

НИИЖБ ГОССТРОЯ СССР

# РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ОЦЕНКЕ НЕСУЩЕЙ  
СПОСОБНОСТИ СЖАТЫХ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ  
ЭЛЕМЕНТОВ  
С ДОЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ  
ТРЕЩИНАМИ

МОСКВА-1986

Госстрой СССР

Ордена Трудового Красного Знамени  
научно-исследовательский институт  
бетона и железобетона  
НИИЖБ

РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ОЦЕНКЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ  
СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
С ДОЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ТРЕЩИНАМИ

Утверждены  
директором НИИЖБ  
11 мая 1986 г.

Москва 1986

УДК 624.012.45.044:539.375

Печатаются по решению секции бетонных и железобетонных конструкций НТС НИИЖБ Госстроя СССР от 21 марта 1986 г.

Рекомендации по оценке несущей способности сжатых железобетонных элементов с доэксплуатационными трещинами. — М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1986, с.17.

Рекомендации содержат основные положения по оценке фактической несущей способности сжатых железобетонных элементов и конструкций, имеющих доэксплуатационные трещины.

Рекомендации предназначены для научных и инженерно-технических работников проектных, исследовательских и производственных организаций.

Табл.3, илл.4.

Ⓢ Ордена Трудового Красного Знамени  
научно-исследовательский институт  
бетона и железобетона Госстроя  
СССР, 1986

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В железобетонных конструкциях и элементах наиболее распространенным дефектом являются трещины. Они могут повлиять на прочностные и деформационные характеристики конструкций и сооружений в целом, снизить коррозионную стойкость и т.д. Довольно часто трещины появляются в конструкциях и элементах, работающих на сжатие как в доэксплуатационный период, так и в процессе их эксплуатации.

Настоящие Рекомендации составлены с целью применения при оценке фактической несущей способности сжатых железобетонных элементов и конструкций, которые имеют доэксплуатационные трещины, образующиеся при изготовлении, транспортировании, складировании и монтаже конструкции.

Рекомендации разработаны НИИЖБ Госстроя СССР (д-р техн.наук, проф. Н.А.Маркаров, инж. О.В.Хромых).

Замечания и предложения по содержанию Рекомендаций просим направлять в НИИЖБ Госстроя СССР по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., д.6.

Дирекция НИИЖБ

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации распространяются на сжатые железобетонные элементы и конструкции, запроектированные согласно нормативным документам.

1.2. Требования настоящих Рекомендаций распространяются на элементы без предварительного напряжения, запроектированные при условии  $f > f_R$  и имеющие:

- а) квадратное или прямоугольное поперечное сечение;
- б) нормальные или наклонные, или нормальные и наклонные трещины в сжатой зоне;
- в) общее количество трещин не более 10 при  $a_T \leq 0,5$  мм;
- г) наклонные трещины с углом наклона к продольной оси элемента не менее  $45^\circ$ ;
- д) гибкость не более  $l_0 / h = 15$ .

1.3. Доэксплуатационные трещины в конструкциях и элементах появляются при следующих операциях:

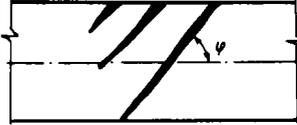
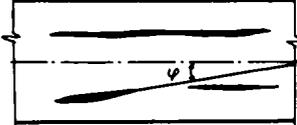
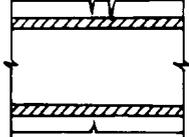
- изготовлении;
- распалубке;
- кантовании;
- подъеме и опускании;
- транспортировании;
- складировании;
- монтаже.

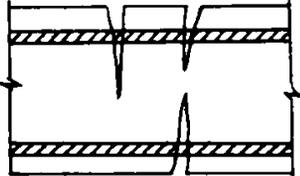
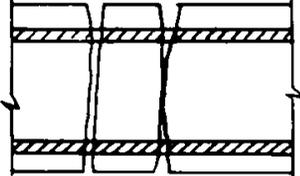
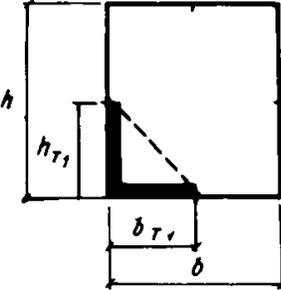
1.4. Группы трещин, классифицированных по виду и характеру распространения, приведены в табл.1.

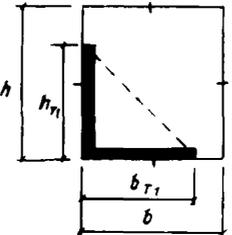
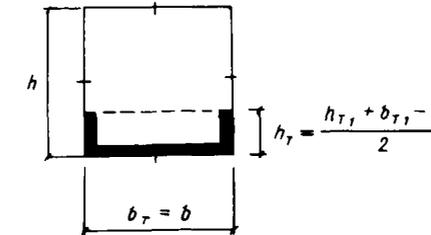
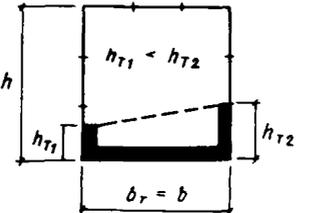
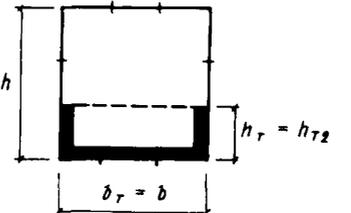
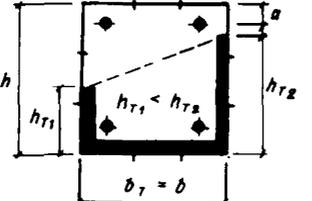
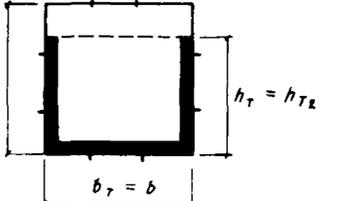
1.5. Виды трещин, различающихся по характеру развития в сжатых элементах, представлены в табл.2.

1.6. В разделе 4 настоящих Рекомендаций даны предложения по методам заделки трещин с целью восстановления несущей способности сжатых железобетонных элементов.

Таблица I

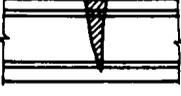
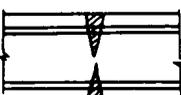
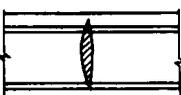
Наименование группы трещин	Эскиз	Характеристика трещин
I	2	3
1. <u>По направлению к оси элемента</u>		
а) нормальные		$75^\circ < \varphi \leq 90^\circ$
б) наклонные		$15^\circ \leq \varphi \leq 75^\circ$
в) продольные		$0 \leq \varphi < 15^\circ$
2. <u>По глубине проникания в тело бетона</u>		
а) поверхностные		На глубину не более толщины защитного слоя арматуры

I	2	3
б) несквозные		Не полностью пересекают сечение элемента
в) сквозные		Полностью пересекают сечение элемента
<b>3. По длине распространения на поверхности элемента</b>		
а) угловые короткие		Проходят по двум смежным сторонам на расстоянии не более $0,5 h$ и $0,5 b$

I	2		3
б) угловые длинные	<p style="text-align: center;">Вид 1</p> 	<p style="text-align: center;">Вид 2</p>  <p style="text-align: right;"><math>h_T = \frac{h_{T1} + b_{T1}}{2}</math></p>	<p>Проходят по двум смежным сторонам на расстоянии более <math>0,5h</math> и <math>0,5b</math> (вид 1). Для расчета такие трещины приводят к виду 2</p>
в) трехсторонние короткие	<p style="text-align: center;">Вид 1</p> 	<p style="text-align: center;">Вид 2</p>  <p style="text-align: right;"><math>h_T = h_{T2}</math></p>	<p>Проходят по одной стороне и продолжают на двух боковых смежных поверхностях не более чем на <math>1/3</math> их высоты (вид 1). Для расчета такие трещины приводят к виду 2</p>
г) трехсторонние длинные	<p style="text-align: center;">Вид 1</p> 	<p style="text-align: center;">Вид 2</p>  <p style="text-align: right;"><math>h_T = h_{T2}</math></p>	<p>Проходят по одной стороне и продолжают на двух боковых смежных поверхностях более чем на <math>1/3</math> их высоты, но не более величины <math>h_T</math>, <math>h_T &lt; h - a</math> (вид 1). Для расчета такие трещины приводят к виду 2</p>

1	2	3
д) трехсторонние	<p style="text-align: center;"> <math>h_T = \frac{h_{T1} + h_{T2}}{2}</math> </p>	<p>Проходят по одной боковой поверхности на расстоянии менее <math>1/3 h</math> а по другой боковой поверхности на расстоянии более <math>2/3 h</math>. Для расчета такие трещины приводят к виду 2</p>
е) четырехсторонние (замкнутые)		<p>Охватывает все боковые поверхности. К замкнутым относят трехсторонние длинные трещины при распространении их на боковых поверхностях на величину <math>h_T \geq h - a</math></p>
4. По ширине раскрытия		
а) волосные	$a_T \leq 0,1 \text{ мм}$ $a_T \leq 0,3 \text{ мм}$ $a_T \leq 0,3-0,5 \text{ мм}$ $a_T = 0,5-1,0 \text{ мм}$ $a_T > 1,0 \text{ мм}$	
б) мелкие		
в) средние		
г) большие		
д) значительные		

Таблица 2

Вид трещин	Схема трещин	Возможный характер развития трещин (№ поз. по табл.1)
С параллельными стенками		1, а, б 2, в 3, е 4
Клиновидная		1, а, б 2 3 4
Несколько клиновидных в одном сечении элемента		1, а, б 2, б, в 3, е 4
Клиновидные внахлестку		То же
Веретенообразная		1, а, в 2, а 4
Параллельные (непараллельные)		1, а, б 2, а, б, в 3 4
Пересекающиеся		1, а, б, в 2 3 4
В виде сетки трещин		1, а, б, в 2, а 4

## 2. ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ЭЛЕМЕНТОВ С ДОЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ТРЕЩИНАМИ

2.1. Несущую способность элемента с трещинами  $N_{Tp}$  определяют по формуле

$$N_{Tp} = N^{расч.} \cdot K_T,$$

где  $N^{расч.}$  — расчетная несущая способность сжатого элемента без трещин согласно нормативным документам;  $K_T$  — коэффициент снижения прочности при наличии трещин.

Зависимость  $K_T$  от вида трещин, ширины раскрытия трещин, относительно эксцентриситета сжимающей силы  $e_o/h$  и отношения длины распространения трещин на поверхности к размеру сечения  $h_T/h$  (или  $\delta_T/b$ ) приведена на рис.3, 4 приложения настоящих Рекомендаций. Графики даны для  $h_T/h \geq 0,15$ ; при  $h_T/h < 0,15$  коэффициент  $K_T$  следует принимать равным единице.

2.2. Основными характеристиками трещин являются: средняя ширина раскрытия трещин на поверхности бетона  $a_T$ ; величина отношения приведенной длины распространения трещины по сечению к полному линейному размеру сечения ( $h_T/h$  или  $\delta_T/b$ , см.табл.1,поз.3).

2.3. Величину средней ширины раскрытия трехсторонней трещины (см.табл.1, поз.3, б,в,г,д) определяют как среднее арифметическое трех измерений: максимальной ширины раскрытия трещины и ширины раскрытия трещины в местах расположения угловой продольной рабочей арматуры.

2.4. Величину средней ширины раскрытия четырехсторонней трещины (см.табл.1, поз.3, е) определяют как среднее арифметическое результатов измерений  $a_T$  по четырем сторонам сечения элемента.

2.5. Ширину раскрытия трещин рекомендуется измерять при помощи трафаретов, измерительных луп, микроскопов с ценой делений 0,05 мм.

2.6. Длину трещины на поверхности  $h_T$  (или  $\delta_T$ ) измеряют от начала трещины до ее места с шириной раскрытия 0,05 мм.

2.7. Величину приведенной длины наклонной трещины по сечению определяют как проекцию ее на ось, перпендикулярную продольной оси элемента.

2.8. При наличии в элементе только нормальных трехсторонних трещин определяют следующие величины:

ширину раскрытия трещин  $a_T$ ;

величину приведенной длины каждой трещины.

Расчет ведут по максимальной ширине раскрытия и по максимальной величине  $h_T$ , если она отличается от остальных более чем в два раза. В противном случае находят среднее значение по всем величинам приведенных длин. В том случае, если максимальные значения  $a_T$  и  $h_T$  принадлежат разным трещинам, необходимо определить значение коэффициента  $K_T$  для этих случаев и принять меньшую величину.

2.9. При наличии в элементе только нормальных четырехсторонних трещин определяют:

ширину раскрытия трещин  $a_T$  аналогично п.2.8 настоящих Рекомендаций;

величину отношения  $h_T / h$  принимают равной единице.

2.10. При наличии в элементе наклонных и нормальных (трех- и четырехсторонних) или наклонных трещин расчет ведут только по наклонным трещинам. Определяют  $h_T$  и  $a_T$  аналогично пп. 2.7 и 2.8 настоящих Рекомендаций.

2.11. При наличии нормальных трех- и четырехсторонних трещин расчет ведут для последних в случае, если ширина их раскрытия и длина распространения превышают аналогичные величины трехсторонних трещин более чем в 2 раза. Расчет ведут по четырехсторонним трещинам и в том случае, если их число не менее двух.

2.12. Односторонние (нормальные, наклонные и продольные) поверхностные трещины, распространяющиеся в пределах толщины защитного слоя бетона, а также угловые короткие трещины (см. табл. I, поз. 3, а), независимо от их ширины раскрытия, не снижают несущую способность сжатых элементов и конструкций.

2.13. Примеры оценки несущей способности конструкций, имеющих трещины, даны в разделе 3 настоящих Рекомендаций.

### 3. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

Пример I. После изготовления в результате разности температурных деформаций формы и бетона, а также низкой температуры в цехе в колонне марки КФ-42-3У образовались технологические трещины (рис. I).

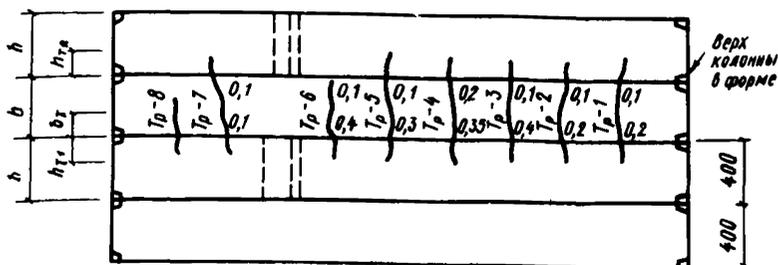


Рис.1. Схема трещин в колонне марки КФ-42-3У  
(Пунктирной линией показаны места расположения консолей)

Длина колонны 4,2 м; сечение размером  $h_T \times b = 40 \times 40$  см. Бетон марки М500, продольная арматура А-III 4Ø32. Количество трещин 8 шт. Ширина раскрытия трещин в мм показана на рис.1. Длина распространения трещин по боковым поверхностям колонны приведена в табл.3.  $N^{расч} = 3635,6$  кН ( $f > f_R$ ).

Таблица 3

Номер трещины	$a_T^{max}$ , мм	$h_{T1}$ , см	$\delta_T$ , см	$h_{T2}$ , см	$h_T$ , см	$h_T / h$
Тр-1	0,20	16	40	13	16	0,40
Тр-2	0,20	18	40	18	18	0,45
Тр-3	0,40	19	40	11	19	0,47
Тр-4	0,35	18	40	16	18	0,45
Тр-5	0,30	17,5	40	15	17,5	0,44
Тр-6	0,40	17	36	-	-	-
Тр-7	0,10	18	40	12	18	0,45
Тр-8	0,05	16,5	25	-	-	-

### Решение

Рассмотрим трещины Тр-6 и Тр-8 (см.табл.1, поз.3, б)

$$h_T^6 = \frac{17 + 36 - 40}{2} \approx 6,5 \text{ см}; \quad h_T^8 = \frac{16,5 + 25 - 40}{2} \approx 0,8 \text{ см};$$

$$\frac{h_T^6}{h} = \frac{6,5}{40} = 0,10, \quad \frac{h_T^8}{h} = \frac{0,8}{40} = 0,02, \text{ что меньше } \frac{h_T}{h} = 0,15, \text{ со.}$$

гласно п.2.1 настоящих Рекомендаций в этом случае коэффициент  $K_T = 1$ . Следовательно, трещины Тр-6 и Тр-8 не снижают несущую способность и в дальнейшем расчете не участвуют.

По данным табл.3 находим  $a_T^{max} = 0,40$  мм и  $\left(\frac{h_T}{h}\right)_{cp} = 0,443$ .

Колонна работает в проектном положении со случайным эксцентриситетом.

По графику рис.3,а (см.приложение настоящих Рекомендаций) определяем  $K_T$  для оставшихся трещин. При  $a_T = 0,40$  мм и  $\frac{h_T}{h} = 0,443$   $K_T = 0,858$ .

Таким образом, несущая способность колонны с трещинами составляет  $N_{Td} = 3635,6 \cdot 0,858 = 3119,8$  кН.

**Пример 2.** В результате резкого подъема колонны (отрыв колонны от формы) при распалубке в ней образовались трещины (рис.2).

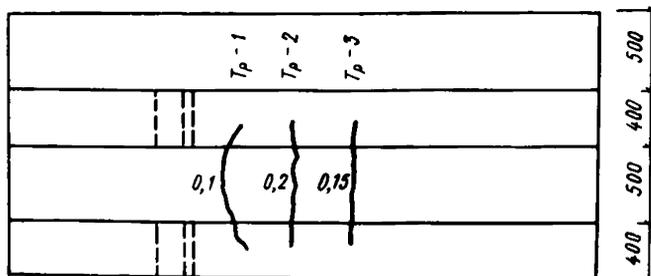


Рис.2. Схема трещин в колонне

(Пунктирной линией показаны места расположения консолей.

Цифры у трещин - значения  $a_T$ , мм)

Количество трещин 3 шт., одна из них (Тр-1) - наклонная. Угол наклона трещины Тр-1  $55^\circ$ . Длина колонны 4,2 м, сечение размером 50x40 см. Бетон марки М300, продольная арматура А-III 4Ø28.  $M_{расч}^{внут} = 457$  кН.м;  $M_{расч}^{внеш} = 403$  кН.м ( $f > f_R$ ). Колонна работает со случайным эксцентриситетом.

### Решение

При действии постоянных и кратковременных нагрузок для колонны без трещин имеем

$$M_{внут. усил.}^{расч.} = 457 \text{ кН.м} > M_{внеш. сил}^{расч.} = 403 \text{ кН.м.}$$

В данном примере:  $\frac{l}{b} = \frac{420}{40} = 10,5 < 15$ . Расчет ведем для наиболее опасной наклонной трещины Тр-1.

$\varphi_{\text{Тр-1}} = 55^\circ$ ;  $15^\circ < \varphi_{\text{Тр-1}} < 75^\circ$  (см. п.1.2 и табл. I, поз. I, б).  
Приведенную длину распространения трещины находим согласно п.2.7 настоящих Рекомендаций

$$b_{\text{T1}} = 290 \cdot \cos(90^\circ - 55^\circ) = 290 \cdot 0,819 = 238 \text{ мм};$$

$$b_{\text{T2}} = 240 \cdot \cos(90^\circ - 55^\circ) = 240 \cdot 0,819 = 197 \text{ мм};$$

$$b_{\text{T}} = \frac{238 + 197}{2} \approx 218 \text{ мм}; \quad \frac{b_{\text{T}}}{b} = \frac{218}{400} = 0,55.$$

Для наклонных трещин в случае приложения нагрузки со случайным эксцентриситетом по графику рис.4, а приложения настоящих Рекомендаций при  $a_{\text{T}} = 0,1$  мм и  $b_{\text{T}}/b = 0,55$  находим величину коэффициента  $K_{\text{T}} = 0,94$ .

Тогда  $M_{\text{внутр}}^{\text{расч}} K_{\text{T}} = 457 \cdot 0,94 = 430 \text{ кН.м} > M_{\text{внеш. сил}}^{\text{расч.}} = 403 \text{ кН.м.}$

Следовательно, несущая способность колонны с трещинами достаточна.

#### 4. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МЕТОДАМ ЗАДЕЛКИ ТРЕЩИН

4.1. Для скатых железобетонных элементов с трещинами следует использовать специальные приемы восстановления несущей способности, например, неглубокие трещины до 5 см и шириной раскрытия **б о л е е** 0,3 мм можно инъецировать цементными растворами на расширяющемся цементе с предварительной расшивкой и промывкой трещин; трещины шириной раскрытия 0,1 мм и более – заполнять различными полимерсоставами.

4.2. Ремонт конструкции предусматривает также выполнение (в случае необходимости) работ по оштукатуриванию и окраске конструкций с целью придания им соответствующего эстетического вида с учетом их эксплуатационного назначения.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА  $K_T$

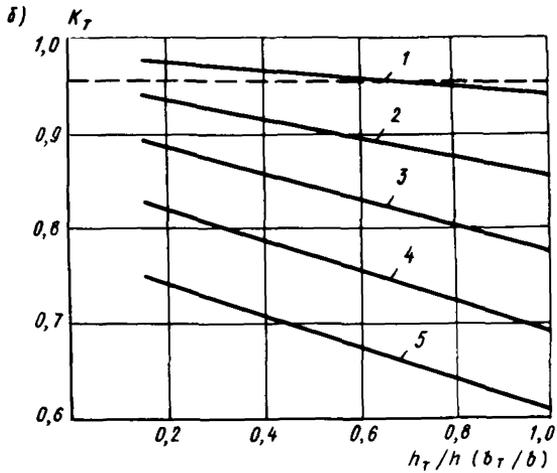
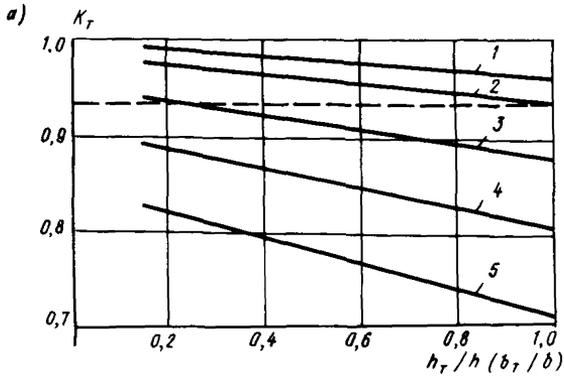


Рис.3. Зависимость  $K_T$  сжатых элементов с нормальными трещинами от  $h_T/h (b_T/b)$

а -  $e_0/h = 0-0,2$ ; б -  $e_0/h = 0,2-0,5$ ; I -  $a_T = 0,1$  мм;  
 2 -  $a_T = 0,2$  мм; 3 -  $a_T = 0,3$  мм; 4 -  $a_T = 0,4$  мм; 5 -  $a_T = 0,5$  мм

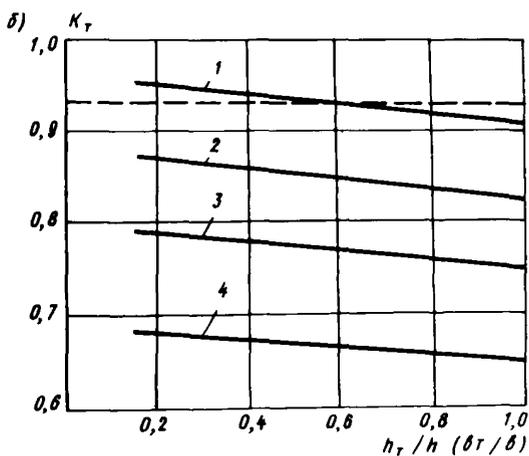
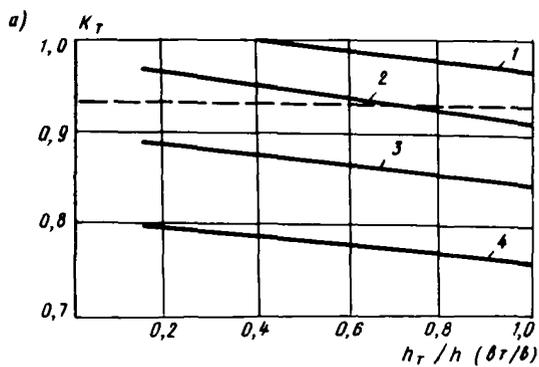


Рис.4. Зависимость  $K_T$  скатых элементов с наклонными трещинами от  $h_T/h$  ( $\delta_T/b$ )

а -  $e_0/h = 0-0,1$ ; б -  $e_0/h = 0,1-0,4$ ;

1 -  $a_T = 0,05$  мм; 2 -  $a_T = 0,1$  мм; 3 -  $a_T = 0,15$  мм;

4 -  $a_T = 0,2$  мм

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие .....	3
1. Общие положения .....	4
2. Оценка несущей способности сжатых железобетонных конструкций и элементов с доэксплуатационными трещинами .....	10
3. Примеры расчета .....	11
4. Предложения по методам заделки трещин .....	14
Приложение. Определение коэффициента $K_T$ .....	15

Рекомендации по оценке несущей способности сжатых железобетонных элементов с доэксплуатационными трещинами

Отдел научно-технической информации НИИЖБ  
109389, Москва, 2-я Институтская ул., д.6

Редактор Н.А.Романова

---

Л - 92027      Подписано в печать 01.07.86 г.    Заказ № 994  
Формат 60x84/16. Ротапринт. Усл.кр.-отт. 1,0.    Уч.-изд.л. 1,0.  
Тираж 300 экз.      Цена 15 коп.

---

Типография ПЭМ ВНИИИС Госстроя СССР  
121471, Москва, Можайское шоссе, д.25