

Государственный стандарт СССР ГОСТ 24316-80
"Бетоны. Метод определения тепловыделения при твердении"
(утв. постановлением Госстроя СССР от 19 июня 1980 г. N 90)

Concrete. Methodes of the determination of exethermic heat in concrete

Срок введения 1 января 1982 г.

1. Изготовление бетонного образца

2. Аппаратура

3. Проведение испытания

4. Обработка результатов испытания

Приложение 1. Регулировка адиабатического калориметра

Приложение 2. Журнал записи результатов опыта

Приложение 3. Кривая подъема температуры бетона, твердеющего в адиабатических условиях

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

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 состав реального бетона, рассчитывают расход составляющих этого бетона (гравий, щебень, песок, цемент, вода, добавки) в зависимости от объема применяемых форм и приготавливают 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°C. 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 форм не должна превышать теплоемкость бетонного образца более чем на 5%. Формы должны быть оснащены крышкой, поддоном-тележкой и кожухом;

самопишущие приборы, регистрирующие температуру бетона и в камере, которые должны обеспечивать измерение температуры до 100°C 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. Проверка 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 испытываемой 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°C за 5 сут.

Могут быть установлены другие сроки проведения испытания.

4. Обработка результатов испытания

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 , Дж/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, Дж/К (ккал/град);

$m_{\text{ц}}$ – масса цемента, кг;

t_0 – начальная температура бетонной смеси, К (°C);

t – температура бетона в конце данного промежутка времени, К (°C);

$C_{\text{б.с}}$ – теплоемкость бетонной смеси, Дж/К (ккал/град);

$C_{\text{ф}}$ – теплоемкость формы, Дж/К (ккал/град).

4.3. Теплоемкость бетонной смеси $C_{\text{б.с}}$, Дж/К (ккал/град) вычисляют по формуле

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

где $m_{\text{ц}}$ – масса песка, кг;

$m_{\text{щ}}$ – масса щебня (гравия), кг;

$t_{\text{в}}$ – масса воды, кг.

Приведенная формула расчета теплоемкости может применяться, если удельные теплоемкости

составляющих бетонную смесь материалов неизвестны. При наличии этих данных следует применять формулу

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

где $C_{у.ц}$ - удельная теплоемкость цемента, Дж (кгхК) (ккал/кгхград);
 $C_{у.п}$ - удельная теплоемкость песка, Дж (кгхК) (ккал/кгхград);
 $C_{у.щ}$ - удельная теплоемкость щебня, Дж (кгхК) (ккал/кгхград).

4.4. Теплоемкость формы $C_{ф}$, Дж/К (ккал/град), вычисляют по формуле

$$C_{ф} = C_{т.ф} - \frac{m_{ф}}{2},$$

где $C_{т.ф}$ - удельная теплоемкость материала формы, Дж (кгхК) (ккал/кгхград);
 $m_{ф}$ - масса формы с крышкой, кг.

4.5. Повышение температуры бетона с поправкой на теплоемкость формы дельта t вычисляют по формуле

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

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 различную начальную температуру бетонной смеси.

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 реального состава бетона, в котором цемент заменяют мелкодисперсным инертным материалом, или используют старый бетонный образец с законченным экзотермическим процессом.

Затем образец разогревают до температуры 30-40°C 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°C 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:		

n	0	1	2	3	4
1. Показания термометра, К (°C) t_n	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4
2. Повышение температуры, К (°C) t_4-t_0 t_n-t_0	0	t_1-t_0	t_2-t_0	t_3-t_0	t_4-t_0
3. Повышение температуры с учетом дельта дельта дельта дельта теплоемкости формы К (°C) t_4 t_n	t_0	дельта t_1	дельта t_2	дельта t_3	дельта t_4
4. Удельное тепловыделение бетона, q_4 q_n Дж/кг (ккал/кг)	0	q_1	q_2	q_3	q_4

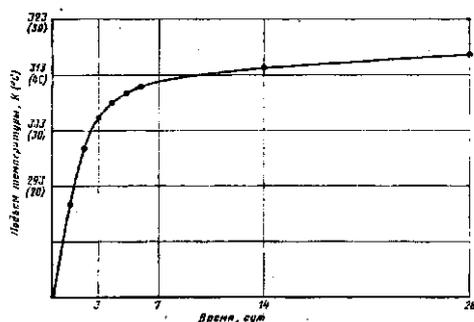
**Приложение 3
Справочное**

Кривая подъема температуры бетона, твердеющего в адиабатических условиях

(Цемент Теплозерского цементного завода, М400, расход цемента 300 кг на 1 м³ бетона, начальная температура бетонной смеси 286,4 К (13,4°С)

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

(Цемент Теплозерского цементного завода, М400, расход цемента 300 кг на 1 м³ бетона, начальная температура бетонной смеси 286,4 К (13,4°С)



"Кривая подъема температуры бетона, твердеющего в адиабатических условиях"