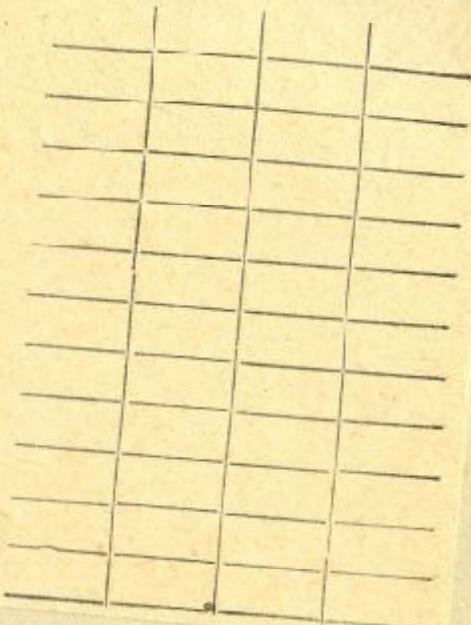


666.98

ИЧ24

НАУЧНО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА  
ГОССТРОЯ СССР



## ИНСТРУКЦИЯ

ПО ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ  
ПАРОМ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ  
ИЗДЕЛИЙ НА ЗАВОДАХ И ПОЛИГОНАХ

734794



Челябинский  
Политехнический институт  
**БИБЛИОТЕКА**

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ  
Москва — 1969

Инструкция содержит основные положения и рекомендации по режимам тепловой обработки паром бетонных и железобетонных изделий в заводских и полигонных условиях, их изготовлению, требования по выбору материалов и оборудования для пропаривания изделий, а также по контролю производства прочности и качества бетона и изделий.

Инструкция рекомендована к изданию Госстроя СССР и предназначена для инженерно-технических работников заводов железобетонных изделий, проектных и строительных организаций.

С изданием настоящей Инструкции утрачивается «Инструкция по прогариванию бетонных и железобетонных изделий на заводах и полиграх» издания 1962 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая Инструкция содержит указания по тепловой обработке бетонных и железобетонных изделий паром при температуре до 100°С.

В Инструкции изложены требования к материалам для бетона, подвергаемого тепловой обработке; основные положения по расчету и подбору составов бетонов заданных консистенций и по достижению отпускной и марочной прочности пропаренных бетонов.

В Инструкции изложены рекомендации по режимам тепловой обработки, позволяющие не только увеличивать оборачиваемость тепловых агрегатов, производственных площадей и форм, но и более полно использовать потенциальные возможности цемента, обеспечивая при этом требуемые физико-механические свойства бетона в заданные сроки.

Режимы тепловой обработки даны с учетом применяемых цементов, составов бетона и особенностей технологических схем производства, предопределяющих условия пропарки изделий.

Кроме того, в ней приведены данные по оборудованию для пропаривания изделий и требования по контролю производства и качества бетона в изделиях.

Инструкция разработана Научно-исследовательским институтом бетона и железобетона Госстроя СССР (д-р техн. наук С. А. Миронов, кандидаты техн. наук Л. А. Малинина, В. Ф. Хворостянский, В. А. Федоров) при участии института ВНИИЖелезобетон Министерства промышленности строительных материалов СССР (инж. Л. А. Кайсер, кандидаты техн. наук Р. С. Чехова, Н. Б. Марьямова, В. Г. Довжик), а также Главкрасноярского строя (инж. А. И. Замощик).

Зам. директора НИИЖБ  
Госстроя СССР  
В. М. Медведев

## 1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1. Настоящая Инструкция предназначена для заводов и полигонов по изготовлению сборных бетонных и железобетонных изделий, на которых в целях ускорения твердения бетона применяется тепловая обработка паром (пропаривание при температуре до 100°C), а также может быть использована проектными организациями.

В качестве теплоносителя при непосредственном его контакте с бетоном изделия применяется насыщенный пар или паровоздушная смесь, а при прогреве изделий в обогреваемых формах через тепловые отсеки может применяться любой другой теплоноситель, обеспечивающий равномерность прогрева поверхностей формы контактирующих с бетоном.

1.2. Тепловая обработка изделий паром может производиться в пропарочных камерах периодического и непрерывного действия, в обогреваемых формах, под переносными колпаками на стендах, под укрытиями и в любых других установках.

1.3. Настоящая Инструкция распространяется на изготовление армированных и неармированных сборных изделий, формуемых из бетонных смесей различной консистенции на тяжелых и легких заполнителях с применением различных видов цементов на основе портландцементного клинкера.

## 2. МАТЕРИАЛЫ

2.1. Для производства бетонных и железобетонных изделий, подвергаемых тепловой обработке при температурах до 100°C, в качестве вяжущих материалов могут быть использованы: портландцемент, шлакопортландцемент, пушколановый портландцемент и их разновидности, соответствующие ГОСТ 10178—62\*, а также другие виды вяжущих, удовлетворяющих специальным ТУ и обеспечивающих получение заданных свойств бетона при требуемых сроках тепловой обработки.

2.2. Для тепловой обработки наиболее эффективны

цементы, обеспечивающие получение наибольшей прочности бетона в заданные сроки при минимально возможном их расходе.

Как правило, наиболее эффективными для пропаривания являются быстротвердеющие портландцементы без добавок или содержащие до 10% активных минеральных добавок и имеющие при этом нормальную густоту цементного теста не более 27%, а также быстротвердеющие высокопарочные шлакопортландцементы, содержащие не более 30% активного шлака.

По минералогическому составу для тепловой обработки наиболее пригодны алитовые цементы с содержанием  $C_3S$  50—65% и  $C_3A$  до 8%.

Такие цементы при правильно выбранном режиме тепловой обработки обеспечивают при последующем твердении пропаренного бетона прочность не ниже достигаемой в возрасте 28 суток нормального твердения.

Бетоны на высокоалюминатных цементах сразу после тепловой обработки имеют невысокую степень использования активности цемента и к 28 суткам большой недобор прочности (до 20%) по отношению к бетонам естественного твердения.

2.3. Шлакопортландцементы марок не ниже 400 на клинкерах оптимального минералогического состава и активных шлаках при условии содержания шлака в цементе не более 30% и кадлежащей тонкости помола при пропаривании равнозначны эффективным портландцементам тех же марок.

2.4. Рядовые шлакопортландцементы марок 200 и 300 (с содержанием шлака более 30%) могут быть использованы для изделий, к которым не предъявляются специальные требования по морозостойкости или атмосферостойкости. При применении рядовых шлакопортландцементов для получения равных отпускных прочностей с равномарочными портландцементами необходимо или удлинить (до 30%) срок изотермической выдержки при пропаривании, или увеличить на 10% расход цемента.

2.5. Пушколановые портландцементы и их разновидности при пропаривании должны применяться только для изделий специального назначения с повышенными требованиями по водостойкости и солестойкости, при этом необходимо учитывать пониженную морозостойкость бето-

лов и их повышенные усадочные деформации на таких цементах.

2.6. Применение пластифицированных и гидрофобных цементов для бетонов, подвергаемых пропариванию, может быть допущено только при использовании специальных режимов с длительным предварительным выдерживанием или значительно замедленной скоростью подъема температуры.

2.7. Оценку эффективности цементов для пропаривания рекомендуется производить в соответствии с указаниями приложения 1.

2.8. Заполнители, применяемые в тяжелых и легких бетонах, должны удовлетворять требованиям соответствующих ГОСТов и технических условий.

2.9. Наиболее эффективными и дешевыми ускорителями твердения при пропаривании являются хлористые соли, применять которые следует в соответствии с инструкциями во избежание сбрасывания коррозии и выщелачивания на изделиях.

2.10. Из хлорсодержащих добавок наиболее эффективными являются хлористый кальций и комплексные добавки на его основе, применение которых позволяет сократить время предварительного выдерживания, понизить температуру пропаривания или сократить цикл пропаривания при более высокой температуре, повысить прочность бетона при неизменном цикле.

2.11. Добавка хлористых солей при изготовлении бетонных и железобетонных конструкций с обычным армированием не должна превышать 2% веса цемента з расчете на чистый безводный продукт; при этом для защиты арматуры от коррозии рекомендуется вводить ингибитор — нитрит натрия (на 1%  $\text{CaCl}_2$  следует добавлять не менее 0,6%  $\text{NaNO}_2$ ).

Для высокомарочных и быстротвердеющих портландцементов оптимальной добавкой хлористого кальция следует считать 1% веса цемента, так как увеличение этих добавок до предельно допустимого количества, не приходя к значительному ускорению процесса твердения, увеличит вероятность возникновения коррозии арматуры.

Оптимальное количество вводимых в бетон добавок-ускорителей твердения и их эффективность устанавливается для различных видов цемента опытным путем.

2.12. При введении добавок хлористых солей во всех случаях должно быть обеспечено эффективное уплотне-

ние бетона конструкций и деталей, тщательное соблюдение проектных размеров защитного слоя арматуры, а также отсутствие повреждений лицевого слоя.

2.13. Добавка хлористых солей не допускается:

а) в конструкциях с рабочей арматурой диаметром 5 мм и менее;

б) в железобетонных изделиях, которые в процессе эксплуатации будут находиться в условиях, способствующих разрушению защитного слоя, обнажению и коррозии арматуры, например, при постоянном контакте с агрессивными газами: хлором, сероводородом, сернистым газом или агрессивными жидкостями: кислотами, щелочами и растворами солей;

в) в конструкциях, к внешнему виду которых предъявляются повышенные требования (например, наружные стековые панели);

г) в конструкциях, работающих в воздушной среде с повышенной влажностью (щели с большим паровыделением, бани, прачечные и т. п., а также закрытые железобетонные резервуары для воды);

д) в сооружениях, где есть возможность возникновения ближайших постоянных токов;

е) при содержании в бетоне железобетонных изделий портландцемента менее 220 кг или шлакопортландцемента и пущоланового портландцемента менее 250 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона.

2.14. Применение хлористых добавок наиболее целесообразно при изготовлении бетонов на шлакопортландцементе, пущолановом портландцементе, портландцементе низких марок и при пониженных температурах пропаривания ( $60^\circ\text{C}$  и ниже).

### 3. ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА ПРИ ПРОПАРИВАНИИ

3.1. Отпускная прочность бетона изделий устанавливается ГОСТом или техническими условиями на каждый вид изделий в зависимости от времени года, назначения конструкций, условий их транспортирования, монтажа, срока загружения, а также условий работы в здании и сооружении.

При изготовлении предварительно напряженных конструкций бетон после пропаривания должен иметь указанную проектом прочность, допускающую отпуск натяжения арматуры.

**3.2.** В летнее время года, особенно в районах с теплым и жарким климатом, с целью увеличения обрачиваемости форм и пропарочных камер целесообразно тепловую обработку изделий производить до получения бетоном технологической прочности с последующим выдерживанием изделий в температурно-влажностных условиях, обеспечивающих дальнейшее нарастание прочности бетона в течение времени, необходимого для получения отпускной прочности.

**Примечание.** Под технологической прочностью бетона подразумевается минимальная прочность для данного изделия, обеспечивающая распаковку, транспортировку и складирование изделий на территории завода. Технологическая прочность бетона указывается в технологических картах на изготовление изделия с учетом особенностей производства на конкретном предприятии.

**3.3.** Расчет и подбор составов бетонов заданной удобоукладываемости на плотных и пористых заполнителях может производиться по любым проверенным на практике способам, обеспечивающим получение отпускной прочности бетона после окончания пропаривания по заданному режиму и требуемую марку через 28 суток последующего твердения в нормальных условиях при наименьшем расходе цемента.

Следует иметь в виду, что при кратковременных режимах тепловой обработки с общим циклом 2—5 ч бетон, как правило, достигает фактически лишь 30—50%  $R_{28}$ . В связи с этим получение требуемой отпускной прочности связано с проектированием составов бетона на более высокую марку, что приводит к перерасходу цемента.

**3.4.** Прочность бетона после пропаривания определяется не только качеством цемента и режимом пропаривания, но и составом бетона.

Основное влияние на темп роста прочности и получающую относительную прочность бетона при пропаривании, как правило, оказывает зодоцементное отношение.

**3.5.** Пропаривание изделий следует производить до получения тяжелым бетоном прочностей, указанных в табл. 1. Получение более высоких прочностей трудно осуществимо и экономически нецелесообразно, так как значительное увеличение длительности пропаривания обычно не приводит к существенному увеличению прочности бетона.

Таблица 1  
Ориентировочная зависимость между относительной прочностью пропаренного тяжелого бетона и  $B/C$   
(при оптимальных режимах)

$B/C$ бетона	Прочность бетона в % от $R_{28}$	
	через 4 ч после пропаривания	через 28 суток после пропаривания
0,6 и более	60—65	85—95
0,4—0,5	65—70	95—105
0,4 и менее	70—85	100—110

**Примечание.** Прочность бетона на портландцементе в 28-суточном возрасте, твердевшего в нормальных условиях, принята за 100%.

В том случае когда после пропаривания требуется получение полной (100%) проектной марки, проектирование состава бетона следует производить на более высокую марку, что приводит к увеличению расхода цемента.

**3.6.** При применении одних и тех же цементов получаемая прочность бетонов в значительной мере зависит от  $B/C$ , а также от правильности назначения и осуществления режима пропаривания и способа скорости подъема температуры.

**3.7.** При пропаривании предварительно напряженных конструкций с передачей напряжения арматуры на горячий бетон (сразу после пропаривания) следует иметь в виду, что прочность бетона в горячем состоянии, как правило, на 5—10% ниже прочности того же бетона в остывшем состоянии.

#### 4. РЕЖИМЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

##### A. Общие положения

**4.1.** Общий цикл пропаривания изделий подразделяется на следующие периоды:

а) от момента окончания формования изделия до начала повышения температуры среды камер (установки) — период предварительного выдерживания;

б) от начальной температуры среды в камере (установке) до принятого наивысшего уровня — период подъема температуры;

- в) выдерживание при наивысшей принятой температуре — изотермический период;
- г) понижение температуры среды камеры (установки) и изделий — период остывания.

**Примечание.** Условно режим пропаривания выражается суммой отдельных его периодов в ч, например  $0,5+3+6+2$  ч.

Назначение режимов пропаривания заключается в установлении оптимальной длительности отдельных его периодов и общего цикла с целью получения максимальной прочности бетона данного состава без существенного ухудшения других физико-механических свойств.

**4.2.** Пропаривание бетона приводит к значительному ускорению физико-химических процессов твердения, что способствует получению требуемой прочности бетона в короткие сроки и одновременно вызывает возникновение деструктивных процессов, ухудшающих структуру бетона и понижающих его физико-механические свойства.

Основные деструктивные процессы и структурные нарушения в бетонах возникают в период подъема и понижения температуры.

Эти процессы в бетонах при пропаривании могут быть значительно уменьшены и практически устранены путем применения предварительного выдерживания или путем рационального подъема и понижения температуры.

**4.3.** Основным назначением предварительного выдерживания до начала тепловой обработки является достижение бетоном определенной начальной прочности, необходимой для восприятия теплового воздействия без нарушения его структуры.

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

Скорость подъема температуры среды в камере зависит от величины начальной прочности бетона, приведенной в табл. 2.

Вследствие влияния многочисленных факторов на темп начального твердения бетона (активность цемента, В/Ц бетона, температура окружающей среды и др.) оптимальное время предварительного выдерживания, необходимое для достижения требуемой начальной прочно-

сти, не является величиной постоянной и колеблется от 2—4 до 8—14 ч и более.

**Таблица 2**  
Допустимая скорость подъема температуры среды в камере в зависимости от величины начальной прочности бетона

Начальная прочность бетона (при сжатии) в кГ/см <sup>2</sup>	Скорость подъема температуры среды камеры в град/ч
1—2	10
3—3,5	20
4—5	30
5—6	40
7—8	60

**Примечание.** Повышение температуры среды камеры со скоростью более 60° в ч независимо от начальной прочности бетона не рекомендуется ввиду возникновения больших температурных градиентов по сечению изделия.

Чем выше марка цемента, температура окружающей среды и ниже В/Ц бетона, тем короче время предварительного выдерживания. Зведение химических ускорителей твердения приводит к сокращению, а поверхностно-активных веществ — к удлинению оптимального срока предварительного выдерживания.

При применении пластифицированных, гидрофобных, пущелановых портландцементов, а также рядовых шлакопортландцементов время предварительного выдерживания увеличивается.

**Примечание.** Определение начальной прочности бетона производится на образцах-кубах с ребром не менее 10 см при испытании их на прессах мощностью не более 5 т.

**4.4.** Предварительное выдерживание особенно необходимо при пропаривании распалубленных изделий, а также изделий с большой открытой поверхностью.

При пропаривании в металлических формах изделий, имеющих сложный профиль или большое количество выступов на форме, применение предварительного выдерживания может привести к образованию трещин в местах изменения профиля изделий.

В этих случаях рекомендуется или удлинять срок предварительного выдерживания для получения повышенной начальной прочности, или применять замедленный подъем температуры без предварительного выдерживания.

**4.5.** Применение предварительного выдерживания изделий после формования бетона или изделия в течение времени, необходимого для достижения требуемой начальной прочности бетона, в ряде случаев трудно осуществимо и экономически нецелесообразно, особенно при применении высокомеханизированных схем производства с металлоемким оборудованием и формами.

При таких условиях деструктивные процессы могут быть уменьшены или практически устранины путем рационального подъема температуры.

**4.6.** Бегоны, к которым предъязляются повышенные требования по морозостойкости и водонепроницаемости, должны пропариваться по «мягким» режимам, включющим специально предусмотренную достаточную предварительную выдержку, медленный подъем температуры ( $10-15^{\circ}\text{C}$  в ч) и изотермическую выдержку при температуре не выше  $80^{\circ}\text{C}$  с последующим медленным охлаждением.

Понижение температуры среды в камере при пропаривании бетонов с повышенной долговечностью следует осуществлять со скоростью не более  $15^{\circ}\text{C}$  в ч. При выгрузке изделий из камеры температурный перепад между поверхностью изделия и температурой окружающей среды не должен превышать  $40^{\circ}\text{C}$ .

**4.7.** Эффективным способом повышения морозостойкости и долговечности бетонов является применение высокоактивных низкоалюминатных цементов без добавок (особенно трепела или опоки), заполнителей из плотных и прочных каменистых пород, составов с малым значением  $B/\text{Ц}$  и ограниченным водосодержанием, а также введения поверхностно-активных веществ или уплотняющих добавок, улучшающих структуру бетонов. Следует учитывать, что не всегда высокая прочность бетона соответствует его высокой морозостойкости.

Бегоны с поверхностно-активными добавками следует начинать пропаривать лишь после предварительного выдерживания и получения начальной прочности не менее  $2-3 \text{ кг}/\text{см}^2$ . Последующий подъем температуры осуществляется в соответствии с п. 4.9.

**4.8.** При пропаривании предварительно напряженных конструкций на длинных или коротких стенах, расстояние между упорами которых остается неизменным, режимы тепловой обработки необходимо назначать не только из условия получения требуемой прочности в ми-

нимально короткий срок пропаривания, но и с учетом потерь напряжений в арматуре от температурного перепада в соответствии с «Указаниями по назначению режимов тепловой обработки предварительно напряженных конструкций, изготавляемых по стендовой технологии», разработанной НИИЖБом Госстроя СССР.

Во всех остальных случаях предварительно напряженные изделия пропариваются, как и обычно армированные изделия, по режимам, указанным в п. 4.9.

## Б. Пропаривание в камерах

**4.9.** Период подъема температуры среды в камере является наиболее существенным периодом, предопределяющим основные физико-механические свойства бетона. Особенно важен этот период при пропаривании расплющенных изделий и изделий в формах, но с большой площадью открытой поверхности, не имеющих достаточного времени предварительного выдерживания.

При таких условиях пропаривания прочность расплющенных образцов должна быть не более чем на 20% ниже прочности образцов, пропариваемых в формах. В случае большей разницы необходимо замедлять скорость подъема температуры до максимально принятой или же увеличивать время предварительного выдерживания.

При таких условиях подъем температуры среды в камере независимо от толщины изделия наиболее целесообразно осуществлять в прогрессивно возрастающем темпе: в первый час —  $10^{\circ}$  в ч, во второй —  $15-20^{\circ}$ , в последующий  $20-30^{\circ}$  и т. д.

Чем выше марка цемента и ниже  $B/\text{Ц}$  бетона, тем быстрее можно осуществлять подъем температуры среды в камере.

Режимы с прогрессивно возрастающим темпом подъема температуры в зависимости от  $B/\text{Ц}$  бетона и марки цемента приведены на рис. 1 и 2.

При ручном регулировании подачи пара рекомендуется применять режимы со ступенчатым подъемом температуры: за 1,5 ч подъем температуры до  $35-40^{\circ}\text{C}$ , выдерживание при этой температуре в течение 1—2 ч, а затем интенсивный подъем температуры до максимально принятой за 1 ч.

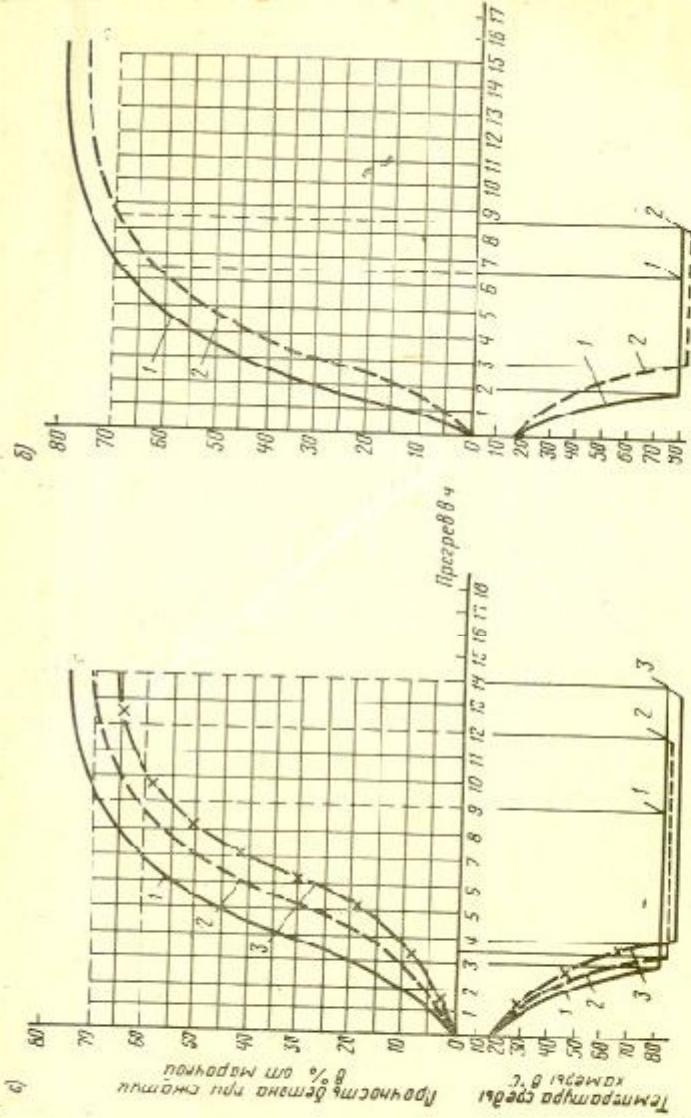


Рис. 1. Наращивание прочности тяжелого бетона на среднеслюдистых портландцементах при пропаривании при 80°C в зависимости от  $B/C$

а — марки 40—300; б — марки 60 и ОБТИ; 1 —  $B/C = 0.4$ ; 2 —  $B/C = 0.5$ ; 3 —  $B/C > 0.6$

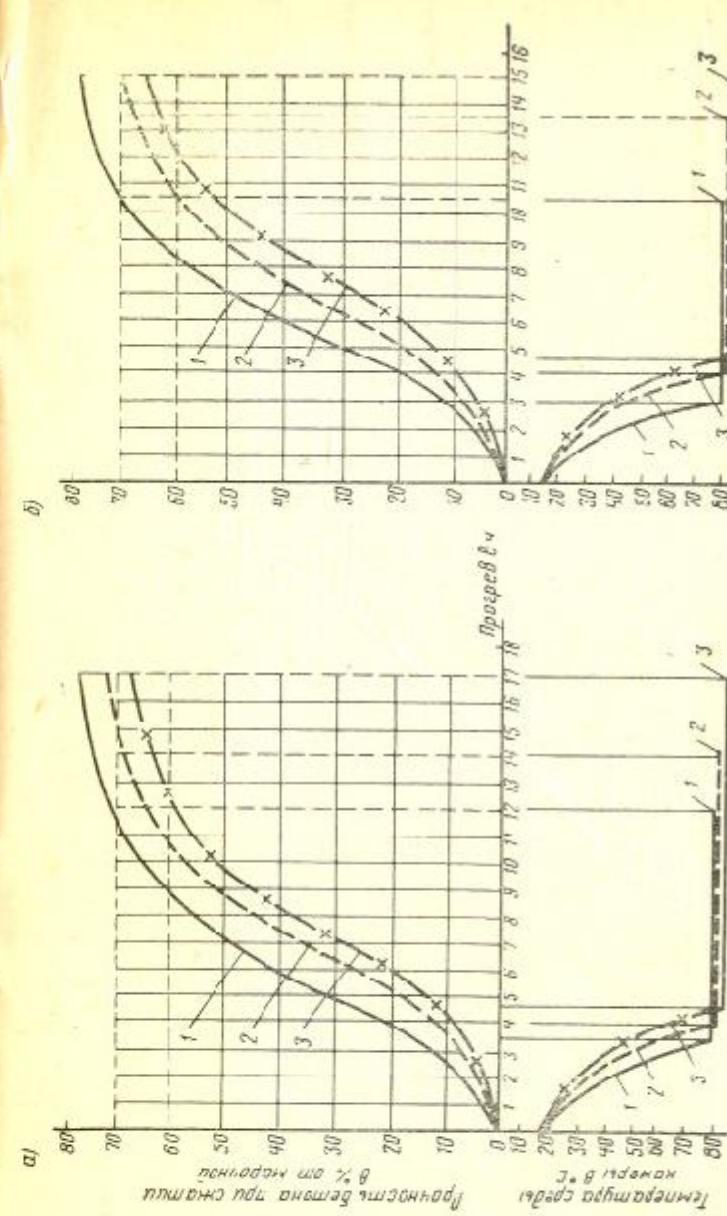


Рис. 2. Наращивание прочности тяжелого бетона на шлакопортландцементе при 80°C

а — марки 300—300; б — марки 400—500; 1 —  $B_f/C = 0.4$ ; 2 —  $B_f/C = 0.5$ ; 3 —  $B_f/C > 0.6$

При применении бетонных смесей высокой подвижности (более 7 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 рекомендуемой на рис. 1 и 2.

Примечание. Правильность подъема температуры в режиме в целом для бетонов достаточной жесткости может быть проверена путем испытания образцов из одного замеса, пропаренных в формах и распалубленных (на поддоне).

В период подъема температуры понижение относительной влажности среды, окружающей изделия, не оказывает отрицательного влияния на интенсивность нарастания прочности бетона.

**4.10.** Оптимальной температурой изотермического выдерживания при применении рядовых портландцементов следует считать 80—85°C. В случае снижения температуры пропаривания изделий длительность изотермического прогрева значительно увеличивается, а поэтому снижение температуры прогрева не рекомендуется.

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

При этом следует учитывать, что бетоны на шлако- и среднеглиноземистых цементах после пропаривания при 80°C в 28-суточном возрасте, как правило, достигают марочной прочности  $R_{28}$ , в то время как те же бетоны, но пропаренные при температурах, близких к 100°C, имеют 10—15%-ный недобор прочности. Бетоны на шлакопортландцементах, как правило, достигают марочной прочности или превышают ее.

**4.11.** Продолжительность изотермического выдерживания изделий назначается в зависимости от требуемой прочности (отпускной, технологической, необходимой для отпуска натяжения арматуры и т. д.) и зависит от вида применяемого цемента, температуры изотермического периода и В/Ц бетона. Ориентировочные режимы пропаривания изделий с максимальной толщиной сечения до 20 см из умеренно жестких и подвижных бетонных смесей на тяжелых заполнителях в зависимости от этих факторов приведены на рис. 1 и 2.

При надежной теплоизоляции камер, когда понижение температуры среды камеры составляет не более 5—

7° в ч, целесообразно после 4—5 ч 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.

Вышеуказанные режимы пропаривания распространяются на изделия с обычным или предварительно напряженным армированием с натяжением арматуры на упоры формы или поддона, при большой открытой поверхности изделия без специально предусмотренного времени предварительного выдерживания. Такие режимы могут осуществляться как в беззапорных ямных пропарочных камерах периодического действия, так и в камерах непрерывного действия, в том числе в щелевых и вертикальных.

**4.12.** Снижение температуры среды в камерах после окончания изотермического прогрева должно производиться постепенно и по возможности замедленно, так чтобы температурный перепад между поверхностью изделий и температурой наружного воздуха не превышал 40°.

В холодное время года (при температуре наружного воздуха ниже 0°C) для повышения долговечности изделий и недопущения появления усадочных микротреций изделия после распалубки рекомендуется выдерживать в теплом помещении, лишенном сквозняков, с температурой не ниже 10°C в течение 6—12 ч (в зависимости от толщины изделий).

## В. Термовая обработка контактным способом (в кассетах и термоформах)

**4.13.** При тепловой обработке изделий в кассетах или термоформах и пакетировщиках предварительное выдерживание технически и экономически нецелесообразно.

**4.14.** При изготовлении изделий в кассетах, термоформах и на пакетировщиках с большим количеством металлической оснастки, укрепленной на стенках формы, во избежание образования трещин следует производить быстрый подъем температуры в теплозом отсеке (со скоростью не менее 60—70°C в ч). При этом разница

температуру по площади на листе теплового отсека или термоформы должна быть не более 20°C.

С целью создания более равномерного прогрева в кассетах рекомендуется устанавливать дополнительные паровые регистры в полу под рабочими отсеками, а сверху бетон накрывать специальными утепленными щитами.

Для ускорения прогрева изделий целесообразно бетонную смесь укладывать в предварительно подогретую форму.

Температура среды в тепловых отсеках кассет или термоформы должна быть не ниже 85°C, но не выше 95°C.

**4.15.** Продолжительность изотермического прогрева 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.

В период изотермического прогрева минимальная температура изделия в любой точке должна составлять не менее 70°C.

При тепловой обработке в кассетах изотермический период прогрева целесообразно разделить на два периода: изотермического прогрева с подачей пара в тепловой отсек и термосного выдерживания при отключенном подаче пара.

При прогреве изделий толщиной 10 см в кассетно-формовочных машинах Гипростройиндустрии с расположением тепловых отсеков через два изделия продолжительность изотермического прогрева с подачей пара при 85—90°C составляет приблизительно 3—4 ч и при 90—95°C—2—3 ч.

Время выдерживания изделий после отключения подачи пара относится к изотермическому периоду и определяется как разность между общей продолжительностью выдерживания при заданной температуре и временем, необходимым для прогрева изделий.

**4.16.** Распалубку изделий и их последующее выдерживание при изготовлении в кассетах следует производить в соответствии с п. 4.12.

В ряде случаев в зимнее время целесообразно производить искусственное охлаждение изделий непосредственно в кассете с помощью принудительной вентиляции.

Искусственное охлаждение тепловых отсеков реко-

мендуется производить в течение 1—2 ч из времени, отведенного на выдержку изделий при термосном выдерживании (отключенной подаче пара), с тем, чтобы общий цикл тепловой обработки изделий в кассетах оставался неизменным.

Ориентировочные режимы тепловой обработки в кассетах приведены в табл. 3.

Таблица 3

Ориентировочные режимы тепловой обработки изделий в кассетах до достижения 70% проектной прочности при сжатии (при расположении паровых отсеков через два рабочих отсека)

Толщина бетона изделия в мм	Проектная марка бетона	Марка портландцемента	Ориентировочные режимы прогрева при 85—95°C в ч
60—100	150	400—500	1+3+4,5*
100—160	150	400—500	1+4+6
60—100	200	500 и выше	1+2,5+4,5
100—160	200	500 и выше	1+3,5+5,5

\* Подъем температуры в тепловом отсеке + изотермическое выдерживание с подачей пара в отсеке + выдерживание без подачи пара.

**4.17.** С целью увеличения обрачиваемости кассетных форм рекомендуется применять двухстадийную тепловую обработку или выдерживание изделий, получивших технологическую прочность на скрытых складах до получения отпускной прочности, что особенно целесообразно для районов с теплым климатом.

#### Г. Особенности пропаривания изделий из легких бетонов на пористых заполнителях

**4.18.** Оптимальные режимы пропаривания легких бетонов зависят не только от вида и минералогического состава применяемого цемента, но и от объемного веса, структуры и требуемой проектной и отпускной прочности легкого бетона, а также от свойств используемых пористых заполнителей.

**4.19.** В силу многообразия одновременно действующих факторов оптимальные режимы пропаривания бетонов на легких заполнителях должны устанавливаться опытным путем с учетом следующих положений:

а) в легких бетонах плотной структуры малого объем-

ного веса (менее 1200 кг/м<sup>3</sup>) и низких марок по прочности при сжатии (до 100 включительно) оптимально выбранный режим пропаривания, как правило, обеспечивает получение прочности, близкой к марочной, сразу же после окончания тепловой обработки. Отпускная прочность таких бетонов принимается не менее 80% марочной.

Для пропаривания легких бетонов целесообразно применять форсированные режимы с интенсивным подъемом температуры (10–50 град/ч) и последующее изотермическое выдерживание при повышенной температуре 90–100°C.

При последующем твердении прочность такого бетона увеличивается весьма незначительно.

б) изделия из порозозанных легких бетонов тех же объемных весов и марок с большим модулем открытой поверхности должны подвергаться, как правило, тепловой обработке по «мягким» режимам с предварительной выдержкой до пропаривания в течение 3–4 ч и медленным подъемом температуры (до 90–100°C) со скоростью 15–20 град/ч;

в) на плотные легкие бетоны марок более 100 распространяются все основные положения пропаривания, характерные для обычновенных бетонов на тяжелых заполнителях, и режимы твердения могут назначаться в соответствии с графиками рис. 1 и 2.

При этом следует рассчитывать на получение сразу после пропаривания прочности, близкой к 70% марочной.

Последующее нарастание прочности будет происходить примерно так же, как и для тяжелого бетона.

4.20. Для снижения отпускной влажности пропаривание изделий из легких бетонов марок до 100 включительно малого объемного веса 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 прогрева в таких камерах может быть повышена (в зависимости от необходимости длительности пропаривания) до 150°C.

С этой же целью рекомендуется изделия из легких бетонов пропаривать не в ямных камерах, а в термоформах.

4.21. Для ускорения сбрасываемости форм и камер

при изготовлении изделий толщиной не менее 30 см из легких бетонов объемным весом не более 1200 кг/м<sup>3</sup>, целесообразно пропаривание изделий при 90–100°C производить лишь по достижении в центре наибольшего сечения изделия температуры 70–75°C. Этот период разогрева обычно составляет 6–8 ч и определяется лабораторией. Чем меньше объемный вес легкого бетона и больше толщина изделия, тем большее продолжительность периода разогрева.

При дальнейшем нахождении распалубленных изделий в теплом помещении с температурой среды 15–20°C в период медленного их остывания, продолжающегося 6–8 ч, прочность бетона увеличивается и достигает тех же значений, что и при обычном режиме пропаривания.

4.22. При пропаривании изделий из легких бетонов, приготовленных на пористых песках, отличающихся гидравлической активностью и содержащих большое количество наиболее активных пылевидных фракций (шлаки, золы, дробленый керамзитовый, аглоперитовый или перлитовый пески), следует использовать режимы с максимально высокой температурой изотермического прогрева с целью возможно более полного протекания реакций между активным кремнеземом пористых заполнителей и гидроокисью кальция твердеющего цементного камня и повышения прочности легкого бетона.

4.23. Поскольку прочность легкого бетона в значительной степени зависит от прочности используемого крупного пористого заполнителя, то чем меньше прочность заполнителя по отношению к проектной прочности бетона, тем в большей степени прочность бетона после пропаривания приближается к марочной и тем раньше

Таблица 4

Прочность высокопрочных легких бетонов после пропаривания при 80–90°C в % от марочной

Продолжительность изотермического периода в ч	Марка бетона		
	200	300	400
16	80	85	90
8	70	75	80
4	60	70	75

должна быть продолжительность прогаривания для получения требуемой отпускной прочности бетона.

Для высокопрочных легких бетонов на портландцементах марок 400 и 500 и заполнителях с минимальной допустимой прочностью для получения отпускной прочности бетона рекомендуется определять продолжительность изогермического выдерживания по табл. 4.

### 5. Оборудование для пропаривания изделий

5.1. Конструкции установок для тепловой обработки изделий должны обеспечить возможность создания различных тепловых режимов и их автоматическое программное регулирование.

5.2. Ограждающие конструкции всех видов установок для тепловой обработки изделий должны обеспечить надежную герметичность, достаточную прочность и необходимую теплоизоляцию.

5.3. В ямных камерах пропаривания обязательно предусматривается труба с клапаном («хлопушкой»), обеспечивающим избыточное давление 8—10 мм вод. ст.

5.4. Стены пропарочных камер периодического действия ямного типа выполняются из железобетона, обеспечивающего необходимую в процессе эксплуатации прочность, предохраняющую от механических воздействий загружаемых изделий. Толщину стен камер рекомендуется принимать не менее 300—400 мм. Стены камеры, швеллеры водяного затвора и перфорированные трубы должны быть защищены от механических воздействий.

Крышки камер должны быть паронепроницаемы, обеспечивать коэффициент теплопередачи не выше 0,5—1 ккал/м<sup>2</sup> · ч · град и иметь надежный гидравлический затвор (песочный, водяной) в местах примыкания к стенкам камеры. Крышки следует по возможности изготовлять одинаковыми по одной на каждую камеру.

Полы камер выполняются из бетона по подготовке из уплотненного материала и должны сбрасывать сток конденсата из камеры в канализацию через гидравлический затвор (сифон) с уловителями (стойниками).

5.5. Подача пара в пропарочные камеры осуществляется, как правило, через кольцевые паропроводы, укладываемые у пола. Выпуск пара из труб должен производиться вверх — в пространство между изделиями в ограждениями. При прокладке труб в борозде выпуск

пара следует осуществлять под максимально возможным углом вверх в зависимости от местных условий. Диаметр отверстий перфорированных труб должен быть в пределах 3—4 или 5 мм с соответствующим расчетным расходом пара через эти отверстия 2,4; 4,1 и 6,5 кг/ч.

Перфорированные трубы целесообразно применять из материалов, не поддающихся коррозии или с соответствующим антикоррозионным покрытием.

5.6. Переносные колпаки для покрытия отформованных на стендце изделий следует изготавливать из металлических каркасах из материалов, обеспечивающих паро- и теплоизоляцию. Размеры колпака устанавливаются с таким расчетом, чтобы зазоры между внутренней его поверхностью и опалубкой изделия были 50—100 мм.

Внутри колпака должны устанавливаться кольцевые перфорированные паропроводы. По контуру опирания колпака следует предусматривать гидравлический затвор, а в стендце под колпаком — отверстие для стока конденсата и сообщение с атмосферой.

5.7. Конструкции обогреваемой формы должны обеспечивать свободную ширкуляцию паровоздушной смеси в паровых отсеках («рубашках»). Отвод конденсата из установки следует производить в конденсатную сеть.

5.8. Для обеспечения нормальной работы установок необходимо поддерживать постоянное давление пара в системе парового теплоснабжения предприятия. Регулирование давления в системе осуществляется путем установки автоматических регуляторов давления пара «после себя».

5.9. Для повышения гидравлической (тепловой) устойчивости системы пароснабжения камер рекомендуется на паропроводе, подводящем пар в камеру, устанавливать дроссельные диафрагмы (приложение 2).

5.10. Понижение температуры среды в установках, а также изделий может осуществляться принудительной вентиляцией внутреннего пространства установки или путем естественного их остывания.

5.11. Режим тепловой обработки изделий в пропарочных камерах должен регулироваться автоматически. Для этой цели может быть применен любой проверенный на практике автоматический программный регулятор температур, например, типа ПРТЭ-2.

В исключительных случаях допускается полуавтома-

тическое регулирование режима тепловой обработки изделий.

5.12. Загрузка отформованных изделий в пропарочные камеры должна производиться так, чтобы при максимально возможном заполнении камер обеспечить возможность обтекания этих изделий паром со всех сторон, для чего оставляется зазор между изделиями и стенками камеры шириной до 5—10 см. При укладке элементов друг на друга в несколько рядов между ними при помощи специальных прокладок оставляется зазор между изделиями высотой не менее 3 см. Расстояние от пола до днища форм нижнего ряда должно быть не менее 15 см, а расстояние между потолком и верхним рядом изделий — не более 5 см.

Загрузка изделий в пропарочные камеры и выгрузка их должны быть полностью механизированы. С этой целью необходимо применять автоматические транспорты.

## 6. Контроль за производством и качеством бетона и изделий

6.1. При производстве сборных бетонных и железобетонных изделий, изготавляемых с пропариванием, следует осуществлять систематический пооперационный контроль всех производственных процессов и качества изделий в объеме, предусмотреннем действующими ГОСТами и техническими условиями.

6.2. Нормальная работа установок для тепловой обработки изделий, гарантирующая высокое качество изделий при минимальных удельных затратах пара и топлива на единицу продукции, обеспечивается систематическим наблюдением и контролем:

а) за работой всей системы парового теплоснабжения предприятия, замером давления пара в магистральных и распределительных паропроводах, подводящих пар к группе тепловых установок, с помощью сигнализирующих манометров, устанавливаемых на паропроводах после регуляторов давления пара «после себя»;

б) за состоянием ограждающих конструкций камер пропаривания, крышек камер, их затворов, переносных колпаков или паровых рубашек обогреваемых форм путем их осмотра в период между циклами теплообработки изделий с устранением всех неисправностей, вызывающих нарушение паронепроницаемости;

в) за состоянием перфорированных трубопроводов в тепловых установках (осмотром их в период между циклами загрузки камер с исправлением возможных повреждений и систематической очисткой перфорационных отверстий от ржавчины, накипи и засорений);

г) за исправной работой устройств, обеспечивающих возврат или удаление конденсата из камер пропаривания и тепловых ограждений обогреваемых форм (в кассетах, термоформах, пакетировщиках и т. д.), скопление которого нарушает нормальный температурный режим камер и циркуляцию пара;

д) за состоянием и нормальной работой программных регуляторов температуры, установленных в камерах пропаривания и в других тепловых установках, на подающих пар трубопроводах (путем систематического контроля фактического температурного режима в камерах и тепловых установках и сопоставления его с заданным режимом, осуществляемым терморегулятором). При всех замечанных дефектах в работе терморегулятора последний должен быть отключен до устранения неисправности с переводом процесса тепловой обработки на ручное управление;

е) за исправной работой системы дистанционного замера или регистрации температурного режима в камерах путем периодического (не реже одного раза в 10 дней или при подозрении на неисправность) контрольного замера температуры в камерах ртутным термометром.

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

6.3. Контроль за температурным режимом в камерах тепловой обработки и в других тепловых установках должен осуществляться, как правило, непрерывно при помощи дистанционных регистрирующих или показывающих термометров, датчики которых следует располагать в запитных нишах в средней части камеры. Как исключение, допускается замер температуры в камере ртутным термометром с 100-градусной шкалой и удлиненным капилляром, опускаемым в камеру через специальное отверстие в крышке, закрываемое пробкой. Отсчет температуры при этом должен производиться в момент нахождения ртутного баллона термометра в паровой среде камеры.

**6.4.** При наличии программных регуляторов температуры и дистанционных регистрирующих термометров проверка заданного температурного режима в камерах и установках производится оператором периодическим просмотром температурных диаграмм каждой камеры.

При программном регулировании к дистанционному замеру оператор осуществляет запись температур по каждой камере.

**6.5.** При полуавтоматическом или ручном регулировании подачи пара в камеры (установки) контроль за температурой также рекомендуется производить регистрирующими дистанционными термометрами с использованием температурных диаграмм в качестве отчетного документа. Во всех остальных случаях регулирование подачи пара по заданному температурному режиму и запись в журнал по каждой камере (установке) в отдельности производится оператором не реже чем через каждый час.

**6.6.** При всех способах контроля оператор заносит в журнал время загрузки камеры (установки), время предварительной выдержки, режим тепловой обработки, открытия крышки камеры и время выгрузки изделий из камеры. В зимнее время оператор регистрирует не реже одного раза в смену и записывает в журнал температуру воздуха в помещении, где производится распалубка изделий.

**6.7.** Прочность бетона пропаренных изделий проверяется испытанием специально изготовленных образцов из пробы бетонной смеси, отобранный в момент изготовления изделий. Форма и размер образцов для определения предела прочности бетона и метод их испытания должны соответствовать требованиям действующих ГОСТов.

Количество и частота отбора проб бетонной смеси, методы изготовления образцов и правила оценки результатов их испытания устанавливаются в технологических правилах производства изделий на каждом предприятии или в технических условиях на изделия в соответствии с действующими ГОСТами, техническими условиями, указаниями и правилами производственного контроля качества сборных железобетонных деталей и конструкций.

**Примечание.** Прочность бетона в изделиях может проверяться также и неразрушающим методами испытания (с помощью ультразвука, молотка Кашкарова и другими методами) в соответствии со специальными инструкциями и указаниями. Для легких бе-

тонов марок до 100 допускается контроль прочности производить по результатам испытания высверленных из терцов изделий кернов.

**6.8.** Для определения предела прочности бетона при скатии в изделиях, подвергаемых тепловой обработке, из каждой пробы бетонной смеси изготавливают две серии образцов-кубов соответствующего размера. В одной серии три образца-близнеца, во второй серии шесть образцов. При этом тепловая обработка контрольных образцов, устанавливаемых на форму или поддон с изделием, должна производиться одновременно.

**6.9.** После извлечения из камеры изделий и форм с образцами последние распалубливают и образцы первой серии помешают в камеру нормального твердения и в дальнейшем испытывают в возрасте 28 дней с момента их изготовления, а образцы второй серии хранят в условиях, аналогичных условиям хранения изделий до того момента, когда по технологическим правилам производства должна быть достигнута отпускная прочность бетона в изделиях в 28-суточном возрасте.

**6.10.** Если требуемая отпускная прочность бетона изделий должна быть обеспечена сразу после тепловой обработки, три образца второй серии испытывают через 4 ч с момента их распалубки (после полного остыния в комнатных условиях). По результатам таких испытаний определяют прочность бетона изделий.

**6.11.** Для специальных целей производственного контроля, например, для испытания прочности бетона в момент передачи напряжения арматуры на бетон, для определения технологической прочности бетона изделий после короткого пропаривания, для определения срока отгрузки изделий, не достигших требуемой отпускной прочности после пропаривания и т. п., должны изготавливаться и испытываться в соответствующие сроки дополнительные серии образцов, изготовленных из той же пробы бетонной смеси.

**6.12.** Для оценки принятых составов бетона и анализа технологии производства рекомендуется периодически из каждого производственного состава бетона изготавливать дополнительные серии образцов и испытывать их после 28 дней нормального твердения (без тепловой обработки), сравнивая их прочность с прочностью образцов, прошедших тепловую обработку.

**6.13.** Отгрузка потребителю изделий, прошедших

тепловую обработку, допускается не ранее достижения бетоном изделий установленной отпускной прочности.

**6.14.** Испытание других физико-механических свойств бетона изделий, прошедших тепловую обработку, кроме прочности при сжатии, если такие требования содержатся в технических условиях на изделия, производятся в соответствии с действующими ГОСТами и техническими условиями на методы физико-механических испытаний бетона. Определение морозостойкости бетона пропаренных изделий производится на образцах после их дополнительного твердения в нормальных условиях не менее 14 суток.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Оценка эффективности цемента для тепловой обработки в бетонах при температуре до 100°C

1. Для сборного железобетона, подвергаемого тепловой обработке при температуре до 100°C, может применяться портландцемент и все его разновидности.

2. Эффективность цемента при тепловой обработке определяется минералогическим составом, видом, количеством и качеством вводимых добавок, зерновым составом составляющих и т. д., причем каждая из этих характеристик в отдельности не определяет качества и свойства цемента.

Надежным критерием оценки качества цемента являются физико-механические характеристики, достигаемые при определенных условиях испытаний.

3. Выявление пригодности и эффективности цемента производится путем определения прочностных показателей стандартного раствора, изготавляемого в соответствии с ГОСТ 310-60 «Цементы, Методы физических и механических испытаний» после пропаривания по стандартному режиму.

4. В качестве стандартного принимается следующий режим пропаривания:

2 ч — выдерживание при комнатной температуре;

3 ч — подъем температуры до 80°C;

6 ч — выдерживание при 80°C;

2 ч — охлаждение (сокращенно 2+3+6+2 ч при 80°C).

Пропаривание образцов, во избежание нарушения их структуры, должно проводиться в жестких закрытых металлических формах.

Распалубка образцов производится немедленно после окончания пропаривания, а испытание не ранее 4-х часов последующего выдерживания при комнатной температуре.

Приготовление и укладка образцов производится в соответствии с ГОСТ 310-50.

5. Цементы для заводов сборного железобетона должны иметь прочность после пропаривания по стандартному режиму не ниже 70% и в 28-суточном возрасте не ниже 95% своей марочной прочности, определяемой по ГОСТ 310-60, при твердении в течение 28 суток в нормальных условиях.

6. Нормальная густота теста для цементов марок 200, 300 и 400 рекомендуется не более 26%, а для марок 500 и 600 — не более 27% (по ГОСТ 10178-52\*).

**П р и м е ч а н и е.** Увеличение нормальной густоты сверх указанных значений приводит к повышению расхода цемента, особенно при изготовлении малоподвижных и жестких бетонных смесей.

7. Остальные свойства цемента для сборного железобетона —

деление на марки, сроки схватывания, равномерность изменения объема и др.— должны удовлетворять требованиям ГОСТ 10173-62\*.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Подбор дроссельных диафрагм

Диаметр отверстия в дроссельной диафрагме определяется в зависимости от расчетного расхода пара, давления пара до диафрагмы и за диафрагмой.

Расчетный расход пара в камере в период нагрева изделий до максимальной температуры может быть определен из выражения

$$G = 0,002 (0,2 G_0 + 0,11 G_m + 0,65 G_a + G_b + 40 F_0) \times \\ \times (t_k - t_n) \frac{A}{Z} \text{ кг/ч.}$$

Теплота парообразования пара принимается равной 500 ккал/кг; теплопроводность сухих компонентов бетонной смеси, металла, дерева и воды, загружаемых в камеру, соответственно 0,2; 0,11; 0,65 и 1,0 ккал/кг·град;

$G_0$  — вес сухих компонентов бетонной смеси, загружаемых в камеру, в кг;

$G_m$  — то же, металлических форм, закладных деталей и арматуры, в кг;

$G_a$  — то же, для деревянных форм в кг;

$G_b$  — то же, затворения в изделии в кг;

$t_k, t_n$  — средние температуры бетонной смеси, форм и ограждений в конце и в начале периода нагрева;

$F_0$  — поверхность пола и стен камеры (без крышек, вес которых учен коэффициентом 40) в м<sup>2</sup>;

$A$  — коэффициент, учитывающий потери тепла через ограждения в период нагрева;

$Z$  — количество часов, в течение которых производится нагрев изделий паром до максимальной температуры.

В многосекционных ямных камерах, находящихся в здании, заглубленных в землю, при полутора-двухчасовой продолжительности перерыва между началом разгрузки камер и окончанием их загрузки, при часовой выдержке изделий в камерах без подачи пара и при отсутствии искусственного охлаждения изделий в камерах средняя расчетная начальная температура изделий и ограждений может быть принята равной 30—40°C.

При выдержке тонкостенных изделий в камере при закрытых крышках перед подачей пара в течение 1—2 ч можно считать, что температура среды, замеренная в передние камеры, равна средней расчетной начальной температуре.

Коэффициент  $A$ , учитывающий средние потери тепла в окружающую среду в период нагрева и через неплотности в притворах ограждения, может колебаться от  $A=1,1$  для ямных камер, заглубленных в землю, с крышками, имеющими тепловую изоляцию и уплотнение гидравлических затворов песком до  $A=1,3 \div 1,5$  при отдельно стоящих нагольных ямных и туннельных камерах с заметными щелями и неплотным прилеганием крышек, вентиляционных затворов и т. п.

Таблица 5

Определение диаметра отверстия или требуемого давления по заданному расходу пара (с учетом скжимаемости пара)

Давление пара до отверстия в атма	Максимальный предел давления $P$ , мат. в стволе в кг/см <sup>2</sup>	Диаметр отверстий в дроссельных диафрагмах или прорезанных трубах в мм										
		3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	25
0,02	0,07	1,3	1,9	2,9	3,1	5,2	8,2	11,7	16	22	26	33
0,04	0,04	1,3	2,3	3,6	5,2	9,2	14,3	20,6	28	36	46	51
0,06	0,06	1,3	2,6	4,1	5,9	10,5	16,5	23,6	32,1	42	57	72
0,08	0,08	1,6	2,6	4,6	6,5	11,7	18,3	26,3	35,5	47	66	79
0,1	0,1	1,7	2,9	4,6	6,6	11,7	18,3	26,3	35,5	47	73	103
0,2	0,2	2,4	4,1	6,5	9,4	16,6	26	40,2	50,5	66	84	103
0,4	0,4	3,4	6,1	9,5	13,4	24,3	37,9	53,6	73,6	97	123	151
0,6	0,6	4,2	7,1	11,4	16,9	29	45,4	65,4	88	110	147	181
0,8	0,76	4,7	8,4	13,2	19	33,8	52,8	76	102	135	171	211
1	0,85	5,3	9,4	14,7	21,2	37,8	59	85	115	151	191	236
1,2	0,93	5,7	10,2	16	23	41	64,1	92,4	125	164	208	257
1,4	1,01	6,2	11,1	17,2	24,8	44,2	69	99,4	134	177	224	276
1,6	1,1	6,8	12,1	18,9	27,2	48,5	75,6	109	147	193	245	303
1,8	1,18	7,2	12,9	20,1	29	51,6	80,6	116	157	208	262	323
2	1,27	7,7	13,6	21,3	30,7	54,6	85,4	123	166	216	368	530
2,1	1,69	10,2	18,2	28,5	41	79	114	162	220	290	377	510
2,11	2,11	12,9	22,9	33,7	54,6	82	143	206	278	366	572	893
3	3	14,2	24,8	44,2	74,8	114	162	220	290	377	572	893
4	4	17,2	29	51,6	85,4	123	166	216	368	530	733	1020

После определения расчетного расхода пара необходимо установить требуемое давление за диафрагмой.

Для предлагаемых расчетов можно считать, что требуемое давление за диафрагмой определяется в основном потерей давления пара в стврстии перфорированной трубы.

Зная расчетный расход пара, количество отверстий в перфорированной трубе и их диаметры, можно определить расход пара через одно отверстие.

По табл. 5 по соответствующему диаметру отверстия и расходу пара находят требуемое давление перед отверстиями.

Если расход пара через отверстия соответствует приведенному в п. 5.5, то давление пара за дроссельной диафрагмой равно  $0.2 atm$ .

Потеря давления в дроссельной диафрагме принимается равной разности между располагаемым давлением пара перед камерой и потерей давления в перфорированной трубе, но эта разница не может быть выше приведенной в табл. 5.

Располагаемое давление перед диафрагмой зависит от потерь давления в сети, начиная от узла ввода, з которого поддерживается постоянным заданное давление.

На действующих заводах, ранее работавших при высоком давлении пара, можно пренебречь потерей давления в сети между регулятором давления и камерами. В этом случае давление пара за регулятором можно принять равным расчетному перед дроссельной диафрагмой у каждой камеры.

Потери давления в сети легче всего учесть при настройке регулятора давления в период первичной его наладки.

Зная расход пара и давление до и за дроссельной диафрагмой, рассчитывают диаметр отверстия в ней.

Диаметр отверстия в дроссельной диафрагме может быть определен по табл. 5.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. Общая часть	4
2. Материалы	4
3. Прочность бетона при пропаривании	7
4. Режимы тепловой обработки	9
А. Общие положения	9
Б. Пропаривание в камерах	13
В. Тепловая обработка контактным способом (в кассетах и термоформах)	17
Г. Особенности пропаривания изделий из легких бетонов и пористых заполнителях	19
5. Оборудование для пропаривания изделий	22
6. Контроль за производством и качеством бетона и изделий	24
Приложение 1. Оценка эффективности цемента для тепловой обработки в бетонах при температуре до $100^{\circ}\text{C}$	29
Приложение 2. Подбор дроссельных диафрагм	30

## НИЖНЬ ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ ПАРОМ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ЗАВОДАХ И ПОЛИГОНАХ

Стройиздат

Москва, К-31, Кузнецкий мост, 9

Редактор издательства Л. Т. Калачева

Технический редактор В. Д. Павлова

Корректор А. Н. Понамарева

Сдано в набор 22/VIII 1968 г. Подписано к печати 23/XII 1968 г.  
T-15588 Бумага 84×108 $\frac{1}{2}$ , д. л. — 0,5 бум. л.  
1,68 усл. л. (уч.-изд. 1,8 л.)  
Тираж 10.000 экз. Изд. № XII—1859 Зак. № 415 Цена 9 коп.

Подольская типография Главполиграфпрома  
Комитета по печати при Совете Министров СССР  
г. Подольск, ул. Кирова, д. 25