

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Технология строительного производства»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ  
БЕТОНА ПРИ НОРМАЛЬНОМ ОТРЫВЕ  
И ПОПЕРЕЧНОМ СДВИГЕ

Методические указания  
для студентов строительных специальностей

М и н с к 2 0 0 4

УДК 624.012.4.35

В настоящих указаниях описаны правила контроля трещиностойкости и долговечности конструкционных тяжелых, легких и ячеистых бетонов, применяемых для изготовления бетонных и железобетонных конструкций.

Пособие раскрывает сущность методов испытаний бетонов.

Методические указания предназначены для студентов специальности «Промышленное и гражданское строительство».

Составители:

С.Н. Леонович, О.В. Попов, К.А. Пирадов

Рецензенты:

Т.М. Пецольд, Н.Д. Банников

Учебное издание

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ  
БЕТОНА ПРИ НОРМАЛЬНОМ ОТРЫВЕ  
И ПОПЕРЕЧНОМ СДВИГЕ

Методические указания  
для студентов строительных специальностей

Составители: ЛЕОНОВИЧ Сергей Николаевич  
ПОПОВ Олег Викторович  
ПИРАДОВ Константин Александрович

Редактор О.Н. Воробьева  
Компьютерная верстка А.Г. Гармазы

---

Подписано в печать 28.05.2004.

Формат 60x84 1/16. Бумага типографская №2.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл.печ.л. 0,7. Уч.-изд.л. 0,6. Тираж 100. Заказ 5.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский национальный технический университет.  
Лицензия ЛВ № 02330/0056957 от 01.04.2004.  
220013, Минск, проспект Ф.Скорыны, 65.

© Леонович С.Н., Попов О.В.,  
Пирадов К.А., составление, 2004

## **Введение**

В настоящем издании говорится о конструкционном тяжелом и легком и ячеистом бетоне, применяемом для изготовления бетонных и железобетонных конструкций, и устанавливаются правила контроля трещиностойкости и долговечности бетона при деформациях нормального отрыва и поперечного сдвига при испытании образцов на центральное и внецентренное сжатие, срез и раскалывание.

### **1. СУЩНОСТЬ МЕТОДОВ**

Сущность методов заключается в определении максимальных нагрузок, разрушающих образцы при сжатии и раскалывании, и вычислении критических значений коэффициентов интенсивности напряжений – основных характеристик трещиностойкости и долговечности бетона – при этих нагрузках. Методы испытания делятся на основные и вспомогательные.

### **2. ОБРАЗЦЫ**

#### **2.1. Форма и размеры образцов**

2.1.1. Образцы, используемые для определения параметров трещиностойкости и долговечности по основной методике, представляют собой кубы с ребром 100 или 150 мм и начальными искусственными трещинами-концентраторами напряжений.

2.1.2. Образцы, служащие для определения параметров трещиностойкости и долговечности по вспомогательной методике, представляют собой стандартные кубы с длиной ребра 100 или 150 мм.

2.1.3. Наибольший размер зерен заполнителя не должен превышать  $1/3$  от длины ребра куба.

## 2.2. Отклонения по размерам и формам образцов

2.2.1. Отклонения от номинальных размеров образцов не должны превышать  $\pm 1\%$ .

2.2.2. Отклонения от плоскости опорных поверхностей кубов и искусственных трещин не должны превышать 0,05 мм на 100 мм длины.

2.2.3. Отклонения от перпендикулярности смежных граней кубов и искусственных трещин не должны превышать 1 мм на 100 мм длины ребра куба.

## 2.3. Изготовление образцов

2.3.1. Формы для изготовления образцов следует выполнять из материалов, которые сохраняют свою конфигурацию, не впитывают воду и не вступают в реакцию с компонентами бетона. Из собранных форм не должно вытекать цементное тесто, и они должны обеспечивать сохранение формы и размеров образцов, изготовленных в них.

2.3.2. Формы, используемые при изготовлении образцов для определения параметров трещиностойкости и долговечности бетона при нормальном отрыве по основной методике, представляют собой стандартные формы для кубов с длиной ребра  $a$ , боковые грани которых изготовлены в соответствии с рис. 1.

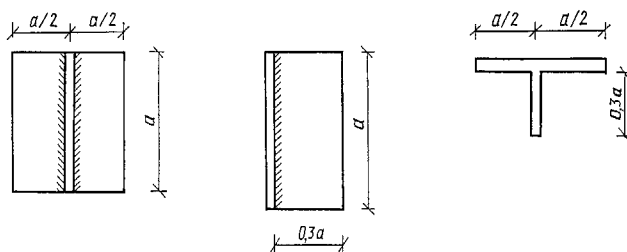


Рис. 1. Боковая грань формы для изготовления опытных образцов, испытываемых на трещиностойкость при нормальном отрыве

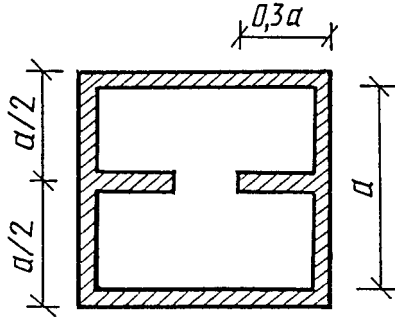


Рис. 2. Форма в собранном виде для опытных образцов, испытываемых на трещиностойкость при нормальном отрыве

2.3.3. Формы, используемые при изготовлении образцов для определения параметров трещиностойкости и долговечности бетона при поперечном сдвиге по основной методике, представляют собой стандартные формы для кубов с длиной ребра  $a$ , одна из боковых граней которых изготовлена согласно рис. 3.

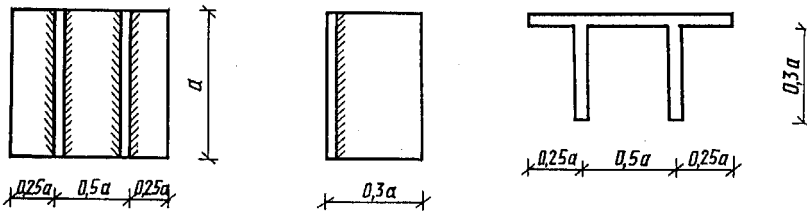


Рис. 3. Боковая грань формы для изготовления опытных образцов, испытываемых на трещиностойкость при поперечном сдвиге

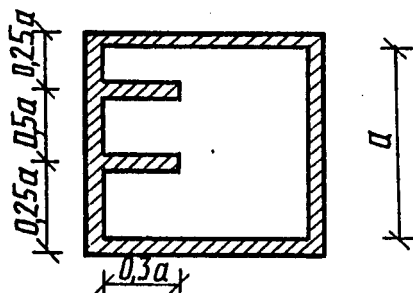


Рис. 4. Форма в собранном виде для опытных образцов, испытываемых на трещиностойкость при поперечном сдвиге

2.3.4. Формы, используемые при изготовлении образцов для определения параметров трещиностойкости и долговечности по вспомогательной методике, представляют собой стандартные формы для кубов с длиной ребра  $a$ .

2.3.5. Перед изготовлением образцов внутренние поверхности форм должны быть покрыты тонким слоем смазки, не вступающей в химическую реакцию с компонентами бетона.

2.3.6. Укладку бетона в формы следует производить до начала схватывания цемента, но не позже чем через 20 минут после отбора пробы бетона, предназначенного для изготовления образцов.

2.3.7. Методы уплотнения бетона должны обеспечивать получение образцов с плотностью, близкой к плотности бетона контролируемых образцов.

## 2.4. Хранение и транспортировка образцов

2.4.1. Образцы должны храниться в формах не менее одних суток в условиях, исключающих испарение влаги из бетона. После этого образцы должны быть распалублены и храниться до начала испытания в лабораторных условиях.

2.4.2. Образцы должны выдерживаться в воде температурой  $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$  в среде, обеспечивающей влажность воздуха у поверхности образцов, равную  $(95 \pm 5) \%$ , и температуру  $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ .

### **3. МЕХАНИЗМЫ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ, ПРИБОРЫ**

Для проведения испытаний применяют:

1) испытательную машину (пресс) с погрешностью измерения нагрузки не более 3%. Одна из опорных плит прессы должна иметь шаровую опору, центр которой должен находиться на опорной поверхности. Отклонение от плоскости плит прессы не должно превышать 0,02 мм на 100 мм длины;

2) приборы для контроля линейных размеров, отклонений от перпендикулярности и плоскости образцов, которые должны обеспечивать измерения с погрешностью не более установленной в п. 2.2;

3) комплект приспособлений и опорные стальные элементы:

а) типоразмеры № 1;

б) типоразмеры № 2.

### **4. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЮ**

Перед испытанием необходимо проверить соответствие требованиям, указанным в п. 2.2, размеров и формы каждого образца.

## **5. ПРОВЕДЕНИЕ ОСНОВНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО ОСНОВНОЙ МЕТОДИКЕ И ОБРАБОТКА ИХ РЕЗУЛЬТАТОВ**

### **5.1. Метод определения трещиностойкости при нормальном отрыве**

5.1.1. Испытание образцов на внецентренное сжатие следует проводить по схеме, приведенной на рис. 5. Образец цен-

трируется так, чтобы ни одна из его граней не касалась подушек пресса, а нагрузка передавалась через металлические бруски типоразмера № 1 сечением 5x5 мм.

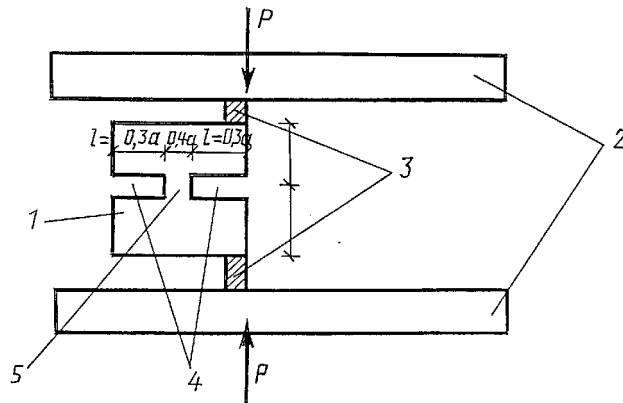


Рис. 5. Схема испытаний опытного образца на внецентренное сжатие:  
 1 – образец; 2 – плиты пресса; 3 – металлические подкладки 5x5 мм;  
 4 – искусственные трещины; 5 – линия разлома образца

5.1.2. Время испытания должно быть не менее 30 с.

5.1.3. Если разрушение образца произошло не по линии разлома, показанной на рис. 5, то результат испытания не учитывается.

5.1.4. Критический коэффициент интенсивности напряжений для случая нормального отрыва  $K_{IC}$  в МПа·м<sup>1/2</sup> вычисляют по разрушающей образец нагрузке  $\rho$  в МН по формуле

$$K_{IC} = \rho/a^{3/2} [18,3(l/a)^{1/2} - 430(l/a)^{3/2} + 3445(l/a)^{7/2} + 12967(l/a)^{9/2}],$$

где  $l$  – конкретное значение длины искусственной трещины для каждого образца.



## 5.2. Метод определения трещиностойкости при поперечном сдвиге

5.2.1. Испытание образцов следует проводить по схеме, приведенной на рис. 6. Нагрузка передается на образец через металлические опорные элементы с размерами: ширина нижнего бруска должна составлять  $0,25a$ , верхнего –  $0,5a$ , длина по размеру образца куба.

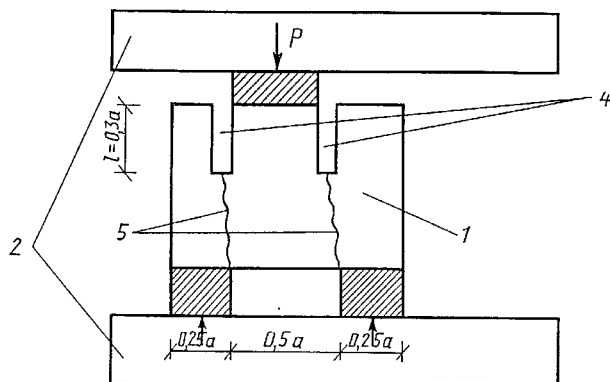


Рис. 6. Схема определения трещиностойкости при поперечном сдвиге:  
1 – опытный образец; 2 – плиты пресса; 3 – металлические подкладки;  
4 – искусственные трещины; 5 – линия разлома образца

5.2.2. Время испытания должно быть не менее 30 с.

5.2.3. Если разрушение образца произошло не по плоскости среза (линиям разлома, показанным на рис. 6), то результат испытания не учитывается.

5.2.4. Критический коэффициент интенсивности напряжений для случая поперечного сдвига  $K_{IIС}^b$  в МПа·м<sup>1/2</sup> вычисляют по разрушающей образец нагрузке  $\rho$  в МН по формуле

$$K_{IIС}^b = 2,6\rho/a^2 \sqrt{l},$$

где  $l$  – длина искусственной трещины для каждого образца.

### 5.3. Количество образцов, необходимых для корректного определения параметров трещиностойкости и долговечности по основной методике

Для определения параметров трещиностойкости принимается 3 образца и значения  $K_{IC}$  и  $K_{IIIC}$  вычисляются как средние по результатам трех испытаний.

## 6. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ПО ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ МЕТОДИКЕ И ОБРАБОТКА ИХ РЕЗУЛЬТАТОВ

### 6.1. Метод определения трещиностойкости при нормальном отрыве

6.1.1. Образцы раскалывают путем установки кубика на ребро в опорных прокладках (рис. 7).

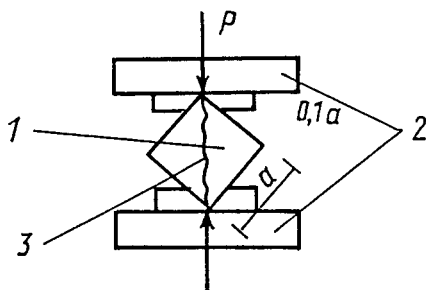


Рис. 7. Схема раскалывания испытанием кубика на ребро:  
1 – опытный образец; 2 – плиты пресса; 3 – линия разлома образца

6.1.2. Время испытания должно быть не менее 30 с.

6.1.3. Критический коэффициент интенсивности напряжений  $K_{IC}$  в МПа·м<sup>1/2</sup> вычисляют по разрушающей образец нагрузке  $\rho$  в МН по формуле

$$K_{IC} = 2\rho \sqrt{l_{bg}} / a^2 \pi^{5/2},$$

где  $l_{bg} = 1$  м.

## **6.2. Метод определения трещиностойкости при поперечном сдвиге**

6.2.1. Образец испытывается на центральное сжатие до момента его разрушения.

6.2.2. Напряжение в образце при нагружении должно возрастать непрерывно с постоянной скоростью ( $0,6 \pm 0,4$ ) МПа/с до разрушения образца, причем время испытания должно быть не менее 30 с.

6.2.3. Критический коэффициент интенсивности напряжений  $K_{IC}$  в МПа·м<sup>1/2</sup> вычисляют по разрушающей образец нагрузке  $\rho_c$  в МН по формуле

$$K_{IC}^b = 0,8\rho_c \sqrt{l_{bg}} / a^2 \pi^{3/2}.$$

## **6.3. Количество образцов, необходимых для корректного определения параметров трещиностойкости и долговечности по вспомогательной методике**

Для определения параметров трещиностойкости принимается 6 образцов и значения  $K_{IC}$  и  $K_{IC}$  вычисляются как средние по результатам шести испытаний.

## **7. ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ**

Результаты испытаний должны записываться в протокол (журнал) испытаний, в котором следует указать:

- 1) цель определения параметров трещиностойкости и долговечности;
- 2) возраст бетона при проведении испытания;
- 3) маркировку образца;

- 4) размеры образца и искусственных трещин;
- 5) величину разрушающей образец нагрузки;
- 6) параметры трещиностойкости и долговечности.

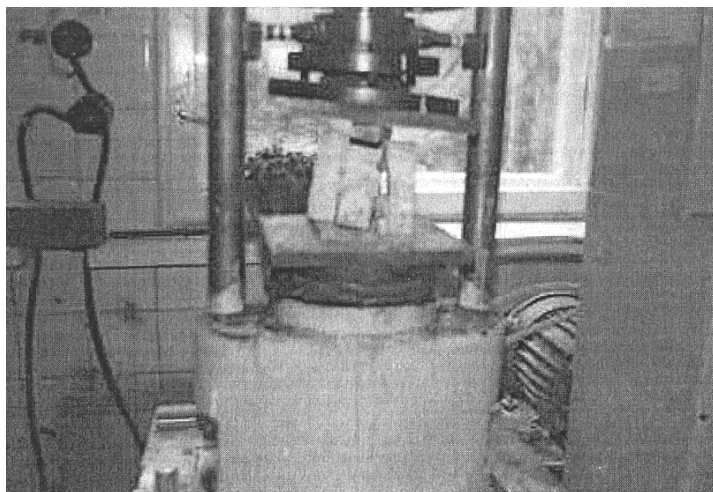


Рис. 8. Экспериментальное определение трещиностойкости при поперечном сдвиге

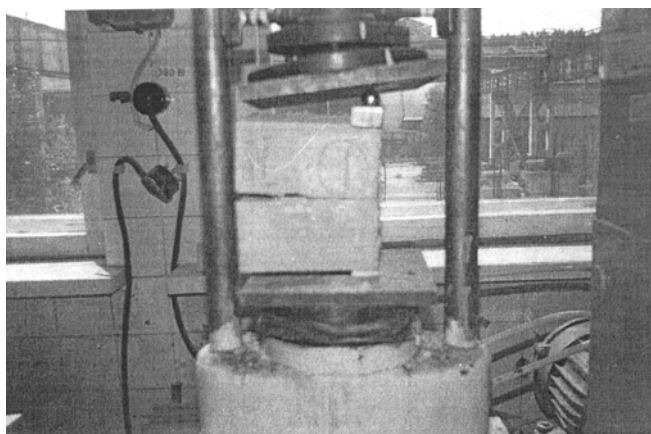


Рис. 9. Испытание опытного образца на внецентренное сжатие