаться такими, чтобы была обеспечена в соответствии с требованиями пп. 3.6 и 3.7 возможность последующего нарастания прочности бетона изделий и достижения им проектной марки в установленный срок.

3.9. Сроки достижения бетоном изделий отпускной прочности после их тепловлажностной обработки и сроки ее контроля должны устанавливаться предприятием-изготовителем в соответствии с реальными сроками возможной отгрузки изделий с завода потребителю или передачи изделий на склад, если в условиях последующего хранения изделий на складе контроль за нарастанием прочности их бетона невозможен.

Рекомендуется учитывать время пребывания изделий после окончания тепловлажностной обработки в цехе (на постах или линиях отделки и комплектации изделий, на постах контроля) и испытывать контрольные образцы бетона не ранее окончания всех перечисленных операций, предпочтительно не ранее чем через 12 ч после окончания тепловлажностной обработки изделий, но не позднее чем через 24 ч.

Если тепловлажностная обработка изделий производится по режимам, обеспечивающим достижение бетоном изделий только распалубочной прочности, меньшей, чем отпускная, а последующее его твердение до приобретения отпускной прочности происходит в условиях выдерживания изделий при температуре цеха или на открытом воздухе (при температуре не ниже +10°С), то отпускная прочность бетона может определяться в более поздние сроки, но не более 7 дней, при условии обеспечения проектной прочности в соответствии с п. 3.6.

3.10. В условиях складирования, монтажа и в последующий период до загружения изделий расчетной нагрузкой потребитель обязан создавать (в случаях, предусмотренных проектом организации работ), контролировать и учитывать фактические условия твердения бетона. В необходимых случаях, когда контроль показывает, что фактические условия твердения бетона в изделиях не обеспечивают достижения бетоном проектной прочности в установленные сроки, потребитель обязан установить новые сроки загружения изделий расчетной нагрузкой, обеспечивающие достижение в этих условиях проектной прочности бетона.

Потребитель несет ответственность за последствия, вызванные нарушением этих требований.

3.11. Рекомендуется осуществлять контроль за нарастанием прочности бетона изделий, полученных с неполной проектной прочностью, неразрушающими методами в соответствии с действующими нормативными документами (ГОСТ 17624—72; «Руководство по

определению прочности бетона приборами механического действия» и др.).

3.12. Контроль и оценка отпускной прочности бетона производятся в соответствии с требованиями ГОСТ 13015—67 * или ГОСТ 18105—72, а также разд. 7 настоящего Руководства.

4. ЦЕМЕНТЫ ДЛЯ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ

4.1. Для производства бетонных и железобетонных изделий, подвергаемых тепловлажностной обработке при температурах до 100° С, в качестве вяжущих материалов могут быть использованы: портландцемент, шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент и их разновидности, соответствующие ГОСТ 10178—62 *, а также другие виды вяжущих, удовлетворяющие специальным техническим условиям и обеспечивающие получение заданных свойств бетона при требуемых сроках тепловой обработки.

4.2. Наиболее эффективными в условиях тепловлажностной обработки являются цементы, обеспечивающие получение наибольшей прочности бетона при минимально возможном их расходе и при наиболее коротких режимах обработки.

4.3. Темп роста прочности бетонов при тепловлажностной обработке их по режимам различной длительности при прочих равных условиях определяется минералогическим составом клинкера и вещественным составом цемента, что необходимо учитывать при назначении режимов обработки.

Минеральные добавки в составе портландцемента в относительно небольших количествах (трепел, опока до 5% и шлак до 10%) практически не изменяют темпа его твердения и абсолютной величины прочности по сравнению с бездобавочными цементами на том же клинкере.

4.4. По темпу роста прочности при тепловлажностной обработке цементы делятся на следующие виды и группы в зависимости от минералогического состава клинкера и вещественного состава цемента:

портландцементы на низкоалюминатных клинкерах с содержанием C_3A до 5% (I группа);

портландцементы на среднеалюминатных клинкерах с содержанием C_3A до 9% (II группа);

портландцементы на высокоалюминатных клинкерах с содержанием $C_3A > 9\%$ (III группа);

быстротвердеющие портландцементы — БТЦ;

рядовые шлакопортландцементы с содержанием шлака более 30%;

специальные БТ (быстротвердеющие) шлакопортландцементы с содержанием шлака до 30%.

4.5. Портландцементы I группы характеризуются замедленным нарастанием прочности при коротких режимах тепловлажностной обработки с общим циклом до 8 ч и достаточно интенсивным приростом прочности при удлинении ее продолжительности и при последующем твердении. Прочность бетонов на этих цементах в 28-суточном возрасте, как правило, равна или на 10—15% превышает

прочность бетона нормального твердения. Применение этих цементов наиболее целесообразно при режимах тепловлажностной обработки с общим циклом более 13—15 ч.

4.6. Портландцементы II группы характеризуются ускоренным ростом прочности в начальный период тепловлажностной обработки и невысоким темпом твердения при удлинении ее продолжительности. Прочность бетонов на этих цементах в 28-суточном возрасте, как правило, равна прочности бетона нормального твердения. Эти цементы наиболее эффективны при режимах с общим циклом до 13 ч.

4.7. Портландцементы III группы отличаются наиболее высоким темпом роста прочности в начальный период тепловлажностной обработки и резко замедленным ростом прочности при удлинении ее продолжительности и последующем твердении.

Прочность бетонов на этих цементах в 28-суточном возрасте, как правило, ниже прочности бетона нормального твердения. Поэтому применение этих цементов при тепловлажностной обработке бетонов, как правило, нецелесообразно.

4.8. Наиболее эффективными цементами при коротких режимах тепловлажностной обработки (с общим циклом до 10 ч) являются БТЦ, характеризующиеся высоким темпом роста прочности и высоким ее абсолютным значением.

4.9. На темп твердения шлакопортландцементов при тепловлажностной обработке оказывает влияние минералогический состав клинкера, шлака, а также их количественное соотношение и тонкость помола.

4.10. Высокоактивные при тепловлажностной обработке шлакопортландцементы и специальные БТ шлакопортландцементы при условии содержания в них шлака до 30% по темпу роста прочности и абсолютным ее величинам равноценны портландцементам II группы, т. е. наиболее эффективным при тепловлажностной обработке, и могут быть использованы в бетонах как при коротких, так и при длинных режимах.

4.11. Рядовые низкоактивные шлакопортландцементы марок до 300 могут быть рационально использованы в бетонах марок до 200 при режимах с длительной изотермической выдержкой.

При применении этих шлакопортландцементов для получения равных отпускных прочностей с равномарочными портландцементами необходимо увеличить (до 30%) длительность изотермического выдерживания при тепловлажностной обработке; в противном случае потребуется увеличение расхода цемента на 10—15%.

4.12. При использовании шлакопортландцемента в условиях тепловлажностной обработки следует иметь в виду, что для обеспечения последующего роста прочности необходима среда с высокой относительной влажностью. В воздушно-сухих условиях рост прочности бетонов на шлакопортландцементах значительно замедляется.

4.13. Применение пуццолановых портландцементов вследствие повышенной водопотребности бетонной смеси приводит к увеличению расхода цемента (при получении равнопрочных бетонов), повышению усадочных деформаций и понижению морозостойкости бетона.

Прочность бетонов на таких цементах при последующем твердении в воздушно-сухих условиях практически не увеличивается.

Поэтому пуццолановые портландцементы и их разновидности

при тепловлажностной обработке могут применяться только для изделий спецназначения с повышенными требованиями по водостойкости и солестойкости.

4.14. Применение пластифицированных цементов позволяет уменьшить водопотребность бетонной смеси. Однако вследствие замедления сроков схватывания и начального твердения, а также дополнительного воздухововлечения тепловлажностную обработку бетонов на таких цементах следует осуществлять по режимам с более длительным предварительным выдерживанием (не менее 4—6 ч), с замедленной скоростью подъема температуры, производить тепловую обработку под пригрузом или в напорных пропарочных камерах.

4.15. Применение глиноземистого цемента при тепловлажностной обработке изделий не допускается.

4.16. Не допускается применение цементов любых видов и марок с температурой их выше 40° С, так как это приводит к значительному повышению водопотребности бетонной смеси и перерасходу цемента.

5. ТЕПЛОВЛАЖНОСТНАЯ ОБРАБОТКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТЯЖЕЛЫХ БЕТОНОВ

А. ПРОПАРИВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ В КАМЕРАХ

5.1. Пропаривание изделий может осуществляться в пропарочных камерах периодического или непрерывного действия, под переносными колпаками и укрытиями на стендах.

При непосредственном контакте открытых поверхностей изделий с теплоносителем при их пропаривании должны применяться насыщенный пар или паровоздушная смесь, обеспечивающие относительную влажность среды на стадии изотермического прогрева 90—100%.

5.2. Общий цикл тепловлажностной обработки изделий подразделяется на следующие периоды:

от момента окончания формования изделия до начала повышения температуры среды камеры — период предварительного выдерживания;

от начала повышения температуры среды в камере до достижения средой заданного наивысшего уровня температуры — период подъема температуры;

выдерживание при наивысшей заданной температуре — период изотермического прогрева;

понижение температуры среды камеры — период охлаждения

Режим твердения выражается суммой отдельных его периодов в часах, например (2)+3+6+2 ч=13 ч.

Назначение режимов пропаривания заключается в установлении оптимальной продолжительности отдельных его периодов с целью получения заданных физико-механических свойств бетона.

5.3. Основным назначением предварительного выдерживания изделий до начала тепловой обработки является создание благоприятных условий для развития процессов гидратации цементов и формирования начальной структуры бетона (начальной прочности), необходимой для восприятия заданного теплового воздействия без нарушения структуры бетона и уменьшения потерь преднапряжения

в арматуре. Время, за которое достигается эта прочность, является оптимальным временем предварительного выдерживания.

Для снижения деструктивных процессов, возникающих в бетоне в основном в период подъема температуры, рекомендуется:

увеличение длительности предварительного выдерживания;

применение рациональных скоростей подъема температуры;

создание заданных параметров паровоздушной среды в камере по температуре, относительной влажности и давлению;

использование горячих бетонных смесей, предварительно разогретых паром или электрическим током.

5.4. Вследствие влияния многочисленных факторов на темп начального твердения бетона (активность цемента, *В/Ц* бетона, температура окружающей среды и др.) длительность предварительного выдерживания, необходимая для достижения бетоном требуемой начальной прочности, не является величиной постоянной и колеблется от 1—2 до 4—8 ч.

Чем выше марка цемента и бетона, а также чем выше температура окружающей среды и жесткость бетонной смеси, тем может быть короче время предварительного выдерживания. Введение химических добавок (ускорителей твердения) приводит к сокращению, а поверхностно-активных добавок — к удлинению оптимальной длительности предварительного выдерживания.

Увеличение длительности предварительного выдерживания особенно целесообразно при пропаривании распалубленных изделий, а также изделий с большими открытыми поверхностями.

5.5. Скорость подъема температуры среды в камере должна назначаться с учетом начальной прочности бетона, достигаемой в период предварительного выдерживания. Ориентировочная скорость подъема температуры среды камеры в зависимости от величины достигнутой начальной прочности приведена в табл. 2.

Таблица 2

Скорость подъема температуры среды в камере в зависимости от величины начальной прочности бетона

Начальная прочность бетона (при сжатии) в МПа*	Скорость подъема температуры среды камеры в град/ч
0,1—0,2	10—15
0,2—0,4	15—25
0,4—0,5	25—35
0,5—0,6	35—45
>0,6	45—60

Примечание. Определение начальной прочности бетона производится на образцах-кубах с ребром не менее 10 см при испытании их на прессах мощностью не более 25 кН.

Повышение температуры среды камеры со скоростью более 60°С в час, независимо от начальной прочности бетона, не рекомендуется.

5.6. При высокомеханизированных схемах производства с металлоемким оборудованием и коротким периодом предварительного

* 0,1 мла= 1 кгс/ см².

выдерживания деструктивные процессы могут быть уменьшены путем применения рационального подъема температуры среды в камере, который учитывает нарастание прочности бетона в процессе подъема температуры. При этом подъем температуры следует осуществлять с постоянно возрастающей скоростью, определяемой в соответствии с данными табл. 2: например, в первый час — 10—15° в ч, во второй — 15—25°, в последующий — 25—35° и т. д., независимо от толщины изделия.

5.7. При техническом затруднении выполнения режимов с постоянно возрастающей скоростью подъема температуры среды камеры (при отсутствии автоматизации температурного режима) рекомендуется применять режимы со ступенчатым подъемом температуры, например: за 1—1,5 ч подъем температуры до 30—40° С, выдерживание при этой температуре в течение 1—2 ч, а затем интенсивный подъем температуры до максимально принятой за 1—1,5 ч. Если изделия загружаются в теплую пропарочную камеру с температурой 30—35° С, то выдерживание в ней без подачи пара в течение 1,5—2 ч равноценно первой ступени подъема температуры.

5.8. При применении бетонных смесей высокой подвижности (более 8 см) длительность подъема температуры должна быть увеличена на 20—30%, а при применении жестких бетонных смесей (более 60 сек) сокращена на 15—20% по сравнению с вышеприведенными рекомендациями.

5.9. Допускается понижение относительной влажности среды камеры до 40—60% в период подъема температуры. В ряде случаев это способствует повышению прочности бетона и улучшению качества открытых поверхностей изделий.

5.10. Оптимальной температурой изотермического прогрева при применении портландцементов является 80—85° С.

При использовании шлакопортландцементов и пуццолановых портландцементов температурой прогрева может быть 90—95° С. Однако назначение температуры изотермического прогрева более 80—85° С должно быть обосновано предварительным опытом.

5.11. Длительность изотермического выдерживания при пропаривании назначается в зависимости от величины требуемой прочности бетона изделий (распалубочной, передаточной, отпускной) сразу после его окончания или с учетом прироста прочности при последующем твердении при положительных температурах в цехе или на складе в возрасте до 1 суток. Ориентировочные величины получаемой относительной прочности бетона различных марок в зависимости от цикла тепловлажностной обработки, *Ц/В* бетона, сроков испытания контрольных образцов на цементах марок 400—500 при применении умеренно жестких и подвижных бетонных смесей приведены в табл. 3.

Приведенные в таблице режимы тепловлажностной обработки предусматривают подъем температуры в камере с постоянно возрастающей скоростью или по ступенчатому графику.

5.12. При надежной теплоизоляции камер, когда понижение температуры среды камеры составляет не более 4—6°С в час, целесообразно после 2—3-часового изотермического выдерживания прекращать подачу пара и дальнейшее выдерживание изделий производить в условиях медленного естественного остывания.

При таком способе изотермический период условно может быть разделен на две стадии: выдерживание с подачей пара и без нее.

Таблица 3

Нарастание прочности тяжелого бетона на портландцементах и шлакопортландцементах марок 400—500 в зависимости от цикла тепловлажностной обработки (при 80—85°С), марки бетона и сроков испытания контрольных образцов

Проектная прочность в возрасте 28 суток	Ориентировочные значения *Ц/В* бетона	Общий цикл тепловлажностной обработки в ч	Прочность бетона в % от проектной при испытании контрольных образцов после окончания цикла тепловлажностной обработки через			
			0,5 ч (в горячем состоянии)	4 ч	12 ч	24 ч
1	2	3	4	5	6	7
200	1,5—1,3	5	20—30	30—40	34—44	38—48
		7	33—43	40—50	43—53	48—58
		9	41—51	47—57	50—60	55—65
		11	47—57	52—62	55—65	60—70
		13	52—62	56—66	60—70	62—72
		16	55—65	58—68	62—72	64—74
		20	57—67	60—70	63—73	65—75
300	2—1,7	5	28—38	35—45	38—48	41—51
		7	38—48	45—55	48—58	50—60
		9	47—57	52—62	55—65	58—68
		11	52—62	57—67	60—70	63—73
		13	56—66	60—70	64—74	66—76
		16	60—70	63—73	66—76	68—78
		20	62—72	65—75	68—78	70—80
400	2,5—2,2	5	36—46	40—50	43—53	46—56
		7	46—56	50—60	53—63	55—65
		9	52—62	56—66	60—70	61—71
		11	58—68	61—71	64—74	65—75
		13	62—72	65—75	68—78	69—79
		16	65—75	68—78	70—80	71—81
		20	66—76	70—80	72—82	72—82
500	3—2,8	5	42—52	45—55	48—58	50—60
		7	55—62	55—65	58—68	60—70
		9	59—69	62—72	65—75	66—76
		11	64—74	67—77	70—80	71—81
		13	67—77	70—80	73—83	74—84
		16	70—80	73—83	75—85	75—85
		20	72—82	75—85	76—86	76—86

Примечание. Общая длительность тепловлажностной обработки соответствует следующим режимам:

5 ч — (0,5) + 2 + 2 + 0,5 ч; 7 ч — (1) + 2 + 3,5 + 0,5 ч;
9 ч — (1) + 3 + 4 + 1 ч; 11 ч — (2) + 3 + 5 + 1 ч;
13 ч — (2) + 3 + 6 + 2 ч; 16 ч — (2) + 3 + 9 + 2 ч;
20 ч — (2) + 3 + 13 + 2 ч.

5.13. Изделия после распалубки в холодное время года (при среднесуточной температуре наружного воздуха ниже 5°С) необходимо выдерживать в теплом помещении с температурой выше 10° С не менее 12 ч с целью уменьшения температурно-влажностных напряжений, приводящих к образованию трещин в изделиях. При этом следует учитывать прирост прочности бетона, происходящий за этот период.

Б. ТЕПЛОВЛАЖНОСТНАЯ ОБРАБОТКА ИЗДЕЛИЙ В КАССЕТАХ

5.14. При тепловлажностной обработке изделий в кассетах, имеющих всего 2—5% открытой поверхности, прогрев их осуществляется кондуктивным способом.

5.15. Для обогрева тепловых отсеков кассеты могут применяться различные теплоносители, обеспечивающие равномерность прогрева ее поверхностей, контактирующих с бетонами: водяной пар, горячий воздух и отходящие дымовые газы, различные жидкости, ТЭНы, гибкие сетчатые и другие электронагреватели.

5.16. При тепловлажностной обработке изделий в кассетах предварительное выдерживание их нецелесообразно.

5.17. При тепловлажностной обработке изделий в кассетах, особенно с большим количеством металлической оснастки, укрепленной на стенках формы, во избежание образования трещин следует производить быстрый подъем температуры в тепловом отсеке (со скоростью порядка 60—70°С в час).

5.18. Максимальная температура листа теплового отсека при прогреве изделий в кассетах должна быть не выше 100° С, но не ниже 85° С. При этом перепад температур по площади листа не должен быть более 20°С.

5.19. С целью создания более равномерного прогрева изделий в кассетах рекомендуется устраивать дополнительный прогрев пола под рабочими отсеками, а сверху бетон изделий накрывать термощитами или другими термовлагоизолирующими укрытиями, а также при возможности заливать открытые поверхности изделий слоем воды в соответствии с пп. 5.29 и 5.30 настоящего Руководства.

5.20. Для ускорения прогрева изделий целесообразно бетонную смесь укладывать в подогретую форму или же применять предварительно электро- или пароразогретую до температуры 50—60° С бетонную смесь.

5.21. Продолжительность изотермического прогрева изделий в кассетах зависит от вида цемента, *В/Ц* бетона, максимальной температуры в тепловом отсеке, равномерности ее распределения по тепловому отсеку, массивности изделий и требований по прочностным показателям, предъявляемым к бетону.

При тепловлажностной обработке изделий в кассетах изотермический прогрев разделяется на два периода: изотермический прогрев с подачей пара (тепла) в тепловой отсек и термосное выдерживание после отключения подачи пара (тепла).

Длительность изотермического прогрева с подачей пара (тепла) в тепловые отсеки определяется опытным путем в период освоения производства.

При прогреве изделий толщиной около 100 мм (±20 мм) в кассетно-формовочных машинах Гипростройиндустрии с расположени-

ем тепловых отсеков через два изделия продолжительность изотермического прогрева при 85—90° С с подачей пара составляет примерно 3—4 ч, а при температуре 90—95° С — 2,5—3 ч.

5.22. Специального охлаждения рабочих отсеков при кассетном производстве изделий не производится.

5.23. Распалубку изделий, изготовленных в кассетах, и их последующее выдерживание следует производить в соответствии с п. 5.13 настоящего Руководства.

5.24. С целью увеличения оборачиваемости кассетных форм рекомендуется тепловлажностную обработку изделий производить до приобретения бетоном распалубочной прочности (как правило, 40—50% проектной прочности) с последующим твердением их в соответствующих температурно-влажностных условиях (камерах последующего пропаривания, камерах дозревания, в цехе или на открытых складах).

5.25. Ориентировочные режимы тепловлажностной обработки изделий из тяжелого бетона в кассетах до достижения 40—70% проектной прочности на портландцементах и шлакопортландцементах марок 400—500 (при толщине изделий 100—200 мм и расположении тепловых отсеков через два рабочих отсека) приведены в табл. 4.

Таблица 4

Режимы тепловлажностной обработки изделий в кассетах

Проектная марка бетона	Требуемая прочность бетона в % от проектной	Сроки испытания контрольных образцов после окончания обработки через, ч	Режим в ч при температуре 85—95 °С	Общий цикл в ч
150—200	60—70	0,5	1+(6÷7)+(7÷8)	14—16
		4	1+(4÷5)+(5÷6)	10—12
		12	1+(4÷5)+(4÷5)	9—11
		24	1+(4÷5)+(3÷4)	8—10
	40—50	0,5	1+(4÷5)+(2÷3)	7—9
250—300	60—70	0,5	1+(5÷6)+(7÷8)	13—15
		4	1+(4÷5)+(4÷5)	9—11
		12	1+(4÷5)+(3÷4)	8—10
		24	1+(4÷5)+(2÷3)	7—9
	40—50	0,5	1+(4÷5)+(1÷2)	6—8

Примечания: 1. Режим прогрева состоит из подъема температуры в тепловом отсеке «+» изотермического выдерживания с подачей пара (тепла) «+» выдерживание без подачи пара (тепла) в отсеки.

2. При прогреве изделий с двух сторон общий цикл тепловлажностной обработки уменьшается на 1 ч.

3. По мере увеличения толщины изделия возрастает длительность изотермического прогрева.

В. ТЕПЛОВЛАЖНОСТНАЯ ОБРАБОТКА ИЗДЕЛИЙ В ТЕРМОФОРМАХ

5.26. При тепловлажностной обработке изделий в обогреваемых формах (термоформах) прогрев их осуществляется кондуктивным способом. Для прогрева термоформ могут применяться различные теплоносители, указанные в п. 5.15 настоящего Руководства.

5.27. При тепловлажностной обработке в термоформах изделий, имеющих значительные открытые поверхности, контактирующие с окружающей средой, происходит интенсивное испарение влаги из бетона уже в начальном периоде твердения, а к концу прогрева имеет место пересушивание бетона. Это приводит к образованию трещин в изделиях и резкому снижению физико-механических свойств бетона: прочности, морозостойкости и долговечности.

Для предотвращения потерь влаги из бетона в окружающую среду и более равномерного их прогрева следует открытые поверхности изделий изолировать от окружающей воздушной среды влагонепроницаемыми материалами.

5.28. Прогрев в термоформах изделий, имеющих открытые поверхности, без применения специальных мер, предотвращающих потерю влаги из бетона, не допускается.

5.29. Благоприятные температурно-влажностные условия твердения бетона при прогреве в термоформах (особенно в условиях сухой и жаркой погоды) могут быть созданы путем изоляции открытых поверхностей изделий от окружающей среды слоем воды толщиной до 3—5 см (способ покрывающих водных бассейнов).

Открытые поверхности изделий заливаются водой после некоторой предварительной выдержки, при которой свежеотформованный бетон приобретает начальную прочность 0,3—0,5 МПа.

5.30. С целью упрощения операций по удалению воды с поверхности уже готовых изделий и конструкций толщина слоя ее в начале обработки экспериментально принимается такой, чтобы к окончанию периода изотермического прогрева вода полностью бы испарилась.

5.31. Способ тепловлажностной обработки сборных железобетонных изделий с применением покрывающих водных бассейнов по сравнению с обычно применяемым прогревом в термоформах дает возможность увеличить прочность бетона после тепловлажностной обработки и в возрасте 28 суток, повысить однородность прочности бетона по сечению изделий за счет выравнивания температурно-влажностных полей, снизить возможность появления трещин в конструкциях и повысить их качество при одновременном сокращении цикла тепловлажностной обработки.

Ориентировочные режимы тепловлажностной обработки в термоформах изделий с максимальной толщиной сечения до 300 мм

из бетона марки 300 при достижении, например, через 4 ч после окончания прогрева 70% проектной прочности могут быть приняты следующими: подъем температуры в отсеке термоформы до максимального значения 1—2 ч; выдерживание изделий при максимальной температуре в тепловом отсеке 80—90° С — 5—6 ч; выдерживание изделий в термоформе без подачи пара (тепла) — 2—3 ч.

5.32. При отработке режимов в производственных условиях следует иметь в виду, что длительность тепловлажностной обработки изделий в термоформах по сравнению с указанной в п. 5.31 увеличивается по мере повышения массивности изделий и понижения проектной марки бетона и сокращается при применении бетонов более высоких марок и менее массивных изделий.

Г. ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ БЕТОНОВ С ХИМИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ (УСКОРИТЕЛЯМИ ТВЕРДЕНИЯ И ПЛАСТИФИКАТОРАМИ)

5.33. При производстве сборных бетонных и железобетонных изделий, подвергаемых тепловлажностной обработке, могут применяться различные химические добавки (ускорители твердения, пластификаторы, а также комплексные добавки, состоящие из пластификатора и ускорителя твердения).

5.34. Добавки — ускорители твердения — применяются для сокращения цикла тепловлажностной обработки или для повышения прочности бетона при неизменных ее циклах.

В качестве ускорителей твердения допускается применение любых известных и проверенных на практике добавок, не вызывающих коррозии арматуры и бетона, в соответствии со СНиП I-В.2-69, действующими Техническими условиями и инструкциями.

5.35. Процентное содержание добавок, ускоряющих твердение, устанавливается экспериментальным путем в соответствии с указаниями специальных инструкций.

5.36. Эффективность введения ускорителей твердения тем выше, чем короче цикл тепловлажностной обработки, ниже марка бетона и цемента и температура изотермического прогрева.

5.37. Для пластификации тяжелых бетонных смесей могут применяться любые известные и проверенные на практике пластифицирующие добавки, отвечающие требованиям СНиП I-В.2-69, соответствующих ГОСТов и Технических условий.

5.38. Применение пластифицирующих добавок позволяет снизить водопотребность бетонной смеси, что может быть использовано либо для снижения расхода цемента (при неизменном *В/Ц*), либо для снижения водоцементного отношения (при неизменном расходе цемента). Однако при этом необходимо иметь в виду, что в первом случае вследствие значительного замедления сроков начального твердения, а также дополнительного воздухововлечения прочность пластифицированных бетонов как сразу после окончания тепловой обработки по режимам с общим циклом 13 часов и менее, так и в 28-дневном возрасте ниже прочности соответствующих непластифицированных бетонов.

5.39. Для повышения прочности пластифицированных бетонов

необходимо тепловую обработку их осуществлять по режимам с более длительным предварительным выдерживанием (до 4—6 ч) и замедленной скоростью подъема температуры, что приводит к значительному удлинению общего цикла тепловой обработки.

Поэтому в целях повышения физико-механических свойств бетонов, экономии цемента и снижения длительности их тепловой обработки рекомендуется во всех случаях пластифицирования бетонной смеси одновременно применять добавки, ускоряющие их твердение, т. е. применять комплексные добавки в соответствии со специальными инструкциями.

Д. ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ БЕТОНОВ, К КОТОРЫМ ПРЕДЪЯВЛЯЮТСЯ ТРЕБОВАНИЯ ПО МОРОЗОСТОЙКОСТИ

5.40. Требуемая морозостойкость бетонных изделий, подвергаемых тепловлажностной обработке, должна обеспечиваться соответствующим проектированием состава бетона в сочетании с оптимальными режимами твердения.

5.41. Для бетонов на тяжелых заполнителях марок 200 и выше морозостойкость (к моменту достижения бетоном проектной марки) в пределах до Мрз 50—75, как правило, обеспечивается только соблюдением общих правил технологии изготовления, уплотнения и тепловлажностной обработки бетона.

5.42. Решающее влияние на морозостойкость бетона оказывает его структура. Наибольшей морозостойкостью обычно обладают бетоны с низким значением *В/Ц* из жестких хорошо уплотненных бетонных смесей при применении мягких режимов тепловлажностной обработки.

5.43. Важным условием достижения высокой морозостойкости является также правильный выбор типа цемента.

Наибольшую морозостойкость имеют бетоны на портландцементах с низким содержанием минерала C_3A (не более 4—6%).

Наименьшей морозостойкостью обладают цементы с добавками типа трепела и опоки. Поэтому пуццолановый портландцемент не должен применяться при изготовлении изделий, к которым предъявляются требования по морозостойкости.

Морозостойкость шлакопортландцемента тем выше, чем меньше содержание шлака в его составе. Для бетонов высокой морозостойкости (Мрз 100 и выше) применение рядовых шлакопортландцементов не рекомендуется.

5.44. При изготовлении изделий, к которым предъявляются повышенные требования по морозостойкости, рекомендуются следующие режимы твердения.

предварительное выдерживание не менее 3—5 ч;

подъем температуры среды в камерах со скоростью не более 10—15°С в час;

изотермическое выдерживание изделий при температуре не выше 80° С в течение времени, обеспечивающего получение бетоном максимальной прочности (в процентах от проектной);

охлаждение изделий с увлажнением их открытых поверхностей водой регулируемой температуры.

5.45. При извлечении изделий из форм и при передаче изделий на склад перепад температуры между поверхностью изделий и окружающей средой не должен превышать 40°С.

5.46. Большое влияние на морозостойкость бетона, подвергнутого тепловлажностной обработке, оказывают условия его последующего твердения. Изделия из бетонов высокой марки по морозостойкости рекомендуется выдерживать в специальных камерах дозревания с высокой относительной влажностью среды или в водных бассейнах в любое время года не менее трех суток.

5.47. Весьма эффективным средством повышения морозостойкости бетона изделий является введение в его состав воздухововлекающих добавок в соответствии со специальными инструкциями.

Е. ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

5.48. Режимы тепловлажностной обработки предварительно напряженных изделий необходимо назначать не только из условий получения требуемой прочности бетона (передаточной, проектной), но и учитывать ряд особенностей, связанных с наличием напрягаемой арматуры (проволочной, прядевой, стержневой), иначе при тепловлажностной обработке может произойти снижение качества предварительно напряженных конструкций вследствие:

возникновения трещин из-за неравномерного прогрева и охлаждения бетона, металлических форм и напрягаемой арматуры;

снижения (сверх допускаемого по проекту) величины предварительного напряжения в арматуре при стендовой технологии изготовления от температурного перепада (разности между температурой напрягаемой арматуры, находящейся в пределах нагретой камеры, и температурой наружной среды, в которой находятся устройства, воспринимающие усилия предварительного напряжения — упоры стенда вне камеры);

обрыва преднапряженной арматуры до передачи усилия обжатия на бетон и т. д.

5.49. Чтобы фактические потери преднапряжения, возникающие из-за температурного перепада, не превышали предусмотренных проектом, необходимо:

обеспечить условия, чтобы величина температурного перепада не превышала 65° С, а максимальная температура изотермического прогрева не превышала 80° С;

осуществлять медленный или двухступенчатый подъем температуры после предварительного выдерживания до приобретения бетоном начальной прочности 0,2—0,6 МПа (определяемого в соответствии с п. 5.5 настоящего Руководства), имея в виду, что с увеличением как начальной прочности бетона, так и скорости роста прочности в период подъема температуры уменьшаются и величины потерь напряжения от температурного перепада.

Примечание. В случае необходимости изготовления преднапряженных конструкций на открытых полигонах при отрицательной температуре наружной среды рекомендуется также производить предварительный подогрев камеры паром до 20° С с последующей подтяжкой преднапряженной арматуры до проектной величины перед бетонированием подогретой бетонной смесью.

5.50. При охлаждении преднапряженных конструкций на стендах, после окончания тепловлажностной обработки, на свободных участках напрягаемой арматуры возрастают растягивающие усилия, которые могут привести к появлению трещин в бетоне и к ухудшению анкеровки.

Для устранения этого неблагоприятного воздействия на преднапряженные изделия рекомендуется осуществлять передачу усилий обжатия на бетон немедленно после окончания тепловлажностной обработки; определение передаточной прочности бетона следует при этом осуществлять в горячем состоянии.

Допускается передача усилий обжатия на бетон после его охлаждения, не превышающего величин, представленных в табл. 5.

Примечание. Во всех случаях выдерживания преднапряженных конструкций в камерах (в том числе и в нерабочие дни) температура в камере должна быть не ниже 60° С вплоть до передачи усилий обжатия на горячий бетон.

Таблица 5

Предельные допускаемые величины охлаждения бетона к моменту передачи усилия обжатия

Вид арматуры	Марка бетона	Допускаемое охлаждение в градусах при коэффициенте $\gamma = \frac{L_н}{L_у}$*			
		0,95	0,9	0,85	0,80
Семипроволочные пряди, канаты, высокопрочная проволочная арматура	300—500	10	15	20	25
Горячекатаная стержневая арматура	200—400	15	19	21	25

* $L_н$ — длина нагреваемого участка арматуры;
$L_у$ — общая длина арматуры между упорами стенда.

5.51. При стендовой технологии изготовления, кроме отпуска напряжения арматуры на неостывший бетон, для предотвращения температурных трещин рекомендуются также следующие меропри-

ятия: устройство съемных вкладышей и температурных швов в металлических формах, частичная распалубка изделия (удаление фиксаторов при достижении прочности бетона не менее 3 МПа), а также предварительный подогрев форм.

5.52. При производстве преднапряженных конструкций на обогреваемых стендах (термоформах) и имеющих открытые поверхности, контактирующие с окружающей средой, следует руководствоваться указаниями раздела 5.13 настоящего Руководства.

5.53. Для предотвращения возникновения технологических трещин и ухудшения анкеровки преднапряженной арматуры, натянутой на силовые формы, рекомендуются следующие мероприятия:

изделия с поддоном должны помещаться в охлажденную камеру сразу после формования;

максимально возможное ограничение скорости подъема температуры в начальном периоде подъема (от +20 до +50° с/ч) и максимальной температуры прогрева (до 85—90° С);

немедленная после окончания тепловлажностной обработки передача усилия обжатия на горячий бетон и распалубка изделия; в этом случае извлечение изделий и их распалубка должна выполняться непрерывно, обеспечив наличие необходимого количества постов для быстрой передачи усилия обжатия;

уменьшение величины перепада между максимальной температурой изделия при распалубке и температурой среды цеха (за счет ограничения доступа холодного воздуха в цех, устройств тепловых завес и др.).

5.54. С целью исключения вредного влияния температурных деформаций на качество изделий следует:

использовать поддоны, у которых равнодействующая сил натяжения (усилия преднапряжения) приложена центрально или с минимальным эксцентриситетом относительно центра тяжести сечения поддона;

использовать поддоны открытого профиля (для многопустотных настилов и др.), которые при охлаждении меньше выгибаются и тем самым уменьшается возможность возникновения трещин.

В зависимости от конкретных условий производства, способов тепловлажностной обработки конструкций, изделий и др. перед внедрением новых силовых форм (поддонов) рекомендуется их опытная проверка с целью отработки оптимальных режимов тепловлажностной обработки для предотвращения возможности возникновения трещин в бетоне и др.

6. ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ НА ПОРИСТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ

6.1. Для легких бетонов на пористых заполнителях сохраняются основные положения для тепловлажностной обработки изделий, изложенные в разд. 5 настоящего Руководства: назначение отпускной прочности бетона, способы ее достижения и мероприятия по обеспечению проектной прочности, а также рекомендации по применению различных цементов, изложенные в разд. 1—4 настоящего

Руководства. При этом в отличие от обычных тяжелых бетонов оптимальные режимы тепловлажностной обработки легких бетонов зависят не только от вида и минералогического состава применяемого цемента и *Ц/В*, но и от объемной массы, структуры бетона и его назначения, а также от свойств используемых пористых заполнителей.

В силу многообразия одновременно действующих факторов оптимальные режимы тепловлажностной обработки легких бетонов на пористых заполнителях следует устанавливать опытным путем с учетом изложенных ниже рекомендаций.

6.2. Для конструктивно-теплоизоляционных легких бетонов назначенный режим тепловлажностной обработки должен обеспечивать не только требуемую отпускную и проектную прочность, но и достижение отпускной влажности бетона изделий, не превышающую заданной.

6.3. В целях снижения отпускной влажности изделий из конструктивно-теплоизоляционных легких бетонов (марок до 100 включительно) тепловлажностную обработку целесообразно производить в условиях, способствующих испарению влаги из бетона. Такой прогрев может быть осуществлен в камерах, оборудованных ТЭНами, калориферами, инфракрасными излучателями или газовыми горелками. Максимальная температура среды в таких камерах может быть повышена (в зависимости от необходимой длительности пропаривания) до 120—150° С.

С этой же целью рекомендуется тепловлажностную обработку проводить не в ямных камерах, а в термоформах с открытой поверхностью, контактирующей с окружающей средой.

6.4. В целях ускорения оборачиваемости форм и камер при изготовлении изделий из конструктивно-теплоизоляционных легких бетонов продолжительность тепловлажностной обработки должна определяться временем, необходимым для достижения в центре наибольшего сечения изделия температуры 65—80° С (меньшие значения для изделий толщиной 35—40 см, бо́льшие — для изделий толщиной 20—30 см).

Этот период разогрева обычно составляет 5—8 ч и должен определяться на основе экспериментов или расчетом в соответствии с методикой, изложенной в ВСН 76-5-71. «Временные указания по применению электрических, газовых инфракрасных излучателей и продуктов сгорания природного газа для тепловой обработки керамзитобетонных изделий в щелевых камерах непрерывного действия» (Минтяжстрой СССР, 1971 г.) Чем меньше объемная масса легкого бетона и больше толщина изделий, тем больше продолжительность периода разогрева.

При дальнейшем нахождении распалубленных изделий в теплом помещении с температурой среды 15—20° С в период медленного их остывания, продолжающегося 6—8 ч, прочность бетона в изделиях увеличивается и достигает требуемых значений.

6.5. При тепловлажностной обработке изделий из конструктивно-теплоизоляционных легких бетонов, приготовленных на пористых песках, отличающихся гидравлической активностью и содержащих большое количество наиболее активных пылевидных фракций (шлаки, золы, дробленый керамзитовый, аглопоритовый или перлитовый пески), следует использовать режимы с максимально высокой температурой изотермического прогрева (90—150° С) с целью возможно более полного протекания реакций между активным

кремнеземом пористых заполнителей и продуктами гидратации твердеющего цементного камня и повышения в результате этого отпускной и проектной прочности легкого бетона.

В этих случаях длительность тепловлажностной обработки при соответствующем технико-экономическом обосновании может быть увеличена до 10—12 ч.

6.6. Продолжительность выдерживания отформованных изделий из конструктивно-теплоизоляционного легкого бетона до начала тепловлажностной обработки, а также скорость подъема температуры зависят от структуры бетона, жесткости бетонной смеси и условий обработки.

При назначении оптимальной продолжительности выдерживания изделий до начала тепловлажностной обработки и скорости подъема температуры за основу могут быть приняты данные табл. 2. При этом в случае тепловлажностной обработки изделий в камерах сухого прогрева значения начальной структурной прочности могут быть снижены в 5—7 раз, а в случае тепловлажностной обработки изделий в термоформах — в 2—3 раза по сравнению с данными табл. 2.

Так же как и для тяжелых бетонов, продолжительность предварительной выдержки может быть сокращена, а скорость подъема температуры существенно увеличена при использовании горячих бетонных смесей, предварительно разогретых паром или электрическим током, а также в случае тепловлажностной обработки изделий при возрастающей скорости подъема температуры в соответствии с рекомендациями п. 5.6.

Ориентировочные значения продолжительности предварительной выдержки изделий из конструктивно-теплоизоляционных легких бетонов и скорости подъема температуры приведены в табл. 6.

Таблица 6

Предварительная выдержка и скорость подъема температуры при тепловлажностной обработке конструктивно-теплоизоляционных легких бетонов

Структура бетонной смеси	Жесткость по ГОСТ 11051—70 в 1 сек	Условия тепловой обработки	Предварительная выдержка в ч	Скорость подъема температуры среды в град/ч
Плотная	Более 60	Сухой прогрев	0,5—1	60—70
		В термоформе	1—1,5	40—50
		Пропаривание	1,5—2	20—30
	30—60	Сухой прогрев	1—1,5	40—50
		В термоформе	1,5—2	30—40
		Пропаривание	2—3	20—30
Поризованная	20—30	Сухой прогрев	1,5—2,5	40—50
		В термоформе	2—3	25—35
		Пропаривание	3—4	15—20

6.7. На конструктивные легкие бетоны марок 150 и более распространяются все основные положения тепловлажностной обработки, характерные для обычных бетонов на тяжелых заполнителях, изложенные в разделе 5 настоящего Руководства. При этом на продолжительность тепловлажностной обработки для получения необходимой отпускной и проектной прочности существенное влияние оказывает прочность применяемого крупного пористого заполнителя. Чем меньше прочность заполнителя по отношению к проектной прочности бетона, тем в большей степени прочность бетона после тепловлажностной обработки приближается к марочной и тем меньше должна быть продолжительность тепловлажностной обработки для получения требуемой отпускной прочности бетона.

6.8. Для легких бетонов марок 150 и более на портландцементе марок 400—500 оптимальная продолжительность тепловлажностной обработки может назначаться по табл. 3 настоящего Руководства.

При этом приведенные в этой таблице значения прочности бетона в процентах от проектной следует увеличивать (по абсолютной величине) на 5—15% и тем больше, чем выше марка бетона и меньше длительность твердения.

7. КОНТРОЛЬ ЗА ПРОИЗВОДСТВОМ И КАЧЕСТВОМ БЕТОНА

7.1. Организация контроля качества бетона изделий на предприятиях сборных железобетонных изделий должна осуществляться в двух основных направлениях:

А — систематический пооперационный контроль всех производственных процессов, направленный на соблюдение установленных режимов производства, призванных обеспечить требуемые свойства бетона изделий, стабильность и однородность его качества;

Б — выходной контроль качества бетона изделий, направленный на недопущение к отгрузке потребителю изделий из бетона, не отвечающего по своим свойствам и качеству требованиям действующих ГОСТов или Технических условий.

А. ПООПЕРАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ

7.2. Пооперационный контроль должен сочетаться с максимальной автоматизацией управления всеми технологическими операциями по изготовлению деталей.

7.3. Нормальная работа камер и установок для тепловлажностной обработки изделий при минимальных удельных затратах пара и топлива на единицу продукции обеспечивается систематическим наблюдением и контролем за:

работой всей системы парового теплоснабжения предприятия;

состоянием ограждающих конструкций камер пропаривания;

состоянием трубопроводов в тепловых установках и их соответствием проекту;

исправной работой устройств, обеспечивающих возврат или удаление конденсата из камер пропаривания и тепловых отсеков обогреваемых форм;

состоянием и нормальной работой программных регуляторов температуры;

исправной работой устройств дистанционного замера и регистрации температурного режима в камерах.

Обо всех замеченных неисправностях в системе тепловлажностной обработки изделий контролирующим аппаратом лаборатории или ОТК предприятия делается соответствующая запись в сменном журнале предприятия или цеха.

7.4. Контроль за температурным режимом в камерах тепловлажностной обработки и в других тепловых установках должен осуществляться, как правило, непрерывно при помощи дистанционных регистрирующих или показывающих приборов, датчики которых следует располагать в защитных нишах в средней части камеры.

В качестве программных регуляторов температуры могут быть использованы приборы типа ПРТЭ-2М, ЭРП-61 (электронный программный регулятор температуры). Эти приборы позволяют осуществлять автоматическое регулирование температуры по заданной программе в пределах от 20 до 100° С, с точностью регулирования температуры ±2,5% при чувствительности не менее 0,5° С.

Регулятор работает в комплекте с электрическим термометром сопротивления и исполнительным механизмом.

Кроме того, может быть использован программный регулятор пневматического действия типа ПУСК-3С-10 или любые другие приборы, обеспечивающие регулирование температуры с точностью до ±3°С. Как исключение допускается замер температуры в камере производить ртутным термометром со 100-градусной шкалой и удлиненным капилляром, опускаемым в камеру через специальное отверстие в крышке или стенке камеры, закрываемое пробкой. Отсчет температуры при этом должен производиться в момент нахождения ртутного баллона термометра в паровой или паровоздушной среде камеры.

7.5. При всех способах контроля оператор заносит в журнал время загрузки камеры (установки), длительность предварительного выдерживания, режим тепловлажностной обработки, время открытия камеры и выгрузки изделий из нее.

В зимнее время оператор регистрирует не реже одного раза в смену и записывает в журнал температуру воздуха в помещении, где производится распалубка изделий.

Б. ВЫХОДНОЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БЕТОНА

7.6. Выходной контроль качества бетона изделий на предприятиях производится в соответствии с ГОСТ 13015—67 * или ГОСТ 18105—72.

При применении неразрушающих методов контроля прочность бетона определяется в соответствии с ГОСТ 17624—72 или другими действующими нормативными документами.

7.7. В условиях, когда обеспечен надежный пооперационный контроль за режимами производства и управление ими автоматизировано, достаточен выходной контроль, информирующий только о качестве приготовленного бетона с учетом свойств материалов, точностью их дозирования и качеством перемешивания.

Такая система выходного контроля обеспечивает соответствие свойств и качества всего бетона, использованного для изготовления партии изделий заданным его свойствам по результатам испытаний специально изготовленных контрольных образцов. Необходимые же свойства бетона непосредственно в каждом конкретном изделии обеспечиваются соблюдением заданных режимов производства и соответствующим пооперационным контролем.

7.8. Предприятие-изготовитель обеспечивает выходной контроль качества бетона изделий по прочности путем определения фактических величин передаточной, отпускной и проектной прочности бетона, из которого изготовлены изделия, и ее оценки путем сопоставления этих величин с их допустимыми значениями, установленными ГОСТами или Техническими условиями на изделия.

Для таких определений изготовляются (по ГОСТ 10180—67, ГОСТ 11050—64 или ГОСТ 17624—72) контрольные образцы из проб бетона, отобранных у места укладки бетонной смеси в формы для изделий по нормам ГОСТ 13015- 67 * или ГОСТ 18105—72.

7.9. Пробы бетона для изготовления контрольных образцов должны отбираться отдельно для каждого технологического комплекса.

Под технологическим комплексом понимается одна или несколько технологических линий предприятия, на которых изготовляются любые изделия из бетона одной проектной марки, приготовленного на одних и тех же материалах, по одной технологии и на одном бетоносмесительном узле с последующим твердением изготовленных изделий в одинаковых условиях. Пробы могут отбираться на любом посту формования в составе контролируемого комплекса.

7.10. Для контроля отпускной и передаточной прочности бетона не реже одного раза в каждую рабочую смену отбирают пробы бетона, состоящие из одной или нескольких серий контрольных образцов для каждого установленного срока их испытаний.

7.11. Для контроля и оценки проектной прочности бетона дополнительно изготавливают не менее одной серии контрольных образцов в сутки от каждого технологического комплекса.

Изготовление серий образцов для контроля и оценки величин отпускной, передаточной и проектной прочности следует производить из одной пробы бетона.

7.12. Контрольные образцы бетона изделий, изготовляемых с уплотнением их бетона вибрацией при любой системе виброуплотняющих механизмов и схеме передачи вибрации бетону, следует изготовлять на лабораторной виброплощадке с частотой колебаний, соответствующей частоте колебаний производственных вибромеханизмов, применяемых для формования изделий.

При обычно применяемых в производстве частотах около 3000 кол. в мин рекомендуется уплотнять образцы на лабораторной виброплощадке типа 435А с частотой вертикально направленных колебаний 2800 в мин, с регулируемой амплитудой и автоматическим дистанционным пусковым устройством.

Не рекомендуется уплотнять контрольные образцы путем вибрации на форме с изделиями или непосредственно на производственной виброплощадке.

7.13. Для изделий, уплотняемых при их формовании иными методами: центрифугированием, прессованием и др., контрольные образцы бетона следует изготовлять с уплотнением вибрацией по п. 7.12 настоящего Руководства и устанавливать опытным путем

коэффициенты перехода от прочности вибрированного бетона образцов к прочности того же бетона в изделиях, уплотненного производственными методами, или применять соответствующие коэффициенты, указанные в ГОСТах или Технических условиях на изделия.

7.14. Во всех случаях следует уделять особое внимание качеству форм для образцов, применяя только металлические формы, отвечающие требованиям ГОСТ 10180—67, обеспечивая полную герметичность форм в собранном состоянии, жесткость и неизменяемость их размеров в процессе вибрации и максимально точное соответствие формы изготовляемых образцов форме правильного куба.

Следует иметь в виду, что нарушение этих требований может привести к занижению прочности образцов на 15—20% и более.

7.15. Если в соответствии с ГОСТом или Техническими условиями на данный вид изделий к их бетону, кроме прочности, предъявляются и другие требования, например требования по морозостойкости, водонепроницаемости, коррозиестойкости и др., то из проб бетонной смеси одновременно с образцами для контроля прочности изготовляют дополнительные образцы для определения других требуемых свойств бетона. Частота и способ изготовления таких образцов, их форма, размер, условия твердения, сроки и способы испытания, если они не регламентированы ГОСТом на данный вид изделий, должны указываться в Технических условиях на изделия при их разработке и утверждении в соответствии с ГОСТ 13015—67 *.

7.16. Контрольные образцы бетона, из которого изготовлены изделия, подвергаемые тепловлажностной обработке, должны в соответствии с ГОСТ 13015—67 * твердеть до момента испытания в условиях, аналогичных условиям твердения изделий.

Под условиями твердения изделий следует понимать условия и режимы их твердения, определенные в процессе экспериментального проектирования состава бетона изделий и выбора режимов его твердения.

В соответствии с этим контрольные образцы следует подвергать тепловлажностной обработке в лабораторных камерах пропаривания.

7.17. Если в процессе проектирования состава бетона и выбора режимов его твердения испытания проводились на образцах такого же размера, как и контрольные, режимы и условия твердения бетона контрольных образцов в лабораторных камерах следует создавать во всем аналогичные условиям, установленным в процессе экспериментального подбора состава бетона.

Если размеры сечения изделий резко отличаются от сечений контрольных образцов, то производственные режимы тепловой обработки могут отличаться от лабораторных. При этом коэффициенты, учитывающие массивность изделий, должны определяться опытным путем для конкретных условий производства.

7.18. На предприятиях, где, как исключение, не может быть организован надежный пооперационный контроль за всеми переделами производства, а само производство не автоматизировано, тепловая обработка серий контрольных образцов, предназначенных для контроля и оценки величин отпускной и передаточной прочности, должна производиться в каждом отдельном тепловом агрегате вместе с изделиями. Кроме того, в этих случаях не менее одной серии контрольных образцов в сутки от каждого технологического

комплекса следует пропаривать в лабораторной пропарочной камере в соответствии с п. 7.16 настоящего Руководства.

7.19. Для определения прочности бетона при передаче на него предварительного напряжения арматуры контрольные образцы должны испытываться в сроки, соответствующие моменту передачи на бетон изделий усилий напряжения.

7.20. Образцы, предназначенные для определения отпускной прочности бетона, после их тепловлажностной обработки должны храниться до момента испытания в условиях, аналогичных условиям хранения изделий в этот период (до отпуска потребителю или передачи на склад), или вместе с изделиями.

7.21. Контрольные образцы, предназначенные для определения прочности бетона, соответствующей его проектной марке, должны храниться после окончания тепловлажностной обработки вместе с образцами, предназначенными для определения отпускной прочности бетона, до момента испытания последних.

После этого контрольные образцы переносятся в камеру нормального хранения и в ней до момента испытания должны храниться при температуре воздуха плюс 20° С±2° и его относительной влажности не менее 90%.

Испытание контрольных образцов этих серий производят в возрасте 28 суток с момента изготовления или в ином возрасте, указанном в ГОСТе или Технических условиях на изделия.

7.22. Фактическая средняя величина прочности всех серий контрольных образцов, характеризующих передаточную, отпускную или проектную прочность бетона (определяемая по ГОСТ 10180—67) в соответствии с ГОСТ 13015—67 *, должна быть не меньше нормируемой, указанной в ГОСТе или Технических условиях на данный вид изделия.

При этом средняя прочность образцов каждой отдельной серии (при числе их более одной для данного срока испытаний) должна быть не ниже 90% нормируемой.

Если хотя бы одно из этих условий не выполняется, прочность бетона изделий в объеме контролируемого технологического комплекса, характеризуемого данными пробами, признается не отвечающей требованиям.

7.23. Если не отвечающей требованиям признается передаточная или отпускная прочность бетона, то изделия до передачи на бетон напряжения их арматуры или до отправки потребителю должны быть выдержаны на дополнительный срок при положительной температуре в течение времени, устанавливаемого лабораторией предприятия, или подвергнуты дополнительной тепловлажностной обработке.

После этого должны быть вновь проверены величины отпускной или передаточной прочности (при отсутствии дополнительных образцов — неразрушающими методами).

7.24. Если не отвечающей требованиям признается проектная прочность бетона изделий, уже отправленных потребителю, последнему в трехдневный срок должны быть сообщены результаты этих испытаний в целях принятия необходимых мер при использовании таких изделий.

7.25. Если в процессе пооперационного контроля будет обнаружено, что установленные технологическими картами производства режимы тепловлажностной обработки всех изделий контролируемого технологического комплекса или части таких изделий нарушены

и, по заключению лаборатории, не могут обеспечить бетону изделий требуемую прочность, то результаты испытаний контрольных образцов, пропаренных в лабораторной камере, признаются несоответствующими прочности бетона изделий. В этих случаях прочность бетона в изделиях должна быть установлена его испытаниями неразрушающими методами в соответствии с действующими ГОСТами (например, ГОСТ 17624—72), Указаниями или прямыми испытаниями конструкций соответствующей нагрузкой по указанию проектной организации после дополнительных мероприятий по повышению прочности бетона изделий, устанавливаемых лабораторией.

7.26. При проектировании составов бетона, оценке правильности этих составов, анализе технологии производства необходимо периодически из каждого производственного состава бетона изготовлять дополнительные серии образцов и испытывать их после 28 суток нормального твердения (без тепловлажностной обработки), сравнивая их прочность с прочностью образцов, прошедших тепловлажностную обработку.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ПРЕДИСЛОВИЕ 3
1. Назначение и область применения 4
2. Прочность бетона при тепловой обработке 4
Общие положения 4
3. Отпускная прочность бетона. Назначение величины и сроков ее достижения 6
4. Цементы для тепловлажностной обработки изделий . . 9
5. Тепловлажностная обработка изделий из тяжелых бетонов 11
А. Пропаривание изделий в камерах 11
Б. Тепловлажностная обработка изделий в кассетах . 15
В. Тепловлажностная обработка изделий в термоформах 17
Г. Особенности тепловлажностной обработки бетонов с химическими добавками (ускорителями твердения и пластификаторами) 18
Д. Особенности тепловлажностной обработки бетонов, к которым предъявляются требования по морозостойкости 19
Е. Особенности тепловлажностной обработки предварительно напряженных изделий и конструкций . . 20
6. Особенности тепловлажностной обработки изделий из легких бетонов на пористых заполнителях 22
7. Контроль за производством и качеством бетона . . . 25

НИИЖБ Госстроя СССР

ВНИИЖЕЛЕЗОБЕТОН МПСМ СССР
РУКОВОДСТВО ПО ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

* * *

Редактор издательства С. В. Беликина
Технические редакторы В. Д. Павлова, В. М. Родионова
Корректор В. М. Залевская

Сдано в набор 1/III 1974 г. Подписано к печати 16/IV 1974 г. Т-04025
Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 2. 1,68 усл. печ. л. (уч.-изд. 2,29 л.)
Тираж 31 000 экз. Изд. № XII—4665 Зак. № 411 Цена 11 коп.

Стройиздат
Москва, 103777, Кузнецкий мост, 9
Московская типография № 32 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министрдов СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, К-51, Цветной бульвар, д. 26.

gost.e-ecolog.ru