

## ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

### БЕТОНЫ

#### Метод определения тепловыделения при твердении Concretes. Method for determination of exothermic heat in hardening

Дата введения 1982-01-01

Постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 19 июня 1980 г. № 90 срок введения установлен с 01.01.82

Переиздание. Март 1986 г.

Настоящий стандарт распространяется на цементные бетоны и устанавливает метод определения удельного тепловыделения цемента в бетоне, твердеющем в адиабатических условиях, путем установления величины подъема температуры во времени и последующего проведения необходимых расчетов.

Метод следует применять при возведении массивных сооружений, которые требуют принятия в конкретных условиях специальных мер к регулированию температурных напряжений, возникающих в результате выделения тепла цементом в твердеющем бетоне.

### 1. ИЗГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННОГО ОБРАЗЦА

1.1. Подбирают бетон реального состава, рассчитывают расход составляющих этого бетона (гравий, щебень, песок, цемент, вода, добавки) в зависимости от объема применяемых форм и готовят бетонную смесь.

Составляющие и форму с крышкой взвешивают с погрешностью до 0,1%.

### 2. АППАРАТУРА

2.1. Для установления величины подъема температуры в твердеющем бетоне применяют адиабатический калориметр, в состав которого входит следующая аппаратура:

адиабатическая камера, которая должна быть изготовлена из материала малой теплопроводности, снабжена устройством для подогрева и охлаждения воздуха в камере, вентиляторами для обеспечения непрерывного его перемешивания и устройством для автоматического поддержания адиабатического режима твердения бетонного образца с допустимым отклонением температуры среды от температуры бетона не более 0,2 °С. Допускается применение адиабатических камер с водной средой с устройством для ее охлаждения, нагрева и интенсивного перемешивания;

формы для изготовления образцов-кубов с ребром длиной 400 мм или образцов-цилиндров диаметром и высотой 400 мм. Для изготовления образцов-кубов из бетонов с заполнителем максимальной крупностью 20 и 40 мм допускается применять формы с ребром длиной 200 и 300 мм, а для изготовления образцов-цилиндров формы диаметром 200 и 300 мм. Высоту цилиндра следует принимать равной его диаметру. Теплоемкость формы не должна превышать 5% теплоемкости бетонного образца. Формы должны быть оснащены крышкой, поддоном-тележкой и кожухом;

самопишущие приборы, регистрирующие температуру бетона и в камере, которые должны обеспечивать измерение температуры до 100 °С с погрешностью не более 0,25%.

2.2. Адиабатический калориметр следует изготавливать по технической документации, утвержденной в установленном порядке.

2.3. Адиабатический калориметр через каждые три месяца и после длительной (более года) остановки следует регулировать с целью обеспечения его работы в адиабатическом режиме в соответствии с обязательным приложением 1.

2.4. Поверка приборов измерения температуры производится в соответствии с требованиями стандартов системы обеспечения единства измерений.

### 3. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ

3.1. Приготовленную бетонную смесь укладывают в форму, в центр образца вводят датчики температуры для регистрирующей и регулирующей аппаратуры и бетонную смесь вибрируют.

Датчики внутри камеры размещают на уровне центра образца. Форму с бетонной смесью закрывают крышкой, зазор между крышкой и формой уплотняют водонепроницаемой замазкой.

Примечание. Допускается в центр образца в процессе укладки и уплотнения бетонной смеси помещать медную или латунную трубку с трансформаторным маслом, в которую затем вводят датчики температуры для регистрирующей и регулирующей аппаратуры.

В калориметрах с водной средой крышка должна быть с резиновой прокладкой и прижиматься к форме болтами.

3.2. Температуру в адиабатической камере доводят до температуры испытуемой бетонной смеси.

3.3. Форму с бетонной смесью закрывают кожухом и помещают в адиабатическую камеру, которую затем плотно закрывают.

3.4. Включают автоматическое регулирующее устройство адиабатической камеры, которое обеспечивает поддержание температуры в камере, равной температуре бетона в процессе его твердения.

3.5. Включают регистрирующий прибор, который производит автоматический замер и запись температуры бетона на ленту самопишущего прибора. Начальная температура бетонной смеси должна быть замерена после ее укладки в форму не позднее 1 ч.

3.6. Замеры следует продолжать до тех пор, пока рост температуры бетона будет превышать 1 °С за 5 сут.

Могут быть установлены другие сроки проведения испытания.

### 4. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

4.1. Температуру бетона с лент регистрирующих приборов записывают в журнал в соответствии со справочным приложением 2.

Кривую подъема температуры строят в соответствии со справочным приложением 3.

4.2. Удельное тепловыделение цемента в бетоне  $q$ , кДж/кг (ккал/кг), за данный промежуток времени определяют по формуле

$$q = \frac{C_{\text{общ}}}{m_{\text{ц}}} (t - t_0),$$

где  $C_{\text{общ}} = C_{\text{б.с}} + C_{\text{ф}}$  - теплоемкость бетонной смеси и формы, кДж/К (ккал/°С);

$m_{\text{ц}}$  - масса цемента, кг;

$t_0$  - начальная температура бетонной смеси, К (°С);

$t$  - температура бетона в конце данного промежутка времени, К (°С);

$C_{\text{б.с}}$  - теплоемкость бетонной смеси, кДж/К (ккал/°С);

$C_{\text{ф}}$  - теплоемкость формы, кДж/К (ккал/°С).

4.3. Теплоемкость бетонной смеси  $C_{\text{б.с}}$  вычисляют по формуле, кДж/К

$$C_{б.с} = 0,84(m_{ц} + m_{п} + m_{щ}) + 3,76m_{в},$$

или по формуле, ккал/°С

$$C_{б.с} = 0,2(m_{ц} + m_{п} + m_{щ}) + 0,9m_{в},$$

где  $m_{п}$  - масса песка, кг;

$m_{щ}$  - масса щебня (гравия), кг;

$m_{в}$  - масса воды, кг.

Приведенная формула расчета теплоемкости может применяться, если удельные теплоемкости составляющих бетонную смесь материалов неизвестны. При наличии этих данных следует применять формулу

$$C_{б.с} = C_{у.ц}m_{ц} + C_{у.п}m_{п} + C_{у.щ}m_{щ} + 3,76m_{в} \quad \text{или}$$

$$C_{б.с} = C_{у.ц}m_{ц} + C_{у.п}m_{п} + C_{у.щ}m_{щ} + 0,9m_{в},$$

где  $C_{у.ц}$  - удельная теплоемкость цемента, кДж/(кг·К) [ккал/(кг·°С)];

$C_{у.п}$  - удельная теплоемкость песка, кДж/(кг·К) [ккал/(кг·°С)];

$C_{у.щ}$  - удельная теплоемкость щебня, кДж/(кг·К) [ккал/(кг·°С)].

4.4. Теплоемкость формы  $C_{ф}$ , кДж/К (ккал/°С), вычисляют по формуле

$$C_{ф} = C_{т.ф} \frac{m_{ф}}{2},$$

где  $C_{т.ф}$  - удельная теплоемкость материала формы, кДж/(кг·К) [ккал/(кг·°С)];

$m_{ф}$  - масса формы с крышкой, кг.

4.5. Повышение температуры бетона с поправкой на теплоемкость формы  $\Delta t$  вычисляют по формуле

$$\Delta t = \left( 1 + \frac{C_{ф}}{C_{б.с}} \right) (t - t_0).$$

4.6. Расчет удельного тепловыделения цемента в бетоне производят с погрешностью до 0,1 ккал/кг и результаты заносят в журнал (см. приложение 2).

4.7. Удельное тепловыделение цемента в бетоне, твердеющего в адиабатических условиях, определяют как среднее значение результатов испытания не менее трех образцов, изготовленных из бетона одинакового состава и имеющих одинаковую начальную температуру бетонной смеси ( $\pm 1$  °С).

4.8. Полученные данные об удельном тепловыделении цемента в бетоне следует применять при разработке мероприятий по снижению температурных напряжений в возводимых массивных сооружениях.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1  
Обязательное

### РЕГУЛИРОВКА АДИАБАТИЧЕСКОГО КАЛОРИМЕТРА

Для регулировки калориметра изготавливают образец из бетона реального состава, в котором цемент заменяют мелкодисперсным инертным материалом, или используют "старый" бетонный образец с законченным экзотермическим процессом.

Затем образец разогревают до температуры 30-40 °С и продолжают испытания в соответствии с требованиями пп.3.2-3.5 настоящего стандарта.

Адиабатический калориметр следует считать отрегулированным, если отклонение температуры образца от начальной не будет отличаться на 0,5 °С в течение 10 сут.

В случае отклонения температуры образца от начальной выше установленного уровня следует провести соответствующее регулирование приборов и испытание калориметра повторить.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2  
Справочное

**ЖУРНАЛ**  
**записи результатов опыта**

Показатель	Продолжительность опыта, сутки:					
	0	1	2	3	4	n
1. Показания термометра, К (°С)	$t_0$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_n$
2. Повышение температуры, К (°С)	0	$t_1 - t_0$	$t_2 - t_0$	$t_3 - t_0$	$t_4 - t_0$	$t_n - t_0$
3. Повышение температуры с учетом теплоемкости формы К (°С)	0	$\Delta t_1$	$\Delta t_2$	$\Delta t_3$	$\Delta t_4$	$\Delta t_n$
4. Удельное тепловыделение бетона, кДж/кг (ккал/кг)	0	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_n$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
Справочное

**КРИВАЯ ПОДЪЕМА ТЕМПЕРАТУРЫ БЕТОНА, ТВЕРДЕЮЩЕГО В АДИАБАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

**[Цемент Теплозерского цементного завода, М400 расход цемента 300 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона, начальная температура бетонной смеси 286,4 К [13,4 °С]**

