

---

**МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ**

---

**БЕТОНЫ****МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ  
(ВЯЗКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ)  
ПРИ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ****ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ  
Москва**

---

**МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ**

---

**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.

**Содержание**

- [1 Общие положения](#)
- [2 Образцы](#)
- [3 Испытательное оборудование](#)
- [4 Проведение испытаний](#)
- [5 Обработка результатов](#)
- [Приложение 1 \(обязательное\) Обозначение величин](#)
- [Приложение 2 \(справочное\) Термины и пояснения](#)
- [Приложение 3 \(рекомендуемое\) Определение характеристик трещиностойкости при равновесных испытаниях образцов с фиксацией размеров развивающейся магистральной трещины и соответствующих значений прилагаемой нагрузки](#)
- [Приложение 4 \(рекомендуемое\) Определение предела прочности на растяжение и начального модуля упругости](#)
- [Приложение 5 \(обязательное\) Испытательное оборудование для определения характеристик трещиностойкости при равновесных испытаниях образцов типа 1](#)

## 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:  $K_c$ ,  $K_{Ic}^*$ ,  $K_{IIc}$ ,  $G_F$ ,  $G_j$ ,  $G_{ce}$ ,  $J_i$ ,  $J_{Ic}$ .

Значения  $R_{bt}$ ,  $R_{btf}$ ,  $E_b$  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

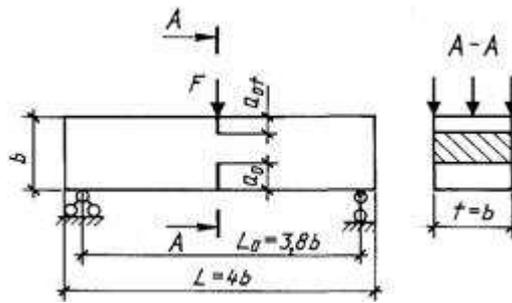
2.1. Для определения характеристик трещиностойкости при равновесных испытаниях применяют образцы типа 1 - для испытаний на изгиб (черт. 1).

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  $d_{am}$ .

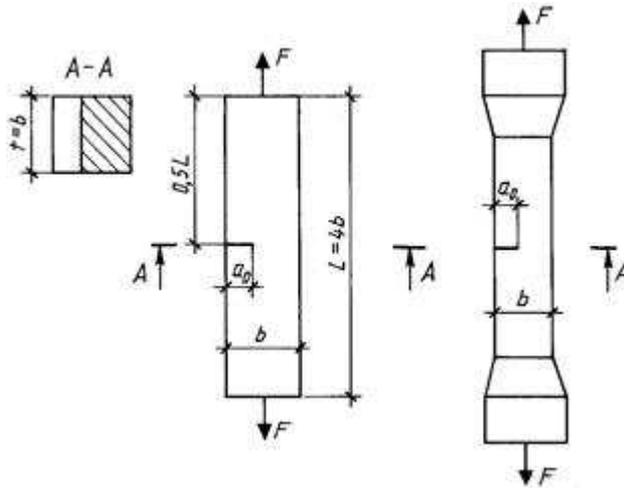
### Тип 1



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

Черт. 1

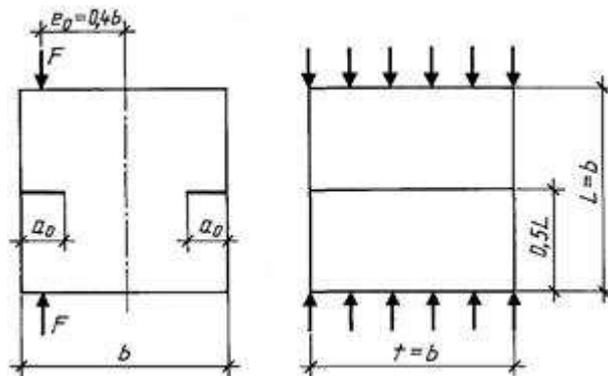
Тип 2



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

Черт. 2

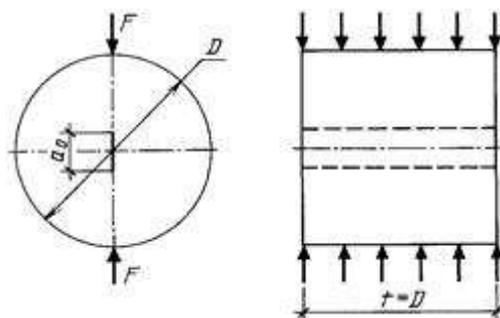
Тип 3



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.

В миллиметрах

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		
1,25 - 5,0	70	25/5	70	25	70	15	100	30
5,0 - 10,0	100	35/5	100	45	100	25		
10,0 - 20,0	150	50/10	150	60	150	35	200	60
20,0 - 40,0	200	70/10	200	80	200	50		
40,0 - 60,0	300	100/15	300	120	300	75	400	120
60,0 - 80,0	400	140/20	400	160	-	-		

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

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 выбурируют (выпиливают) из изделий, конструкций, сооружений по ГОСТ 28570.

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

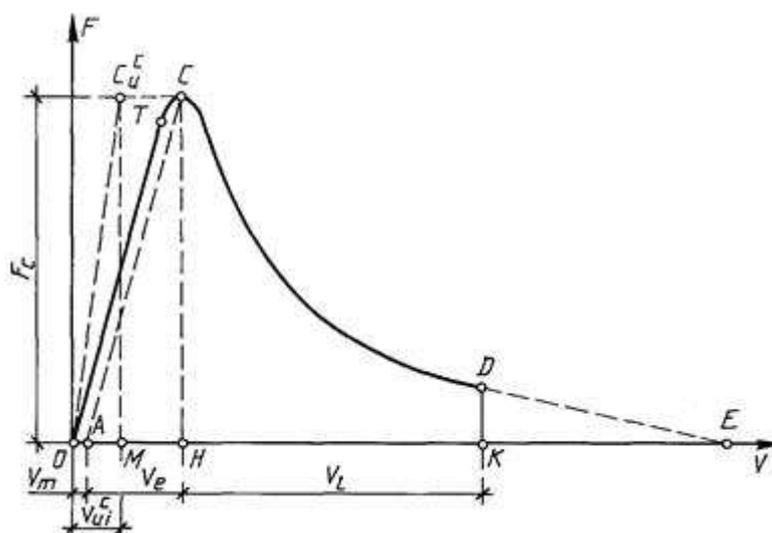
4.1. При проведении испытаний температура окружающей среды должна составлять  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , а относительная влажность - не менее 50 %.

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.

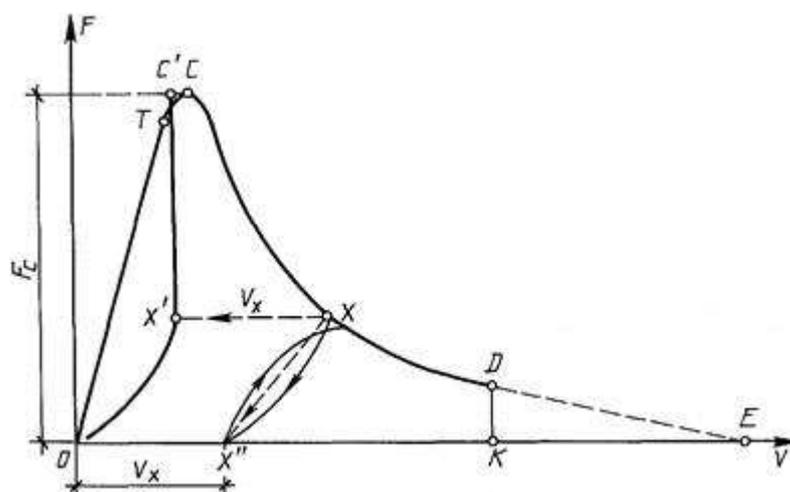
4.3. Перед началом испытаний следует провести два цикла нагружения - разгрузки до нагрузки, составляющей 10 % ожидаемой максимальной нагрузки.

4.4. Скорость нагружения образцов устанавливают по скорости перемещения нагружающей плиты пресса в пределах 0,02 - 0,20 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  $OTCDE$ ).



Черт. 5



Черт. 6

Для определения значений  $K_c$ ,  $G_{ce}$  на стадии локального деформирования производят 5 - 7 кратковременных разгрузений образцов для определения направлений 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  $F_e^*$ .

## 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:

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

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

е) 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 линий 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  $OTCA$ ,  $ACH$ ,  $HCDK$ ,  $OC_u^*$   $M$  на черт. 5 и  $OTC'X'O$  на черт. 6.

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

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

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

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

$$J_i = \frac{W_m + W_e - W_M^*}{l(b - a_0 - a_{0t})}; \quad (5)$$

$$K_i = \sqrt{G_i E_0}; \quad (6)$$

$$K_c = \sqrt{G_{sc} E_s}; \quad (7)$$

$$\lambda_F^c = \frac{G_F E_s}{R_{st}^2}. \quad (8)$$

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

- для образца типа 1:

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

- для образца типа 2:

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

- для образца типа 3:

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

- для образца типа 4:

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 1  
Обязательное

### ОБОЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН

$K$  - коэффициент интенсивности напряжений, МПа $\times$ м<sup>0,5</sup>.

$K_c$  - критический коэффициент интенсивности напряжений при максимальной нагрузке, МПа $\times$ м<sup>0,5</sup>.

$K_i$  - статический критический коэффициент интенсивности напряжений, МПа $\times$ м<sup>0,5</sup>.

$K_c^*$  - условный критический коэффициент интенсивности напряжений, МПа $\times$ м<sup>0,5</sup>.

$K_{ij}$  - текущие значения коэффициентов интенсивности напряжений при поэтапном равновесном нагружении образцов, МПа $\times$ 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>.

$\lambda_F^c$  - 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.

$W_i$  - 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.

$V_i$  - перемещения, соответствующие локальным деформациям образца в зоне магистральной трещины, м.

$V_{ii}^c$  - 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.

$j = b/L_0$  - относительная высота образца.

$l = (a_0 + a_{0t})/b$  - 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>.

$tga$  - 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

Термин	Пояснение
3. Магистральная трещина	удалены друг от друга на расстояния, во много раз меньше протяженности самой полости Трещина, протяженность которой превосходит размеры структурных составляющих материалов и областей самоуравновешенных напряжений и по поверхностям которой произойдет деление образца на части
4. Коэффициент интенсивности напряжений $K$	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 $K_c$	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	Значение $G$ , определяемое при равновесных испытаниях образцов типа 1 по диаграмме $F-V$ , характеризующее удельные энергозатраты на

Термин	Пояснение
$G_{ce}$	разрушение
14. Статический джей-интеграл $J_i$	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 $\chi_F^f$	Характеристика хрупкости материала

*ПРИЛОЖЕНИЕ 3*  
*Рекомендуемое*

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

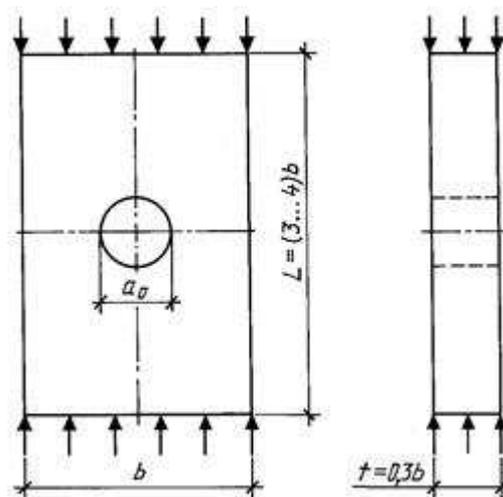
1. Для определения характеристик трещиностойкости производят поэтапное нагружение (с выдержками продолжительностью 60 - 120 с и фиксацией текущих значений  $F_{ij}$  и  $a_{ij}$ ) образцов типов:

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.

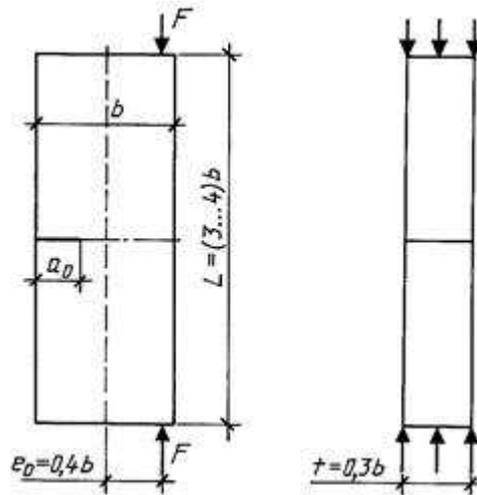
**Тип 5**



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.

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:

- для образца типа 5.

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

- для образца типа 6.

$$K_{ij} = \frac{F_{ij} \lambda^{1/2}}{ib^{1/2}} \left( \frac{6e_0}{b} y_1 - y_2 \right), \quad (14)$$

$$\text{где } y_1 = 1,99 - 2,47\lambda + 12,97\lambda^2 - 23,17\lambda^3 + 24,8\lambda^4; \quad (15)$$

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

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

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 %.

**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

$$R_{bt} = (0,77 K_1) \sqrt{2,6 \pi d_{\text{эп}}}. \quad (18)$$

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

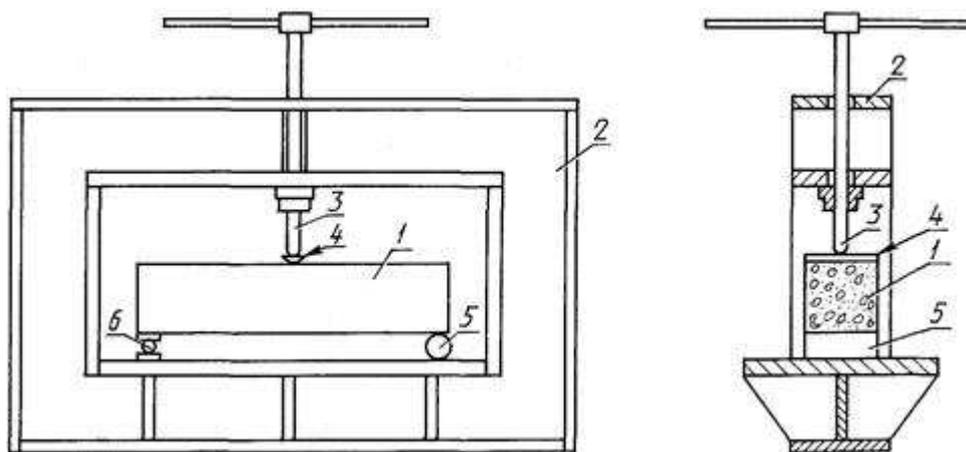
$$R_{btf} = \frac{3F_c L_0}{2b(h - a_0 - a_{0t})^2 [(1 - \lambda)^2 (1,93 - 3,07\lambda + 14,53\lambda^2 - 25,11\lambda^3 - 25,8\lambda^4)]}. \quad (19)$$

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

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

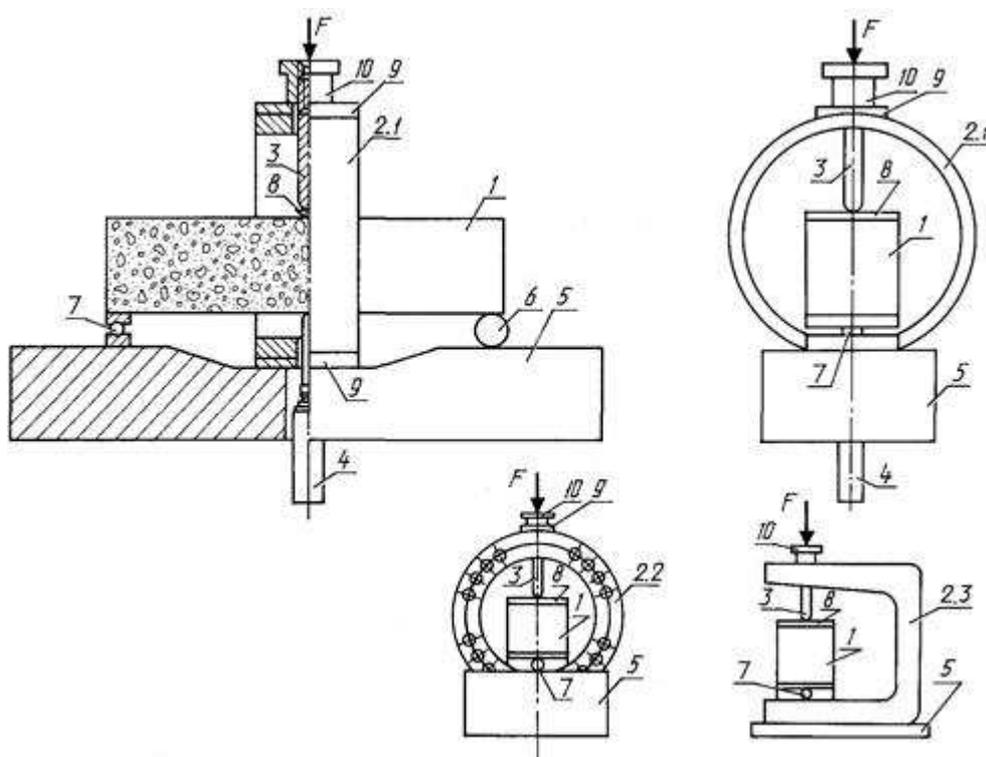
**ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ПРИ РАВНОВЕСНЫХ  
ИСПЫТАНИЯХ ОБРАЗЦОВ ТИПА 1**

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

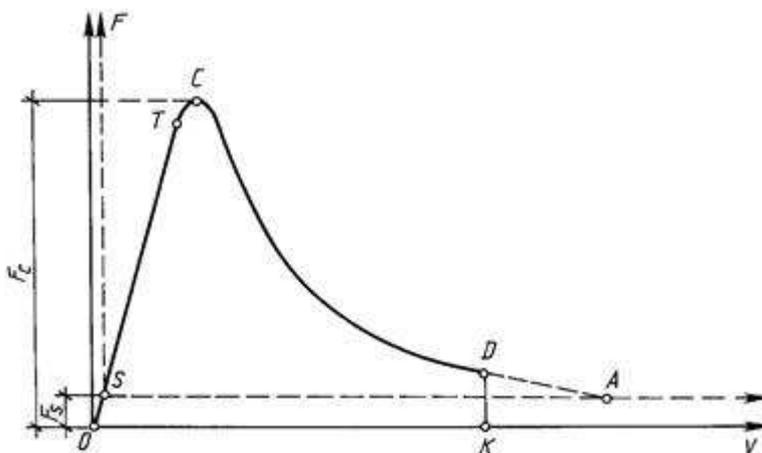
При равновесных испытаниях образцов типа 1 с  $b \geq 200$  мм перед определением характеристик трещиностойкости производят поправку на массу образца и распределительную балку.

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

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

- проводят оси  $OF$  и  $OV$ , параллельные соответственно  $SF$  и  $SV'$ ;
- с начала прямолинейного нисходящего участка диаграммы, т. е. 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

1. **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
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

5. **ПЕРЕИЗДАНИЕ.** Декабрь 2003 г.