



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

## БЕТОНЫ

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ  
(ВЯЗКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ) ПРИ СТАТИЧЕСКОМ  
НАГРУЖЕНИИ

ГОСТ 29167—91

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И ИНВЕСТИЦИЯМ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

## БЕТОНЫ

Методы определения характеристик трещиностойкости  
(вязкости разрушения) при статическом нагружении

ГОСТ  
29167-91

Concretes. Methods for determination  
of fracture toughness characteristics

Дата введения 01.07.92

Настоящий стандарт распространяется на бетоны всех видов (кроме ячеистых), применяемых в строительстве, и устанавливает методы их испытаний для определения силовых и энергетических характеристик трещиностойкости при статическом кратковременном нагружении.

Требования настоящего стандарта являются рекомендуемыми.

Обозначения, применяемые в настоящем стандарте, приведены в приложении 1. Пояснения к терминам приведены в приложении 2.

### 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Характеристики трещиностойкости определяют при равновесных и неравновесных механических испытаниях.

Равновесные испытания на стадии локального деформирования образца характеризуются обеспечением адекватности изменения внешних сил внутренним усилиям сопротивляемости материала с соответствующим статическим развитием магистральной трещины.

Неравновесные испытания характеризуются потерей устойчивости процесса деформирования образца в момент локализации деформации по достижении максимальной нагрузки, с соответствующим динамическим развитием магистральной трещины.

1.2. Для определения характеристик трещиностойкости испытывают образцы с начальным надрезом. При равновесных испытаниях записывают диаграмму  $F—V$ ; при неравновесных испытаниях фиксируют значение  $F_c^*$ .

Допускается проведение равновесных испытаний с фиксацией текущих размером развивающейся магистральной трещины ( $a_{ij}$ ) и соответствующих значений прилагаемой нагрузки ( $F_{ij}$ ) согласно приложению 3.

1.3. По результатам испытаний определяют следующие основные силовые — в терминах коэффициентов интенсивности напряжений ( $K$ ), энергетические — в терминах удельных энергозатрат ( $G$ ) и джей-интеграла ( $J$ ), характеристики трещиностойкости:  $K_{ce}$ ,  $K_c^*$ ,  $K_{is}$ ,  $G_F$ ,  $G_j$ ,  $G_{ce}$ ,  $J_i$ ,  $\chi_F^c$ .

Значения  $R_{bt}$ ,  $R_{bif}$ ,  $E_b$  определяют по приложению 4.

1.4. Определяемые по настоящему стандарту характеристики трещиностойкости (наряду с другими характеристиками механических свойств) используют для:

сравнения различных вариантов состава, технологических процессов изготовления и контроля качества бетонов;

сопоставления бетонов при обосновании их выбора для конструкций;

расчетов конструкций с учетом их дефектности и условий эксплуатации;

анализа причин разрушений конструкций.

## 2. ОБРАЗЦЫ

2.1. Для определения характеристик трещиностойкости при равновесных испытаниях применяют образцы типа 1 — для испытаний на изгиб (черт. 1).

2.2. Для определения характеристик трещиностойкости при неравновесных испытаниях применяют образцы типов 1 — для испытаний на изгиб (черт. 1), 2 — для испытаний на осевое растяжение (черт. 2), 3 — для испытаний на внецентренное сжатие (черт. 3), 4 — для испытаний на растяжение при раскалывании (черт. 4).

2.3. Соотношение размеров и схемы нагружения образцов приведены на черт. 1—4.

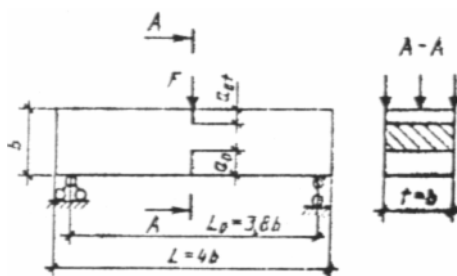
Минимальные размеры образцов и размеры начальных надрезов принимают по таблице в зависимости от размера зерна заполнителя  $d_{am}$ .

2.4. Начальные надрезы наносят при помощи режущего инструмента или при формовании образцов путем закладывания фольги либо латунной (или стальной) пластины.

Ширина начального надреза не должна превышать  $0,5 d_{am}$  и быть не более 2 мм.

2.5. Образцы для испытаний изготавливают по ГОСТ 10180 сериями не менее чем из четырех образцов-близнецов каждая, либо выбуривают (выпиливают) из изделий, конструкций, сооружений по ГОСТ 28570.

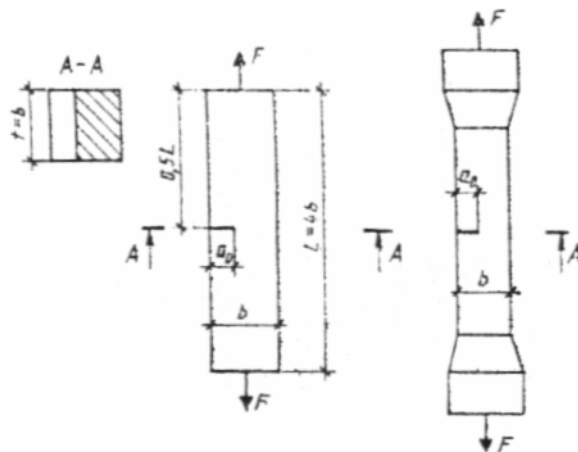
Тип 1



Образец — призма квадратного поперечного сечения для испытания на изгиб силой  $F$  в середине пролета.

Черт. 1

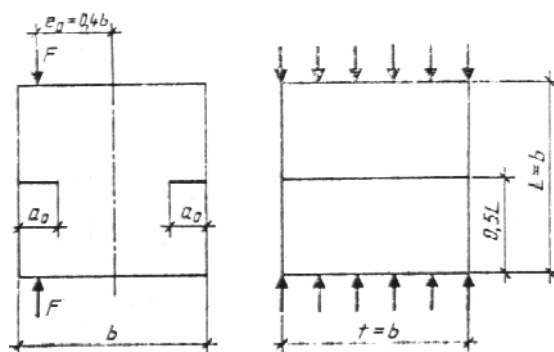
Тип 2



Образец — призма квадратного поперечного сечения для испытания на осевое растяжение силой  $F$ .

Черт. 2

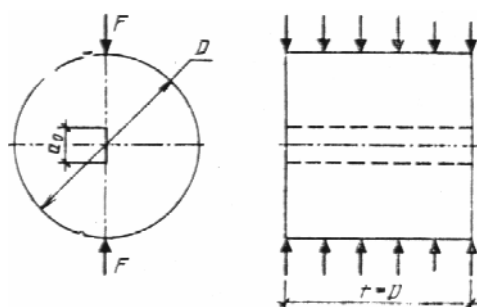
Тип 3



Образец — куб для испытаний на внецентренное сжатие силой  $F$ .

Черт. 3

Тип 4



Образец — цилиндр для испытаний на растяжение при раскалывании.

Черт. 4

Примечание к черт. 1—4. Обозначения приведены в приложении 1, размеры образцов — в таблице.

мм

Максимальный размер зерна заполнителя $d_{am}$	Размеры образцов							
	Тип 1		Тип 2		Тип 3		Тип 4	
Менее 1,25	40	10/5	40	15	40	10	100	30
1,25 — 5,0	70	25/5	70	25	70	15	100	30
5,0 — 10,0	100	35/5	100	45	100	25	100	30
10,0 — 20,0	150	50/10	150	60	150	35	200	60
20,0 — 40,0	200	70/10	200	80	200	50	200	60
40,0 — 60,0	300	100/15	300	120	300	75	400	120
60,0 — 80,0	400	140/20	400	160	—	—	400	120

Примечание. При неравновесных испытаниях образца типа 1 допускается не образовывать верхний надрез ( $a_{0r} = 0$ ).

2.6. Для изготовления образцов используют оборудование по ГОСТ 10180 и ГОСТ 28570.

2.7. Условия твердения образцов после изготовления принимают по ГОСТ 18105.

### 3. ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

3.1. Перечень оборудования и его характеристики для изготовления образцов всех типов и их испытаний для определения характеристик трещиностойкости при неравновесных испытаниях принимают по ГОСТ 10180 и ГОСТ 28570.

3.2. Для определения характеристик трещиностойкости при равновесных испытаниях образцов типа 1 используют испытательное оборудование согласно приложению 5; при этом средства измерения должны обеспечивать непрерывную двухкоординатную запись диаграммы  $F-V$  в соответствии со схемой коммутации аппаратуры согласно приложению 6.

3.3. Допускается использование других средств измерения, оборудования и приспособлений, если их технические характеристики удовлетворяют требованиям ГОСТ 10180 или ГОСТ 28570 и приложению 5 настоящего стандарта.

3.4. Правила поверки и аттестации средств измерения и испытательного оборудования принимают по ГОСТ 10180.

### 4. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

4.1. При проведении испытаний температура окружающей среды должна составлять  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , а относительная влажность — не менее 50 %.

4.2. Линейные размеры образцов измеряют с погрешностью не выше 1 мм, их перемещения — 0,01 мм, а усилия, действующие на образец, — не более 1 % измеряемого максимального усилия.

4.3. Перед началом испытаний следует провести два цикла нагружения — разгружения до нагрузки, составляющей 10 % ожидаемой максимальной нагрузки.

4.4. Скорость нагружения образцов устанавливают по скорости перемещения нагружающей плиты пресса в пределах 0,02—0,2 мм/с; при этом время испытаний должно составлять не менее 1 мин.

4.5. При равновесных испытаниях образцы типа 1 нагружают непрерывно до их разделения на части с фиксацией полной диаграммы состояния материала  $F-V$  (черт. 5, кривая  $OTCDE$ ).

Для определения значений  $K_{cs}$ ,  $G_{ce}$  на стадии локального деформирования производят 5—7 кратковременных разгрузений образцов для определения направления линий разгрузок (например, линия  $XX''$  на черт. 6) с фиксацией полной диаграммы состояния материала  $F-V$  (черт. 6, кривая  $OTCXDE$ ).

При равновесных испытаниях образцов типа 1 с  $b \geq 200$  мм производят поправку на массу образца и дополнительного оборудования согласно приложению 7.

4.6. При неравновесных испытаниях образцы типов 1—4 нагружают непрерывно вплоть до их разделения на части с фиксацией значения  $F_c^*$ .

### 5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

#### 5.1. Определение характеристик трещиностойкости по результатам равновесных испытаний образцов типа 1.

5.1.1. Полную диаграмму состояния трансформируют в расчетную и производят дополнительные построения (черт. 5):

а) с начала прямолинейного нисходящего участка диаграммы, то есть из точки  $D$ , где выполняется условие  $(dF/dV) \sim \text{const}$ , проводят отрезок  $DK$ , перпендикулярный оси  $OV$ ;

б) фиксируют расчетную диаграмму  $OTCDK$ ;

в) из точки  $C$  опускают перпендикуляр  $CH$  к оси  $OV$  и линию  $CA$ , параллельную упругой линии  $OT$ ;

г) определяют величину отрезка  $OM$  из выражения (1):

$$V_{ui}^c = V_e \frac{1 + 2,8\varphi^2}{1 + 2,8\varphi^2 + 6\varphi \left[ \left( \frac{\lambda}{1 - \lambda} \right)^2 \times \right.} \rightarrow$$
$$\left. \times (5,58 - 19,57\lambda + 36,82\lambda^2 - 34,94\lambda^3 + 12,77\lambda)^4 \right], \quad (1)$$

д) из точки  $M$  восстанавливают перпендикуляр  $MC_u^c$  к оси  $OV$  до пересечения с линией  $CC_u^c$ , параллельной оси  $OV$ . Точку  $O$  соединяют с точкой  $C_u^c$  отрезком  $OC_u^c$ ;

с) для определения величин  $K_c$ ,  $G_{ce}$  из расчетной полной диаграммы построением выделяют полную упругую диаграмму  $OTC'X'O$  (черт. 6), для чего используют направления линии разгрузок, например, точку разгрузки  $X$  переносят по линии, параллельной оси  $OV$ , в положение  $X'$  на величину, равную  $V_x$ .

5.1.2. Расчетным путем или планиметрированием определяют энергозатраты на отдельные этапы деформирования и разрушения образца, а именно:  $W_m$ ,  $W_e$ ,  $W_l$ ,  $W_{ui}$ ,  $W_{ce}$ , соответственно численно равные площадям фигур  $OTCA$ ,  $ACH$ ,  $HCDK$ ,  $OC_u^c$   $M$  на черт. 5 и  $OTC'X'O$  на черт. 6.

5.1.3. Расчетным путем определяют значения силовых и энергетических характеристик трещиностойкости по зависимостям:

$$G_i = \frac{W_m + W_e}{t(b - a_0 - a_{0t})}; \quad (2)$$

$$G_F = \frac{W_e + W_l}{t(b - a_0 - a_{0t})}; \quad (3)$$

$$G_{ce} = \frac{W_{ce}}{t(b - a_0 - a_{0t})}; \quad (4)$$

$$J_i = \frac{W_m + W_e - W_{ui}^c}{t(b - a_0 - a_{0t})}; \quad (5)$$

$$K_i = \sqrt{G_i E_b}; \quad (6)$$

$$K_c = \sqrt{G_{se} E_b}; \quad (7)$$

$$\chi_F^c = \frac{G_F E_b}{R_{bt}^2}. \quad (8)$$

5.2. Характеристики трещиностойкости  $K_c^*$  по результатам неравновесных испытаний образцов типов 1—4 определяют по зависимостям (9—12):

— для образца типа 1:

$$K_c^* = \frac{3F_c^* L_0}{2b^{1/2} t} \sqrt{a_0 b} (1,93 - 3,07\lambda + 14,53\lambda^2 - 25,11\lambda^3 + 25,8\lambda^4); \quad (9)$$

— для образца типа 2:

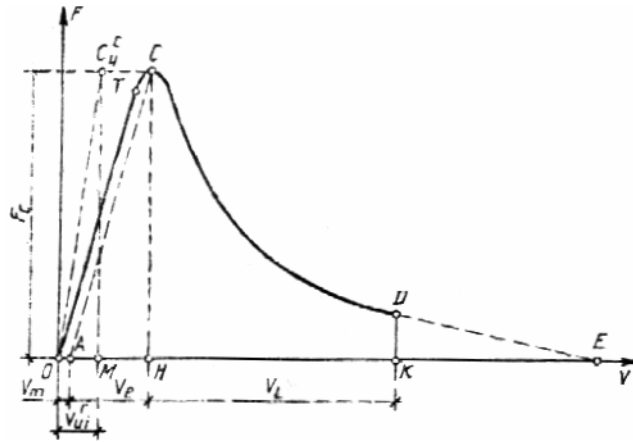
$$K_c^* = \frac{F_c^*}{b^{1/2} t} \sqrt{\frac{\pi \lambda}{1 - \lambda^3}}, \quad (10)$$

— для образца типа 3:

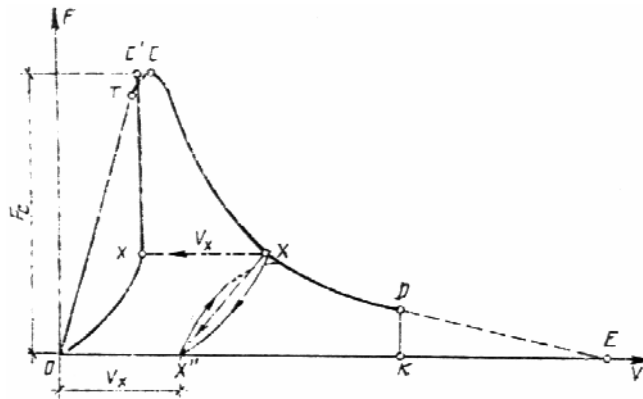
$$K_c^* = \frac{F_c^*}{b^{1/2} t} (1,83\lambda^{1/2} - 430\lambda^{3/2} + 3445\lambda^{5/2} - 11076\lambda^{7/2} + 12967\lambda^{9/2}), \quad (11)$$

— для образца типа 4:

$$K^* = \frac{F_c^*}{D^{1/2}t} \sqrt{\frac{2(a_0/D)}{\pi[1-(a_0/D)]}} \quad (12)$$



Черт. 5



Черт. 6

ПРИЛОЖЕНИЕ 1  
Обязательное

ОБОЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН

- $K$  — коэффициент интенсивности напряжений, МПа·м<sup>0,5</sup>.
- $K_e$  — критический коэффициент интенсивности напряжений при максимальной нагрузке, МПа·м<sup>0,5</sup>.
- $K_i$  — статический критический коэффициент интенсивности напряжений, МПа·м<sup>0,5</sup>.
- $K_c^*$  — условный критический коэффициент интенсивности напряжений, МПа·м<sup>0,5</sup>.
- $K_{ij}$  — текущие значения коэффициентов интенсивности напряжений при поэтапном равновесном нагружении образцов, МПа·м<sup>0,5</sup>.
- $G$  — удельные энергозатраты, МДж/м<sup>2</sup>.
- $G_i$  — удельные энергозатраты на статическое разрушение до момента начала движения магистральной трещины, МДж/м<sup>2</sup>.
- $G_F$  — удельные эффективные энергозатраты на статическое разрушение, МДж/м<sup>2</sup>.
- $G_{ce}$  — полные удельные упругие энергозатраты на статическое деформирование образцов до деления на части, МДж/м<sup>2</sup>.
- $J$  — джей-интеграл, МДж/м<sup>2</sup>.
- $J_i$  — статический джей-интеграл, МДж/м<sup>2</sup>.

$\chi_F^c$	— критерий хрупкости, м.
$W$	— энергозатраты, МДж.
$W_m$	— энергозатраты на процессы развития и слияния микротрещин до формирования магистральной трещины статического разрушения, МДж.
$W_e$	— энергозатраты на упругое деформирование до начала движения магистральной трещины статического разрушения, МДж.
$W_l$	— энергозатраты на локальное статическое деформирование в зоне магистральной трещины, МДж.
$W_{ui}^c$	— расчетные энергозатраты на упругое деформирование сплошного образца, МДж.
$W_{ce}$	— полные упругие энергозатраты на статическое деформирование до деления на части, МДж.
$F$	— нагрузка, действующая на образец в процессе испытания, МН.
$F_c$	— нагрузка, соответствующая статическому началу движения магистральной трещины при равновесных испытаниях, МН.
$F_c^*$	— нагрузка, соответствующая динамическому началу движения магистральной трещины при неравновесных испытаниях, МН.
$F_s$	— нагрузка, соответствующая массе образца и дополнительного оборудования, МН.
$F_{ij}$	— текущие значения действующей на образец нагрузки при его поэтапном равновесном нагружении, МН
$V$	— перемещения образца, м.
$V_e$	— перемещения, соответствующие упругим деформациям образца, м.
$V_m$	— перемещения, соответствующие необратимым деформациям образца, м.
$V_l$	— перемещения, соответствующие локальным деформациям образца в зоне магистральной трещины, м.
$V_{ui}^c$	— расчетное значение перемещений сплошного образца, соответствующее моменту начала движения магистральной трещины в образце с начальным надрезом, м.
$a_0, a_{0t}$	— длина начального надреза, м.
$a_{ij}$	— текущие значения длины магистральной трещины при поэтапном равновесном нагружении образца, м.
$e_0$	— начальный эксцентриситет приложения нагрузки, м.
$b, t, L_0, L, D$	— размеры образцов, м.
$\varphi = b/L_0$	— относительная высота образца.
$\lambda = (a_0 + a_{0t})/b$	— относительная длина начального надреза.
$d_{am}$	— максимальный размер заполнителя, м.
$m_1, m_2$	— масса образца и дополнительного оборудования, кг.
$g = 9,81$	— ускорение свободного падения, м/с <sup>2</sup> .
$\operatorname{tg}\alpha$	— тангенс угла наклона восходящего упругого участка диаграммы.
$E_l$	— единичный модуль упругости, МПа.
$E_b$	— модуль упругости, МПа.
$R_{bt}$	— прочность на осевое растяжение, МПа.
$R_{btf}$	— прочность на растяжение при изгибе, МПа.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 2*  
*Справочное*

### ТЕРМИНЫ И ПОЯСНЕНИЯ

Термин	Пояснение
1. Трещиностойкость (вязкость разрушения) бетона	Способность бетона сопротивляться началу движения и развитию трещин при механических и других воздействиях
2. Трещина	Полость, образованная без удаления материала двумя соединенными внутри тела поверхностями, которые при отсутствии в нем напряжений удалены друг от друга на расстояния, во много раз меньше протяженности самой полости
3. Магистральная трещина	Трещина, протяженность которой превосходит размеры структурных составляющих материалов и

4. Коэффициент интенсивности напряжений $K$	областей самоуравно-вешенных напряжений и по поверхностям которой произойдет деление образца на части Величина, определяющая напряженно-деформированное состояние и смещения вблизи вершины трещины, независимо от схемы нагружения, формы и размеров тела и трещины
5. Условный коэффициент интенсивности напряжений $K^*$	Значение $K$ , вычисленное через действующую на образец нагрузку и исходную длину трещины $a_0$ по формулам для упругого тела
6. Удельные энергозатраты $G$	Величина, характеризующая удельные (относительно эффективной рабочей площади поперечного сечения образца) энергозатраты на различные этапы деформирования и разрушения
7. $J$ -интеграл	Величина, характеризующая работу пластической деформации и разрушения, а также поле напряжений и деформаций при упругопластическом деформировании вблизи вершины трещины (аналогично коэффициенту интенсивности напряжений $K$ )
8. Условный критический коэффициент интенсивности напряжений $K_c^*$	Значение $K^*$ , определяемое при неравновесных испытаниях образцов типов 1—4 по нагрузке, равной $F_c^*$ , и начального надреза образца $a_0$ , условно характеризующее критическое состояние материала при динамическом начале движения магистральной трещины
9. Статический критический коэффициент интенсивности напряжений $K_i$	Значение $K$ , определяемое при равновесных испытаниях образцов типов 1, 5, 6 по $G_i$ и $E_b$ , характеризующее критическое состояние материала при статическом начале движения магистральной трещины
10. Критический коэффициент интенсивности напряжений $K_c$	Значение $K$ , определяемое при равновесных испытаниях образцов типа 1 по $G_{ce}$ и $E_b$ , инвариантно характеризующее состояние материала при динамическом начале движения магистральной трещины
11. Удельные энергозатраты на начало статического разрушения $G_i$	Значение $G$ , определяемое при равновесных испытаниях образцов типа 1 по диаграмме $F—V$ , характеризующее удельные энергозатраты на начало статического разрушения
12. Удельные эффективные энергозатраты на статическое разрушение $G_F$	Значение $G$ , определяемое при равновесных испытаниях образцов типа 1 по диаграмме $F—V$ , характеризующее удельные энергозатраты на статическое разрушение
13. Полные удельные упругие энергозатраты на статическое деформирование до деления на части $G_{ce}$	Значение $G$ , определяемое при равновесных испытаниях образцов типа 1 по диаграмме $F—V$ , характеризующее удельные энергозатраты на разрушение
14. Статический джей-интеграл	Значение $J$ , определяемое при равновесных испытаниях образцов типа 1 по диаграмме $F—V$ , характеризующее поле напряжений и деформаций вблизи вершины магистральной трещины при начале ее движения
15. Критерий хрупкости $\chi_F^c$	Характеристика хрупкости материала

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
Рекомендуемое

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ  
ПРИ РАВНОВЕСНЫХ ИСПЫТАНИЯХ ОБРАЗЦОВ  
С ФИКСАЦИЕЙ РАЗМЕРОВ  
РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ МАГИСТРАЛЬНОЙ ТРЕЩИНЫ  
И СООТВЕТСТВУЮЩИХ ЗНАЧЕНИЙ ПРИЛАГАЕМОЙ НАГРУЗКИ**

1. Для определения характеристик трещиностойкости производят поэтапное нагружение (с выдержками продолжительностью 60—120 с и фиксацией текущих значений  $F_{ij}$  и  $a_{ij}$ ) образцов типов: 5



— для испытаний на осевое сжатие (черт. 7); 6 — для испытаний на растяжение при внецентренном сжатии (черт. 8).

2. Соотношение размеров и схемы нагружения образцов приведены на черт. 7, 8.

Минимальные размеры образцов: типа 5— $b \geq 12 d_{am}$ ;

типа 6— $b \geq 15 d_{am}$ .

3. Для определения значений величин  $a_{ij}$  применяют капиллярный и оптический способы.

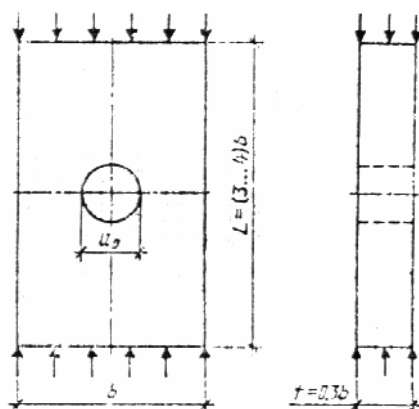
Капиллярный способ основан на эффекте капиллярной адсорбции подкрашенных, люминесцирующих или быстроиспаряющихся жидкостей в трещины. На поверхность образца наносят кистью ацетон, который испаряется с поверхности быстрее, чем из трещины, что позволяет идентифицировать длину развивающейся магистральной трещины.

Оптический способ основан на использовании средств оптической микроскопии; следует применять микроскопы с не менее чем 20-кратным увеличением по ГОСТ 8074.

#### 4. Определение характеристик трещиностойкости

4.1. Для каждого этапа нагружения определяют значение  $K_{ij}$  по зависимостям:

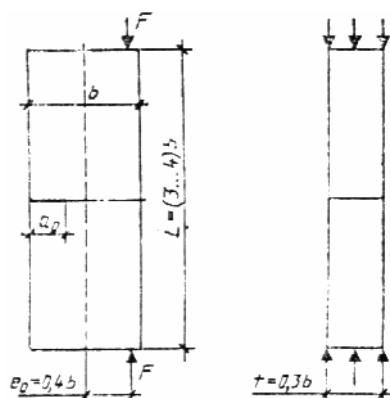
##### Тип 5



Образец — призма прямоугольного поперечного сечения для испытаний на осевое сжатие.

Черт. 7

##### Тип 6



Образец — призма прямоугольного поперечного сечения для испытаний на растяжение при внецентренном сжатии.

Черт. 8

Примечание к черт. 7 и 8. Обозначения приведены в приложении 1, размеры образцов — в приложении 3. — для образца типа 5.

$$K_{ij} = \frac{F_{ij}\pi^{1/2}}{tb^{1/2}}(1+2\lambda) \left[ 2(1+2\lambda+2\lambda^2)^2 \sqrt{\frac{2(1+2\lambda)}{1-(1+2\lambda)^4}} \right]^{-1}; \quad (13)$$

— для образца типа б.

$$K_{ij} = \frac{F_{ij}\lambda^{1/2}}{tb^{1/2}} \left( \frac{6e_\theta}{b} y_1 - y_2 \right), \quad (14)$$

$$\text{где } y_1 = 1,99 - 2,17\lambda + 12,97\lambda^2 - 23,17\lambda^3 + 24,8\lambda^4; \quad (15)$$

$$y_2 = 1,99 - 0,41\lambda + 18,7\lambda^2 - 38,48\lambda^3 + 53,85\lambda^4; \quad (16)$$

$$\lambda = a_{ij} / b \quad (17)$$

4.2. По результатам п. 4.1. строят зависимость  $K_{ij}$ — $a_{ij}$ ; за величину  $K_i$  принимают среднее значение  $K_{ij}$  на участке зависимости, где тангенс угла ее наклона отличается от нуля не более чем на 8 %.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
Рекомендуемое

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ НА РАСТЯЖЕНИЕ И НАЧАЛЬНОГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ

1. Значение  $R_{bt}$  определяют при равновесных испытаниях образцов типа 1 и типов 5, 6 (согласно приложению 3) по зависимости

$$R_{bt} = (0,77 K_i) / \sqrt{2,6\pi d_{am}}. \quad (18)$$

2. Значение  $R_{btf}$  определяют при равновесных испытаниях образцов типа 1 по зависимости

$$R_{btf} = \frac{3F_c L_0}{2b(h-a_0-a_{0t})^2 [(1-\lambda)^2 (1,93 - \rightarrow \\ \rightarrow -3,07\lambda + 14,53\lambda^2 - 25,11\lambda^3 - 25,8\lambda^4)]}. \quad (19)$$

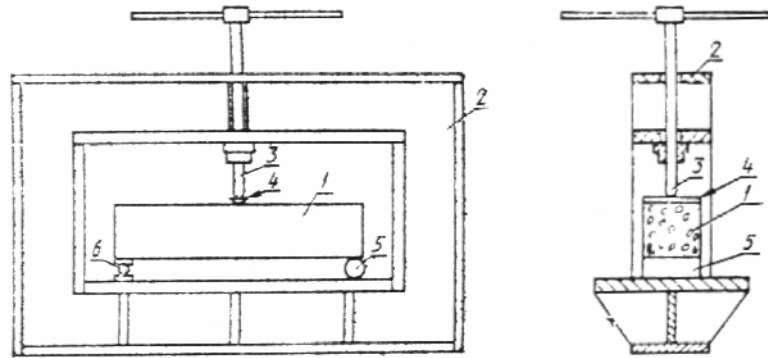
3. Значение  $E_b$  определяют при равновесных испытаниях образцов типа 1 с  $\lambda \sim 0,1$ — $0,5$  по зависимости

$$E_b = \frac{E_1 L_0^3 \text{tg} \alpha}{4tb^3} \left\{ \frac{3\lambda(4\lambda^2 - 5\lambda + 2)}{(1-\lambda)^2} + \right. \\ \left. + (1-2\lambda)^3 - 12[\lambda^2 + 2\lambda + 2\ln(1-\lambda)] \right\}. \quad (20)$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 5  
Обязательное

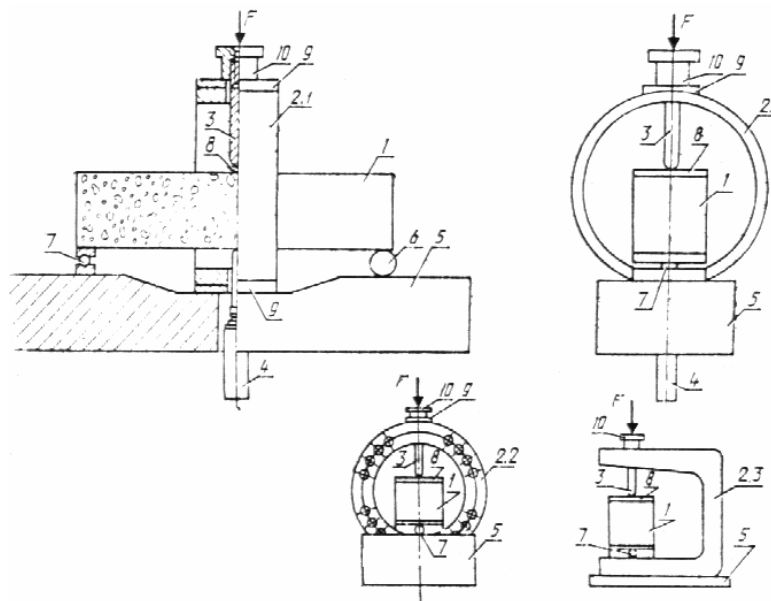
#### ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ПРИ РАВНОВЕСНЫХ ИСПЫТАНИЯХ ОБРАЗЦОВ ТИПА 1

Для определения характеристик трещиностойкости при равновесных испытаниях образцов типа 1 используют специальные испытательные машины со следящей системой и быстродействующей обратной связью или испытательные машины, обладающие высокой жесткостью (не менее чем в два раза превышающей начальную жесткость образца (черт. 9), или стандартные испытательные машины по п. 3.1, оборудованные дополнительным перераспределяющим устройством (черт. 10) типа «кольцо», включающим в себя: силовой элемент — кольцо; нагружающий силоизмеритель — шток; датчик перемещения; опорную плиту с шарнирной и роликовой опорами. Испытания рекомендуется проводить на установке ПРДД-3 экспериментального объединения «Реконструкция», которое распространяет чертежи, методики аттестации и поставяет оборудование.



1 — образец; 2 — загружающее устройство; 3 — нагружающий винтовой силоизмерительный шток; 4 — распределительная балка; 5 — роликовая опора; 6 — шарнирная опора

Черт. 9



1 — образец; 2 — дополнительное перераспределяющее устройство типа: «кольцо» (2.1), «кольцо в кольце» (2.2), «скоба» (2.3); 3 — нагружающий силоизмерительный шток; 4 — датчик перемещений; 5 — станина; 6 — роликовая опора; 7 — шарнирная опора; 8 — распределительная балка; 9 — фиксирующие накладки; 10 — фиксатор нагружающего силоизмерительного штока

Черт. 10

## ПОПРАВКА НА МАССУ ОБРАЗЦА И ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

При равновесных испытаниях образцов типа 1 с  $b \geq 200$  мм перед определением характеристик трещиностойкости производят поправку на массу образца и распределительную балку.

Для этого полную диаграмму состояния материала (кривая  $STCDA$  на черт. 11) трансформируют в расчетную (кривая  $OSTCDK$ ) следующим образом:

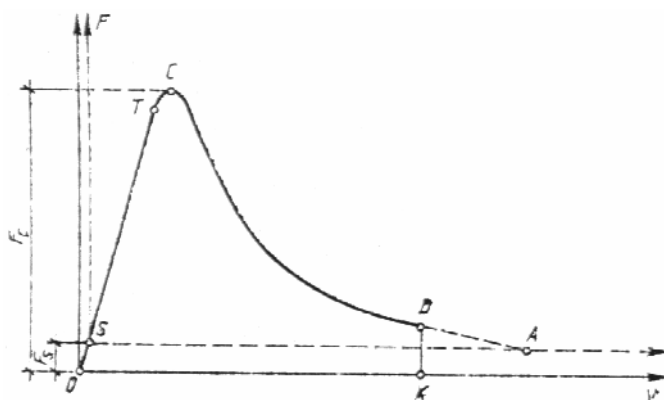
точку  $S$  по упругой линии  $ST$  переносят в положение точки  $O$  на величину  $F_s$ , откладываемую на оси  $F$ , равную

$$F_s = [m_1(L_0 / L) - m_2]g, \quad (21)$$

проводят оси  $OF$  и  $OV$ , параллельные соответственно  $SF$  и  $SV$ ;

с начала прямолинейного нисходящего участка диаграммы, то есть из точки  $D$ , где выполняется условие  $(dF/dV) \sim \text{const}$  проводят отрезок  $DK$ , перпендикулярный оси  $OV$ ;

фиксируют расчетную диаграмму  $OSTCDK$ .



Черт. 11

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

**РАЗРАБОТАН** Научно исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим институтом бетона и железобетона (НИИЖБ) Госстроя СССР, Министерством энергетики и электрификации СССР, Министерством высшего и среднего специального образования СССР

### РАЗРАБОТЧИКИ

**Е. А. Гузев**, д-р техн. наук; **В. В. Жуков**, д-р техн. наук; **Л. А. Сейланов**, канд. техн. наук; **В. И. Шевченко**, д-р техн. наук; **Ю. В. Зайцев**, д-р техн. наук; **Л. П. Трапезников**, д-р техн. наук; **Р. Л. Серых**, д-р техн. наук; **М. И. Бруссер**, канд. техн. наук; **И. М. Дробященко**, канд. техн. наук; **Л. Н. Зикеев**, канд. техн. наук; **К. Л. Ковлер**, канд. техн. наук; **В. Ю. Ляпин**; **А. П. Пак**, канд. техн. наук; **А. М. Юдилевич**; **Х. М. Виркус**, канд. техн. наук; **Э. Х. Варес**, **Л. П. Орендлихер**, д-р техн. наук; **А. В. Лужин**, д-р техн. наук; **Г. М. Первушин**, канд. техн. наук; **А. А. Ашбаров**, канд. техн. наук; **А. Б. Пирадов**, д-р техн. наук; **К. А. Пирадов**, канд. техн. наук; **Е. Н. Пересыпкин**, д-р техн. наук; **В. П. Крамской**, канд. техн. наук; **Б. Ф. Турукалов**, канд. техн. наук; **В. В. Панасюк**, акад. АН УССР; **С. Я. Ерема**, канд. техн. наук; **Л. Т. Бережницкий**, канд. техн. наук; **И. И. Лучко**, канд. техн. наук; **В. М. Чубриков**, канд. техн. наук; **В. И. Ягуст**, канд. техн. наук; **А. И. Марков**, канд. техн. наук; **Р. О. Красновский**, канд. техн. наук; **В. В. Арончик**, канд. техн. наук; **Т. С. Петцольд**, д-р техн. наук; **С. Н. Леонович**, канд. техн. наук; **С. Т. Андросов**, канд. техн. наук; **И. С. Кроль**; **А. К. Торгачев**; **А. М. Поплавский**; **В. И. Воробьев**; **С. А. Шейкин**; **С. П. Абрамова**; **И. Н. Нагорняк**

**2. ВНЕСЕН** Министерством энергетики и электрификации СССР

**3. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** постановлением Государственного комитета по строительству и инвестициям от 25.11.91 № 13

**4. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, приложения
ГОСТ 8074—82	Приложение 3
ГОСТ 10180—90	2.5, 2.6, 3.1, 3.3, 3.4
ГОСТ 18105—86	2.7
ГОСТ 28570—90	2.5, 2.6, 3.1, 3.3