

**Государственный стандарт СССР ГОСТ 29167-91**  
**"Бетоны. Методы определения характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении"**  
(утв. постановлением Госстроя СССР от 25 ноября 1991 г. N 13)

**Concretes. Methods for determination of fracture toughness characteristics**

Дата введения 1 июля 1992 г.

- 1. Общие положения
- 2. Образцы
- 3. Испытательное оборудование
- 4. Проведение испытаний
- 5. Обработка результатов
- Приложение 1. Обозначения величин
- Приложение 2. Термины и пояснения
- Приложение 3. Определение характеристик трещиностойкости при равновесных испытаниях образцов с фиксацией размеров развивающейся магистральной трещины и соответствующих значений прилагаемой нагрузки
- Приложение 4. Определение предела прочности на растяжение и начального модуля упругости
- Приложение 5. Испытательное оборудование для определения характеристик трещиностойкости при равновесных испытаниях образцов типа 1
- Приложение 6. Поправка на массу образца и дополнительного оборудования

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<sub>c</sub>.

Допускается проведение равновесных испытаний с фиксацией текущих размеров развивающейся магистральной трещины (a<sub>ij</sub>) и соответствующих значений прилагаемой нагрузки (F<sub>ij</sub>) 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<sub>c</sub>, K<sub>s</sub>, K<sub>i</sub>, G<sub>F</sub>, G<sub>i</sub>, G<sub>ce</sub>, J<sub>i</sub>,  
с  
X<sub>F</sub>

Значения  $R_{bt}$ ,  $R_{btf}$ ,  $E_v$  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](#)).

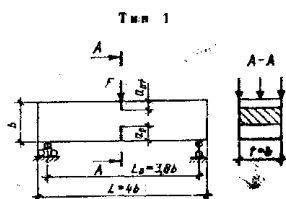
2.3. Соотношение размеров и схемы нагружения образцов приведены на [черт. 1-4](#).

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.

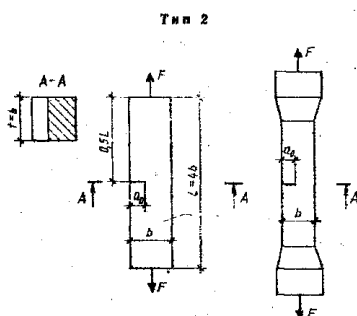
2.5. Образцы для испытаний изготавливают по ГОСТ 10180 сериями не менее чем из четырех образцов-близнецов каждая, либо выбуривают (выпиливают) из изделий, конструкций, сооружений по ГОСТ 28570.



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

Черт. 1

"Черт. 1."

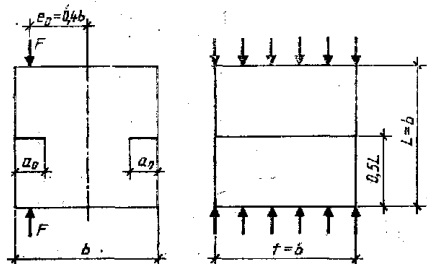


Образец — призма квадратного поперечного сечения для испытания на осевое растяжение силой  $F$ .

Черт. 2

"Черт. 2."

Тип 3

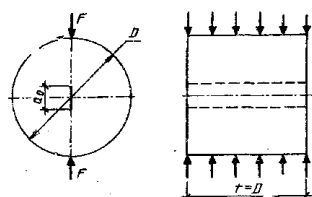


Образец — куб для испытаний на внецентрированное сжатие силой  $F$ .

Черт. 3

"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.

"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 ( $a_{0t} = 0$ ).

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 ± 5)°С, 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 0,02-0,2 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  $K_c$ ,  $G_{ce}$  на стадии локального деформирования производят 5-7 кратковременных разгрузок 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](#).

*По-видимому, в тексте предыдущего абзаца допущена опечатка. Вероятно, имеется в виду [приложение 6](#) ГОСТа 29167-91, утвержденное постановлением Госстроя СССР от 25 ноября 1991 г. N 13*

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):

$$V_{ci}^c = V_c \frac{1 + 2,8q^2}{1 + 2,8q^2 + 6q \left[ \left( \frac{\lambda}{1-\lambda} \right)^2 (5,58 - 19,57\lambda + 35,82\lambda^2 - 31,91\lambda^3 - 12,77\lambda^4) \right]}, \quad (1)$$

"Формула (1)"

д) из точки M восстанавливают перпендикуляр  $MC_u$  к оси OV до пересечения с линией  $CC_u$ , 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:  $W_m$ ,  $W_e$ ,  $W_i$ ,  $W_{ui}$ ,  $W_{se}$ , 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:

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

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

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

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

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

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

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

"Формулы (2)-(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:

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

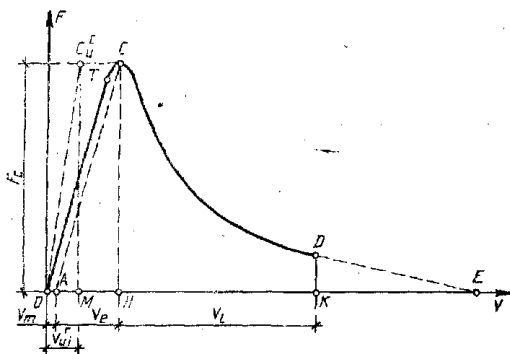
— для образца типа 3:

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

— для образца типа 4:

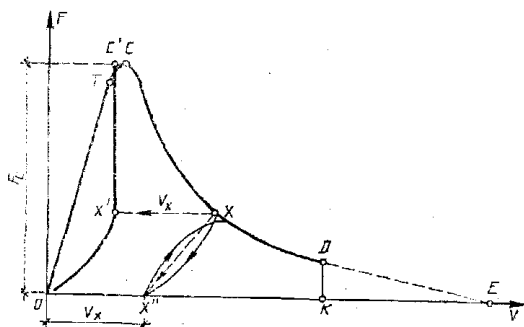
$$K_c^* = \frac{F_c^*}{D^{1/2} l} \sqrt{\frac{2(a_0/D)}{\pi[1 - (a_0/D)]}} ; \quad (12)$$

"Формулы (9)-(12)



Черт. 5

"Черт. 5"



Черт. 6

"Черт. 6"

Приложение 1  
Обязательное

Обозначения величин

K	- коэффициент интенсивности напряжений, МПа × м(0,5).
K <sub>c</sub>	- критический коэффициент интенсивности напряжений при максимальной нагрузке, МПа × м(0,5).
K <sub>i</sub>	- статический критический коэффициент интенсивности напряжений, МПа × м(0,5).
*	
K <sub>c</sub>	- условный критический коэффициент интенсивности напряжений, МПа × м(0,5).
K <sub>ij</sub>	- текущие значения коэффициентов интенсивности напряжений при поэтапном равновесном нагружении образцов, МПа × м(0,5).
G	- удельные энергозатраты, МДж/м <sup>2</sup> .
G <sub>i</sub>	- удельные энергозатраты на статическое разрушение до момента начала движения магистральной трещины, МДж/м <sup>2</sup> .
G <sub>F</sub>	- удельные эффективные энергозатраты на статическое разрушение, МДж/м <sup>2</sup> .
G <sub>se</sub>	- 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 <sub>i</sub>	- статический джей-интеграл, МДж/м <sup>2</sup> .
J <sub>c</sub>	
X <sub>F</sub>	- критерий хрупкости, м.
W	- энергозатраты, МДж.
W <sub>m</sub>	- энергозатраты на процессы развития и слияния микротрещин до формирования магистральной трещины статического разрушения, МДж.
W <sub>e</sub>	- энергозатраты на упругое деформирование до начала движения магистральной трещины статического разрушения, МДж.
W <sub>i</sub>	- энергозатраты на локальное статическое деформирование в зоне магистральной трещины, МДж.
с	
W <sub>ui</sub>	- расчетные упругие энергозатраты на упругое деформирование сплошного образца, МДж.
W <sub>se</sub>	- полные упругие энергозатраты на статическое

	деформирование до деления на части, МДж.
F <sub>g</sub>	- нагрузка, действующая на образец в процессе испытания, МН.
F <sub>C</sub>	- нагрузка, соответствующая статическому началу движения магистральной трещины при равновесных испытаниях, МН.
*	
F <sub>c</sub>	- нагрузка, соответствующая динамическому началу движения магистральной трещины при неравновесных испытаниях, МН.
F	- нагрузка, соответствующая массе образца и дополнительного оборудования, МН.
F <sub>IJ</sub>	- текущие значения действующей на образец нагрузки при его поэтапном равновесном нагружении, МН.
V	- перемещения образца, м.
V <sub>e</sub>	- перемещения, соответствующие упругим деформациям образца, м
V <sub>m</sub>	- перемещения, соответствующие необратимым деформациям образца, м.
V <sub>l</sub>	- перемещения, соответствующие локальным деформациям образца в зоне магистральной трещины, м.
c	
V <sub>ui</sub>	- расчетное значение перемещений сплошного образца, соответствующее моменту начала движения магистральной трещины в образце с начальным надрезом, м.
a <sub>0</sub> , a <sub>0t</sub>	- длина начального надреза, м.
a <sub>ij</sub>	- текущие значения длины магистральной трещины при поэтапном равновесном нагружении образца, м.
e <sub>0</sub>	- начальный эксцентриситет приложения нагрузки, м.
b, t, L <sub>0</sub> , L, D	- размеры образцов, м.
фи = b/L <sub>0</sub>	- относительная высота образца.
лямбда = (a <sub>0</sub> + a <sub>0t</sub> )/b	- относительная длина начального надреза.
d <sub>am</sub>	- максимальный размер заполнителя, м.
m <sub>1</sub> , m <sub>2</sub>	- масса образца и дополнительного оборудования, кг.
g = 9,81	- ускорение свободного падения, м/с(2).
tg_альфа	- тангенс угла наклона восходящего упругого участка диаграммы.
E <sub>i</sub>	- единичный модуль упругости, МПа.
E <sub>b</sub>	- модуль упругости, МПа.
R <sub>bt</sub>	- прочность на осевое растяжение, МПа.
R <sub>btf</sub>	- прочность на растяжение при изгибе, МПа.

## Приложение 2 Справочное

### Термины и пояснения

Термин	Пояснение
1. <b>Трещиностойкость (вязкость разрушения) бетона</b>	Способность бетона сопротивляться началу движения к развитию трещин при механических и других воздействиях

2. <b>Трещина</b>	Полость, образованная без удаления материала двумя соединенными внутри тела поверхностями, которые при отсутствии в нем напряжений удалены друг от друга на расстояние, во много раз меньше протяженности самой полости
3. <b>Магистральная трещина</b>	Трещина, протяженность которой превосходит размеры структурных составляющих материалов и областей самоуравновешенных напряжений и по поверхностям которой произойдет деление образца на части
4. <b>Коэффициент интенсивности напряжений <math>K</math>.</b>	Величина, определяющая напряженно-деформированное состояние и смещения вблизи вершины трещины, независимо от схемы нагружения, формы и размеров тела и трещины
5. <b>Условный коэффициент интенсивности напряжений <math>K^*</math></b>	Значение $K$ , вычисленное через действующую на образец нагрузку и исходную длину трещины $a_0$ по формулам для упругого тела
6. <b>Удельные энергозатраты <math>G</math></b>	Величина, характеризующая удельные (относительно эффективной рабочей площади поперечного сечения образца) энергозатраты на различные этапы деформирования и разрушения
7. <b>J-интеграл</b>	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. <b>Условный критический коэффициент интенсивности напряжений <math>K_{c}^*</math></b>	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. <b>Статический критический коэффициент интенсивности напряжений <math>K_{i}</math></b>	Значение $K$ , определяемое при равновесных испытаниях образцов типов 1, 5, 6 по $q_i$ и $E_b$ , характеризующее критическое состояние материала при статическом начале движения магистральной трещины
10. <b>Критический коэффициент интенсивности напряжений <math>K_{c}</math></b>	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 $G_{se}$	Значение $G$ , определяемое при равновесных испытаниях образцов типа 1 по диаграмме $F - V$ , характеризующее удельные энергозатраты на 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 $X_F^c$	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- $b \geq 15 d_{am}$

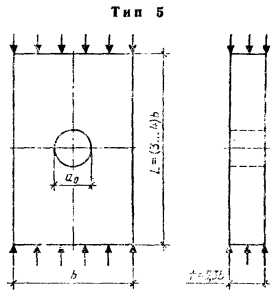
3. Для определения значений величин  $a_{ij}$  применяют капиллярный и оптический способы.

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

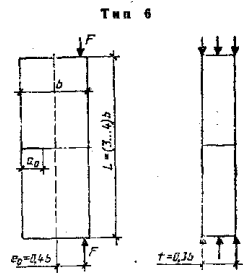
4.1. Для каждого этапа нагружения определяют значение  $K_{ij}$  по зависимостям:



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

Черт. 7

"Черт. 7"



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

Черт. 8

"Черт. 8"

**Примечание к черт. 7 и 8.** Обозначения приведены в [приложении 1](#), размеры образцов - в [приложении 3](#).

- для образца типа 5.

$$K_{ij} = \frac{F_i \pi^{1/2}}{t b^{1/2}} (1+2\lambda) [2(1+2\lambda+2\lambda^2)]^{\lambda} \sqrt{\frac{2(1+2\lambda)}{1-(1+2\lambda)^{-4}}} l^{-1}; \quad (13)$$

"Формула (13)"

- для образца типа 6.

$$K_{ij} = \frac{F_i \pi^{1/2}}{t b^{1/2}} \left( \frac{6e_g}{b} y_1 - y_2 \right), \quad (14)$$

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

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

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

"Формулы (14)-(17)"

4.2. По результатам [п. 4.1](#) строят зависимость  $K_{ij}$ - $a_{ij}$ ; за величину  $K_{ij}$  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

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

"Формула (18)"

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

$$R_{\text{от}} = \frac{3F \cdot L_0}{2b(h - a_0 - a_{\text{от}})^2 \left[ (1 - \lambda)^2 (1,93 - 3,07\lambda + 14,53\lambda^2 - 25,11\lambda^3 - 25,8\lambda^4) \right]} \quad (19)$$

"Формула (19)"

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

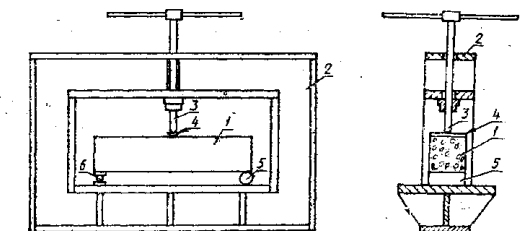
$$E_b = \frac{E_1 L_0^3 g^2}{4fb^3} \left\{ \frac{3\lambda(4\lambda^2 - 5\lambda + 2)}{(1 - \lambda)^3} + (1 - 2\lambda)^2 - 12[\lambda^3 + 2\lambda + 2]n(1 - \lambda) \right\} \quad (20)$$

"Формула (20)"

## Приложение 5 Обязательное

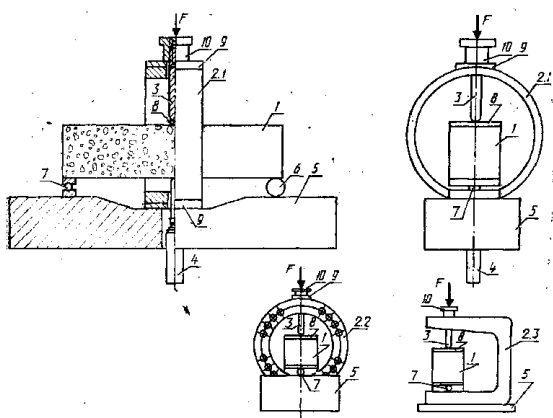
### Испытательное оборудование для определения характеристик трещиностойкости при равновесных испытаниях образцов типа 1

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 поставляет оборудование.



1 — образец; 2 — нагружающее устройство; 3 — нагружающий силовой измерительный шток; 4 — распределительная балка; 6 — роликовая опора; 7 — шарнирная опора  
Черт. 9

"Черт. 9"



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

"Черт. 10"

### Поправка на массу образца и дополнительного оборудования

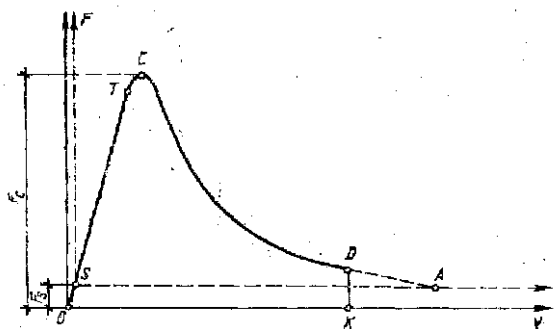
При равновесных испытаниях образцов типа 1 с  $b \geq 200$  мм перед определением характеристик трещиностойкости производят поправку на массу образца и распределительную балку.

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

"Черт. 11"