

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 $a_r \leq 0,5$ мм;
- г) наклонные трещины с углом наклона к продольной оси элемента не менее 45° ;
- д) гибкость не более $l_0 / h = 15$.

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

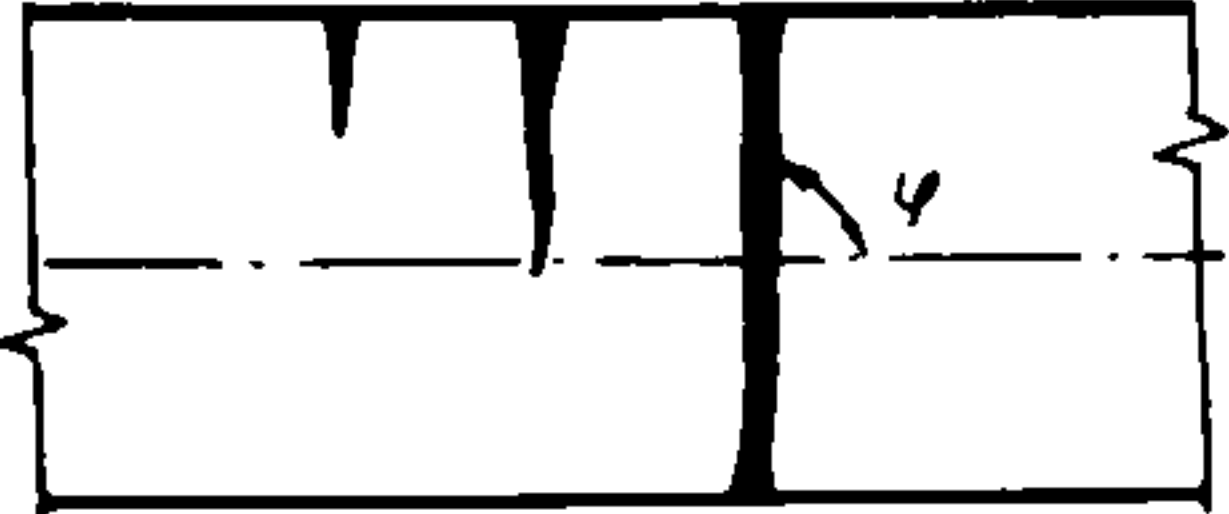
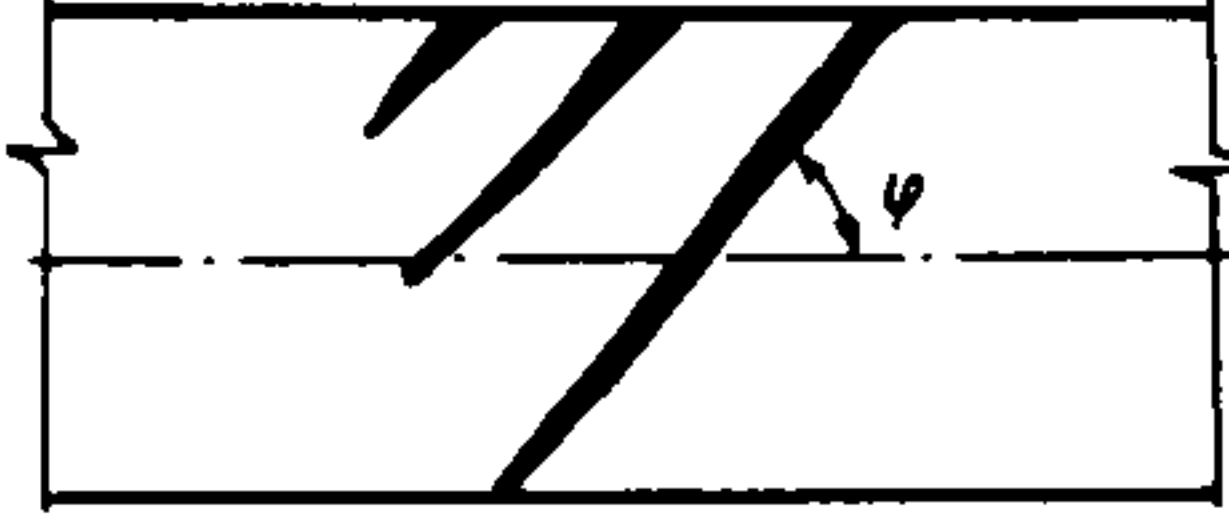
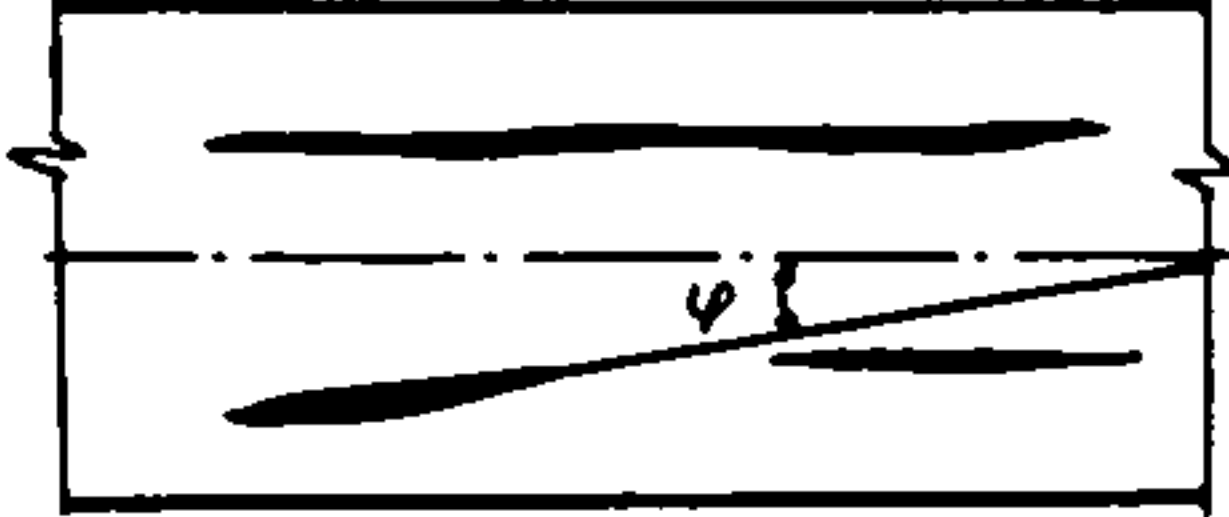
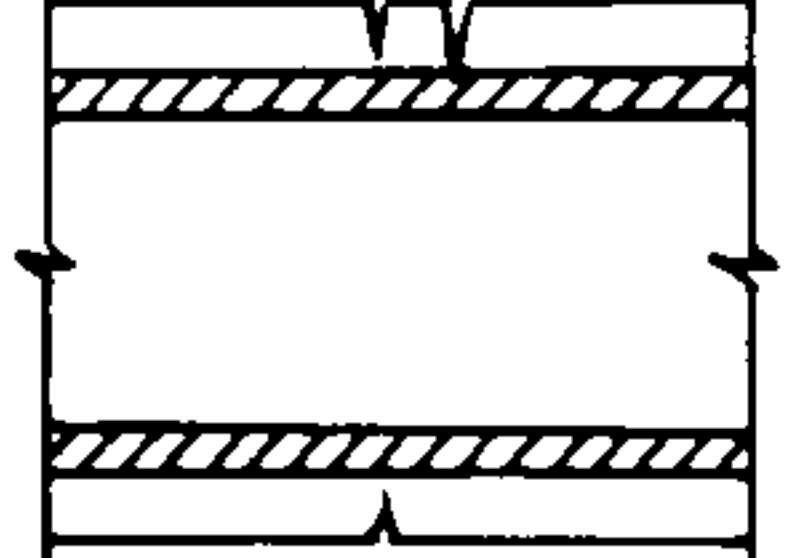
- изготовлении;
- распалубке;
- кантовании;
- подъеме и опускании;
- транспортировании;
- складировании;
- монтаже.

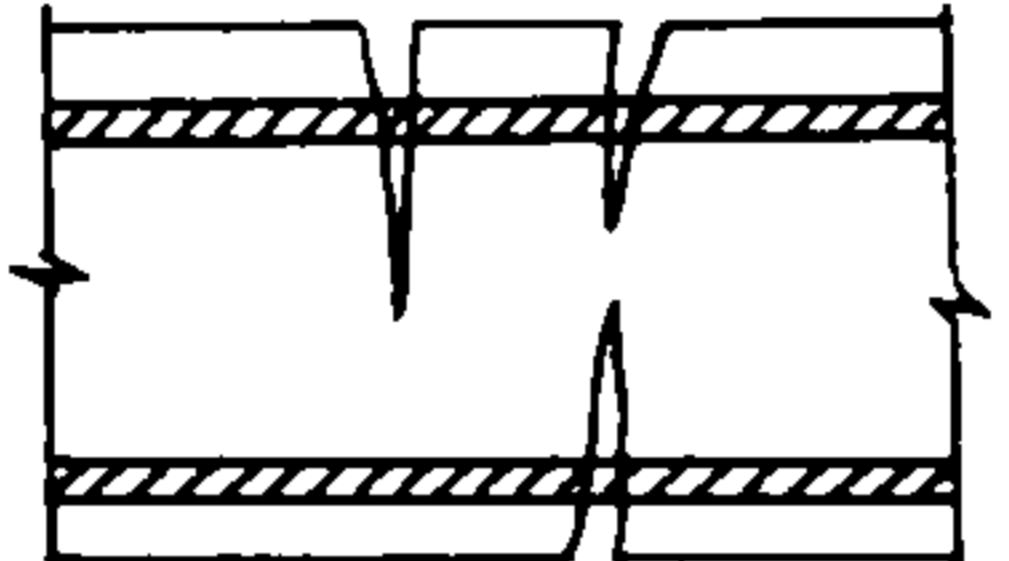
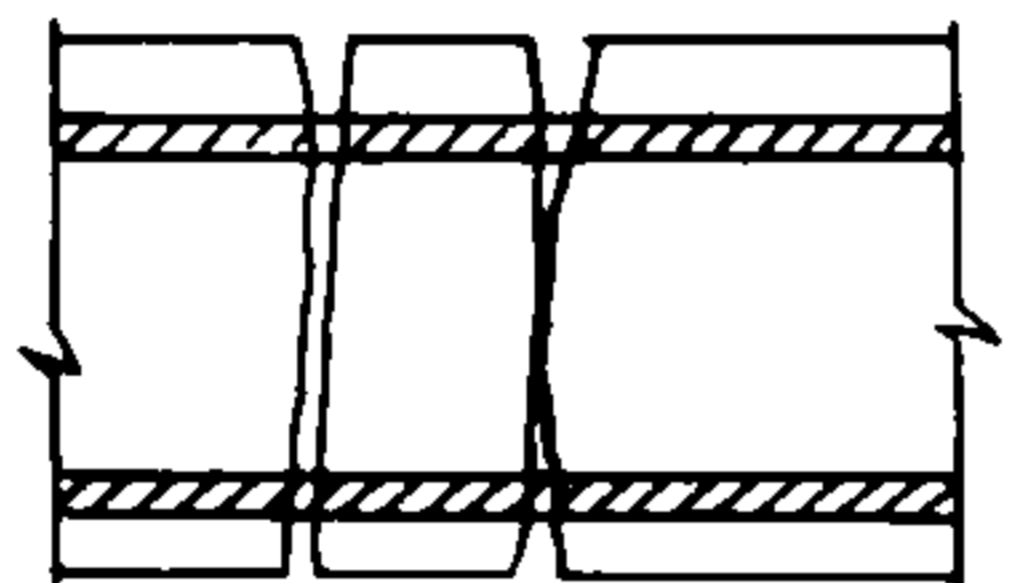
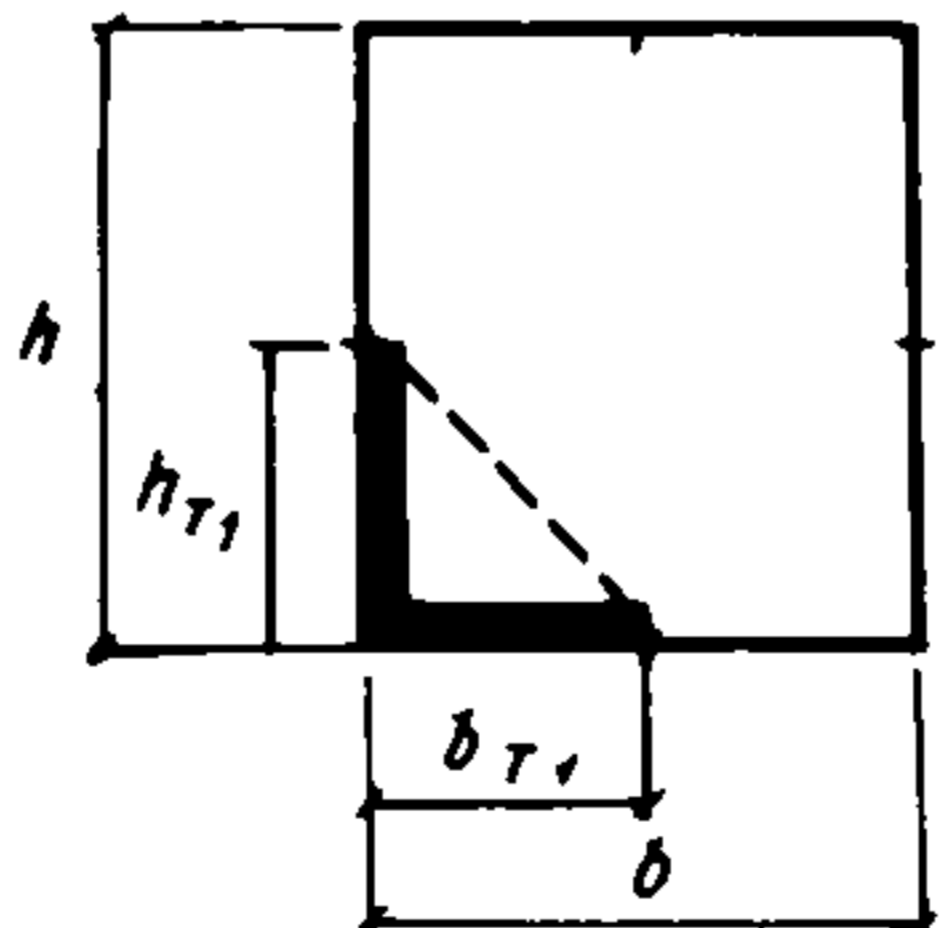
1.4. Группы трещин, классифицированных по виду и характеру распространения, приведены в табл.1.

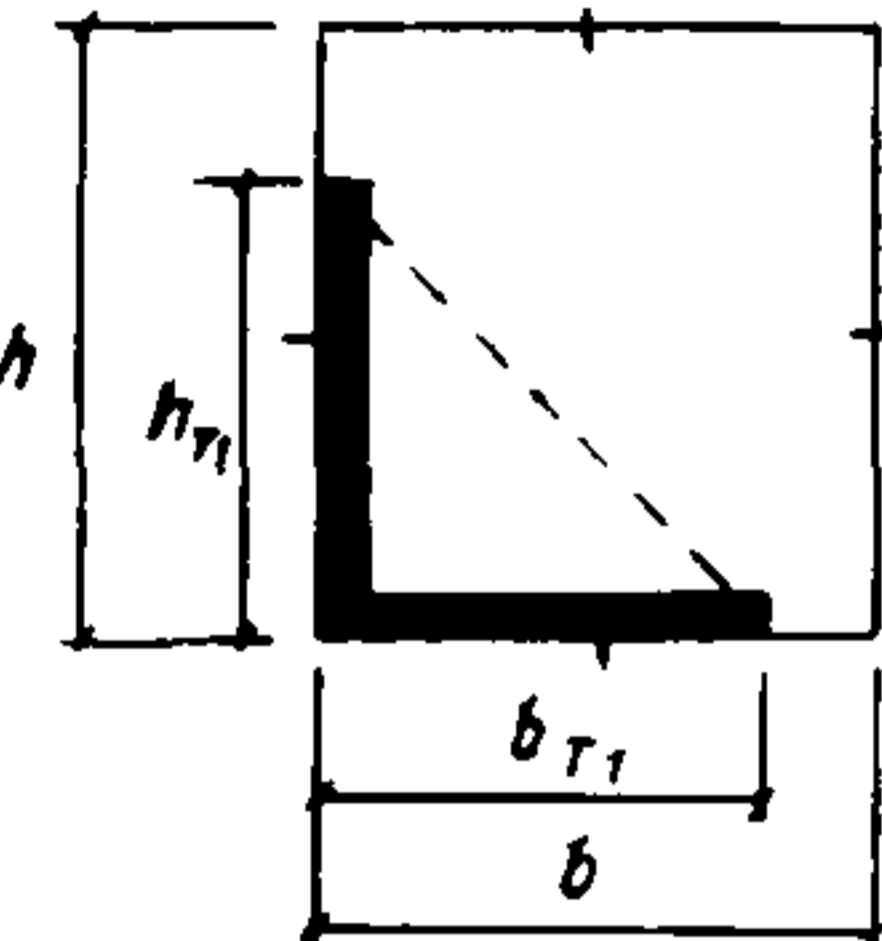
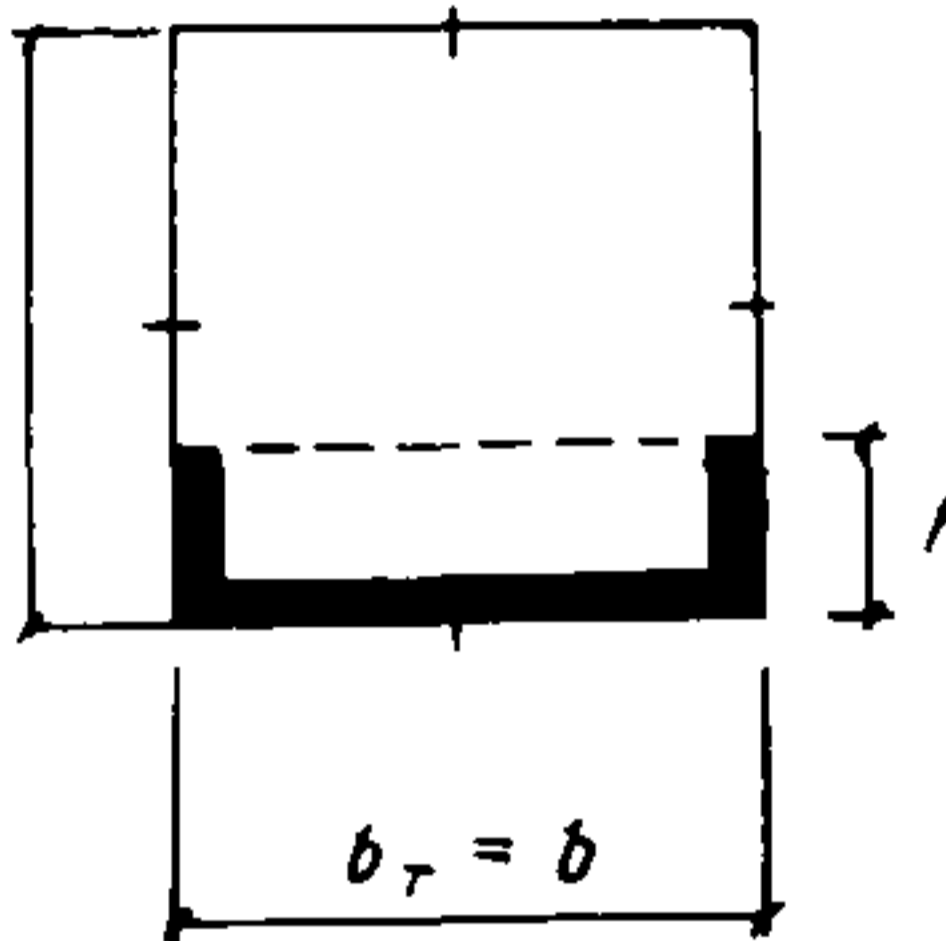
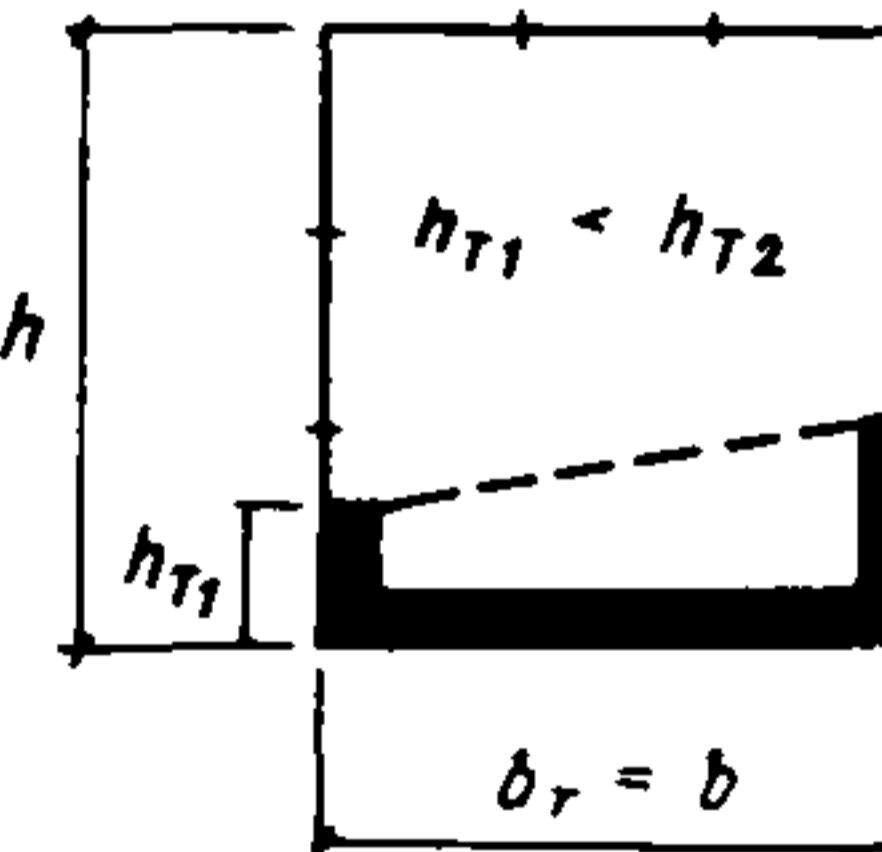
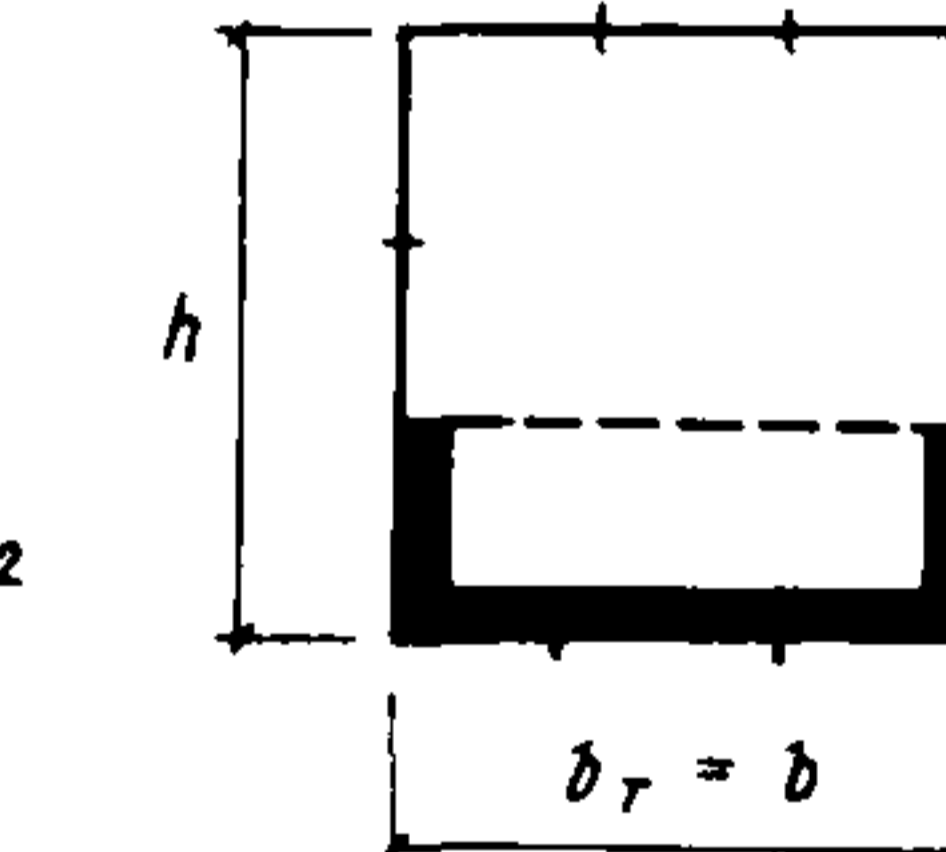
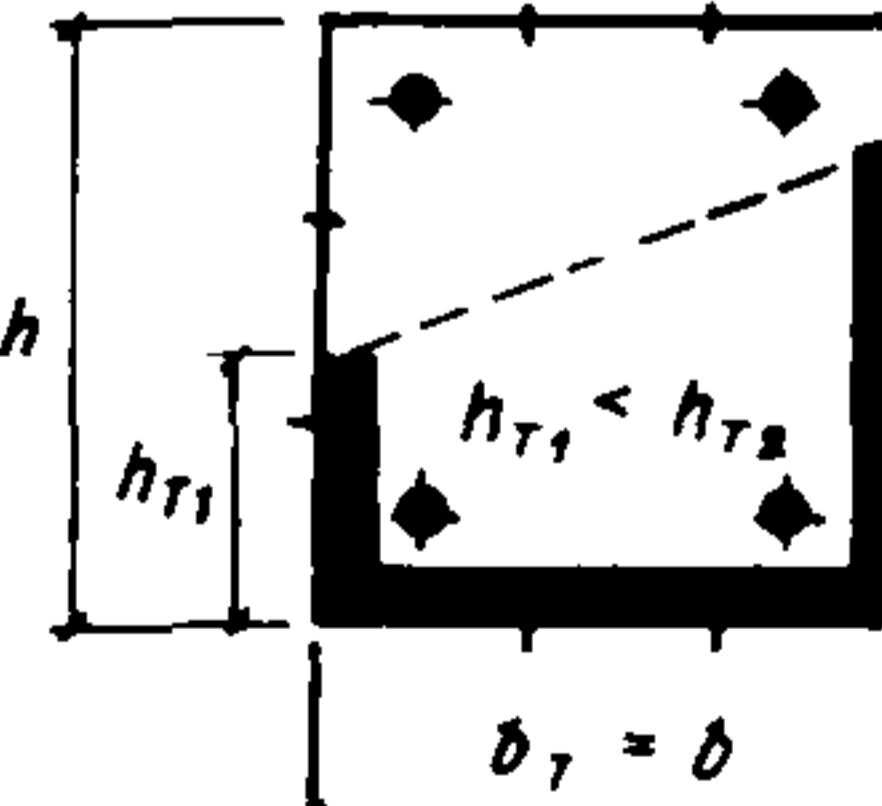
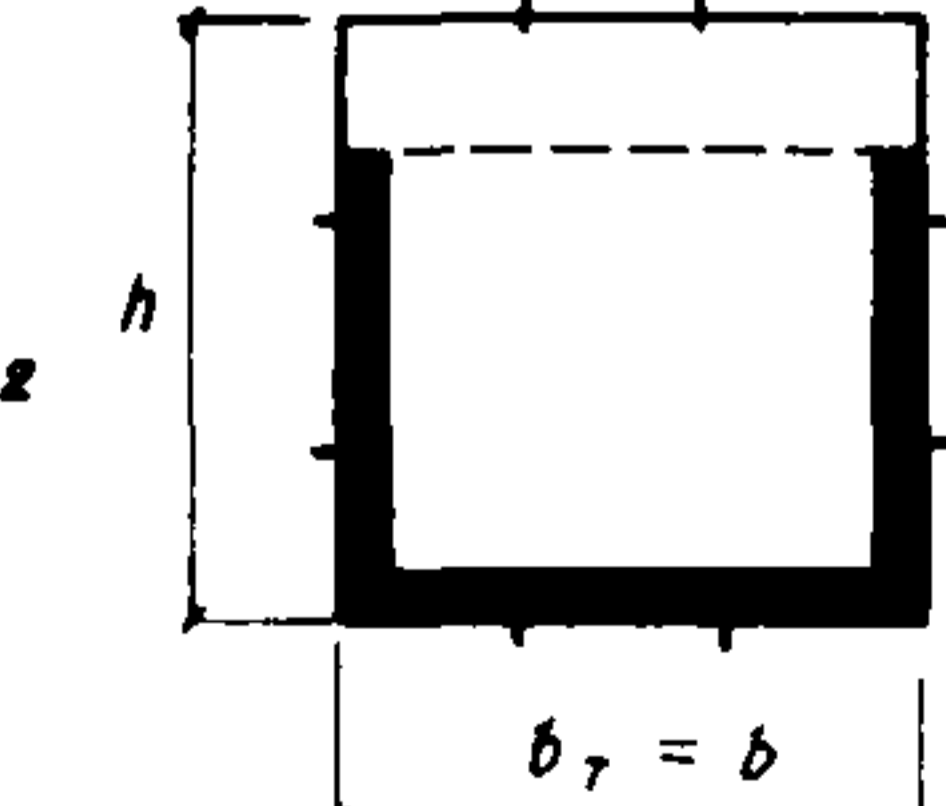
1.5. Виды трещин, различающихся по характеру развития в сжатых элементах, представлены в табл.2.

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

Таблица I

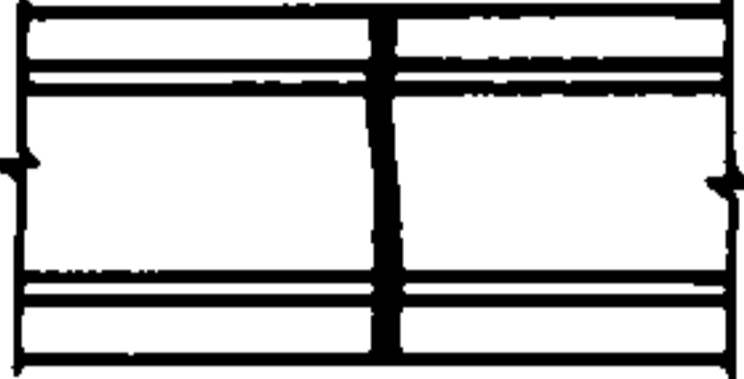
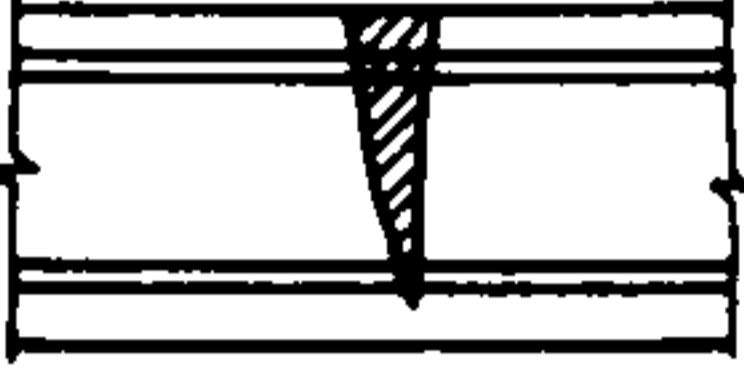
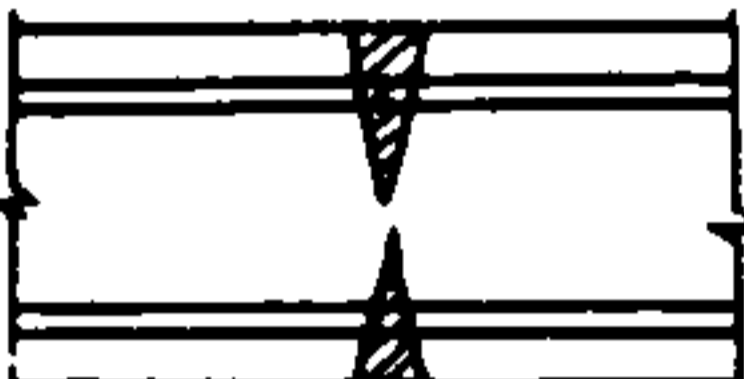
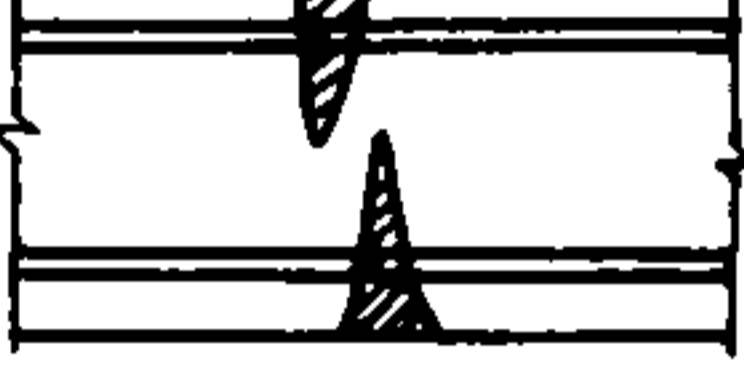
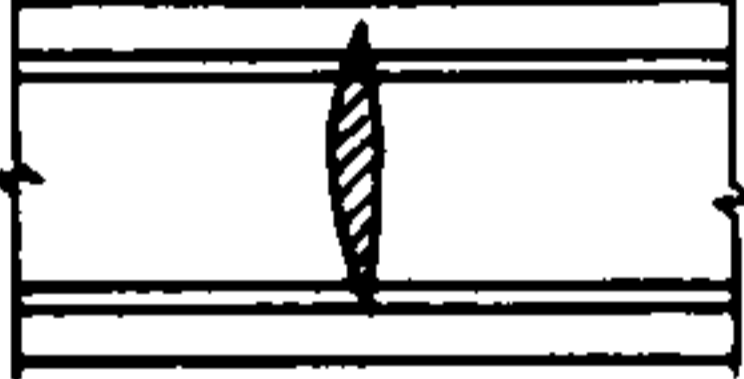

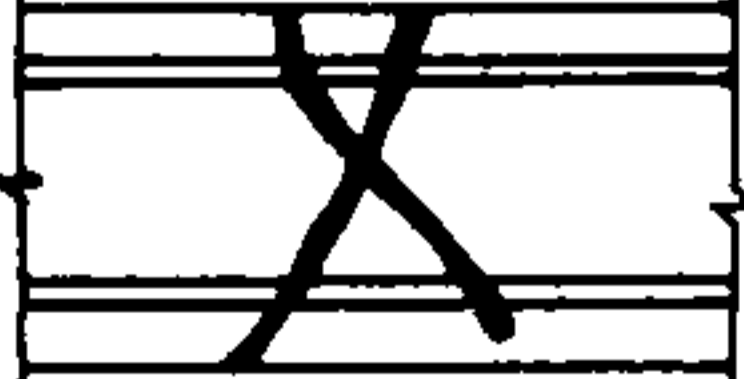

Наименование группы трещин	Эскиз	Характеристика трещин
I	2	3
1. <u>По направлению к оси элемента</u>		
а) нормальные		$75^\circ < \varphi \leq 90^\circ$
б) наклонные		$15^\circ \leq \varphi \leq 75^\circ$
в) продольные		$0 \leq \varphi < 15^\circ$
2. <u>По глубине проникания в тело бетона</u>		
а) поверхностные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

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

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

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

Таблица 2

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

$$N_{тр} = N^{расч.} \cdot K_{т} ,$$

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

Зависимость $K_{т}$ от вида трещин, ширины раскрытия трещин, относительно эксцентриситета сжимающей силы e_0/h и отношения длины распространения трещин на поверхности к размеру сечения $h_{т}/h$ (или $\delta_{т}/b$) приведена на рис.3, 4 приложения настоящих Рекомендаций. Графики даны для $h_{т}/h \geq 0,15$; при $h_{т}/h < 0,15$ коэффициент $K_{т}$ следует принимать равным единице.

2.2. Основными характеристиками трещин являются: средняя ширина раскрытия трещин на поверхности бетона $a_{т}$; величина отношения приведенной длины распространения трещины по сечению к полному линейному размеру сечения ($h_{т}/h$ или $\delta_{т}/b$, 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 $a_{т}$ 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 $h_{т}$ (или $\delta_{т}$) 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 $a_{т}$;

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).

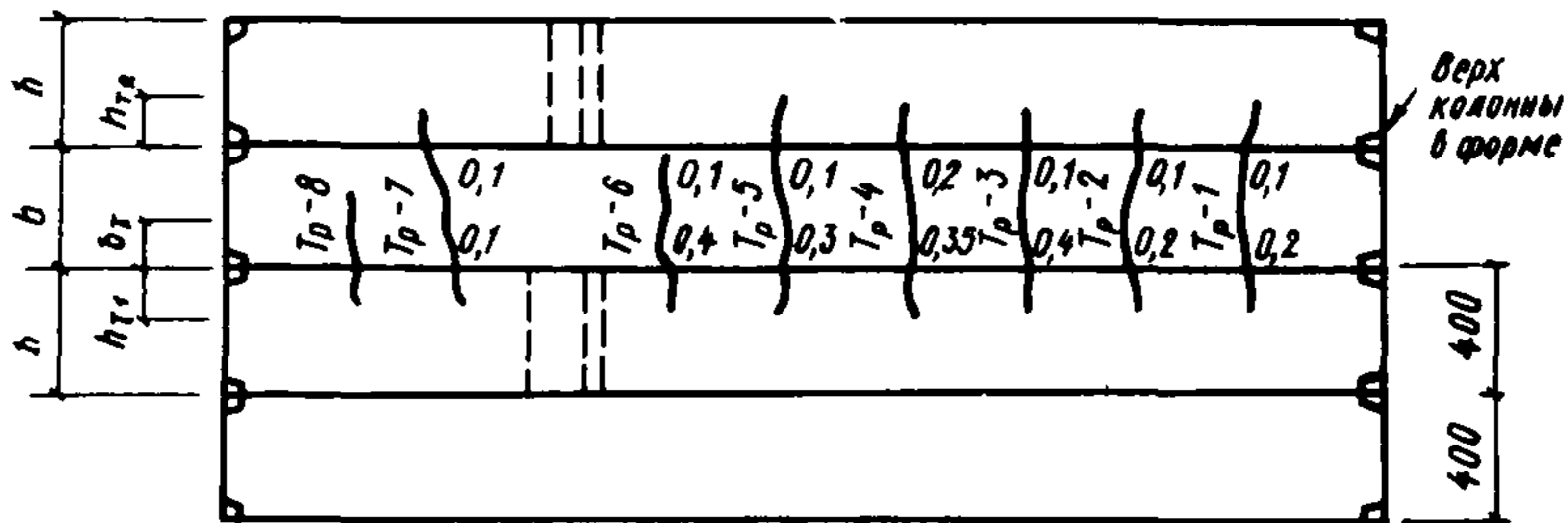


Рис.1. Схема трещин в колонне марки КФ-42-3У
(Пунктирной линией показаны места расположения консолей)

Длина колонны 4,2 м; сечение размером $h_T \times b = 40 \times 40$ см. Бетон марки М500, продольная арматура А-Ш 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 ($\xi > \xi_R$).

Таблица 3

Номер трещины	a_r^{max} , мм	h_{T1} , см	b_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)

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

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

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

$$N_{Tp} = 3635,6 \cdot 0,858 = 3119,3 \text{ кН.}$$

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

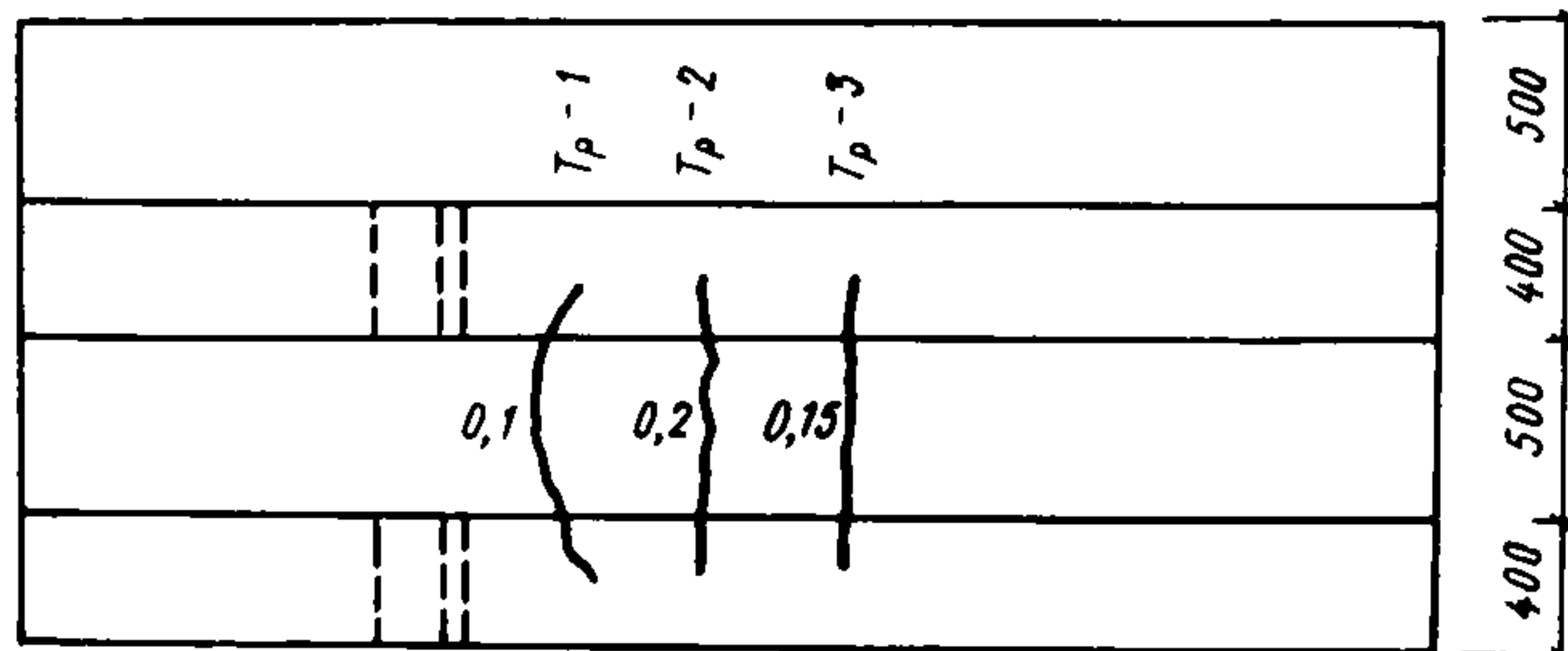


Рис.2. Схема трещин в колонне

(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° . Длина колонны 4,2 м, сечение размером 50x40 см. Бетон марки М300, продольная арматура А-III 4Ø28. $M_{внут.расч.} = 457$ кН.м; $M_{внешн.сил.расч.} = 403$ кН.м ($f > f_R$). Колонна работает со случайным эксцентриситетом.

Решение

При действии постоянных и кратковременных нагрузок для колонны без трещин имеем

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

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.1, поз.1,б).
Приведенную длину распространения трещины находим согласно п.2.7 настоящих Рекомендаций

$$b_{\tau 1} = 290 \cdot \cos(90^\circ - 55^\circ) = 290 \cdot 0,819 = 238 \text{ мм};$$

$$b_{\tau 2} = 240 \cdot \cos(90^\circ - 55^\circ) = 240 \cdot 0,819 = 197 \text{ мм};$$

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

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

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

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

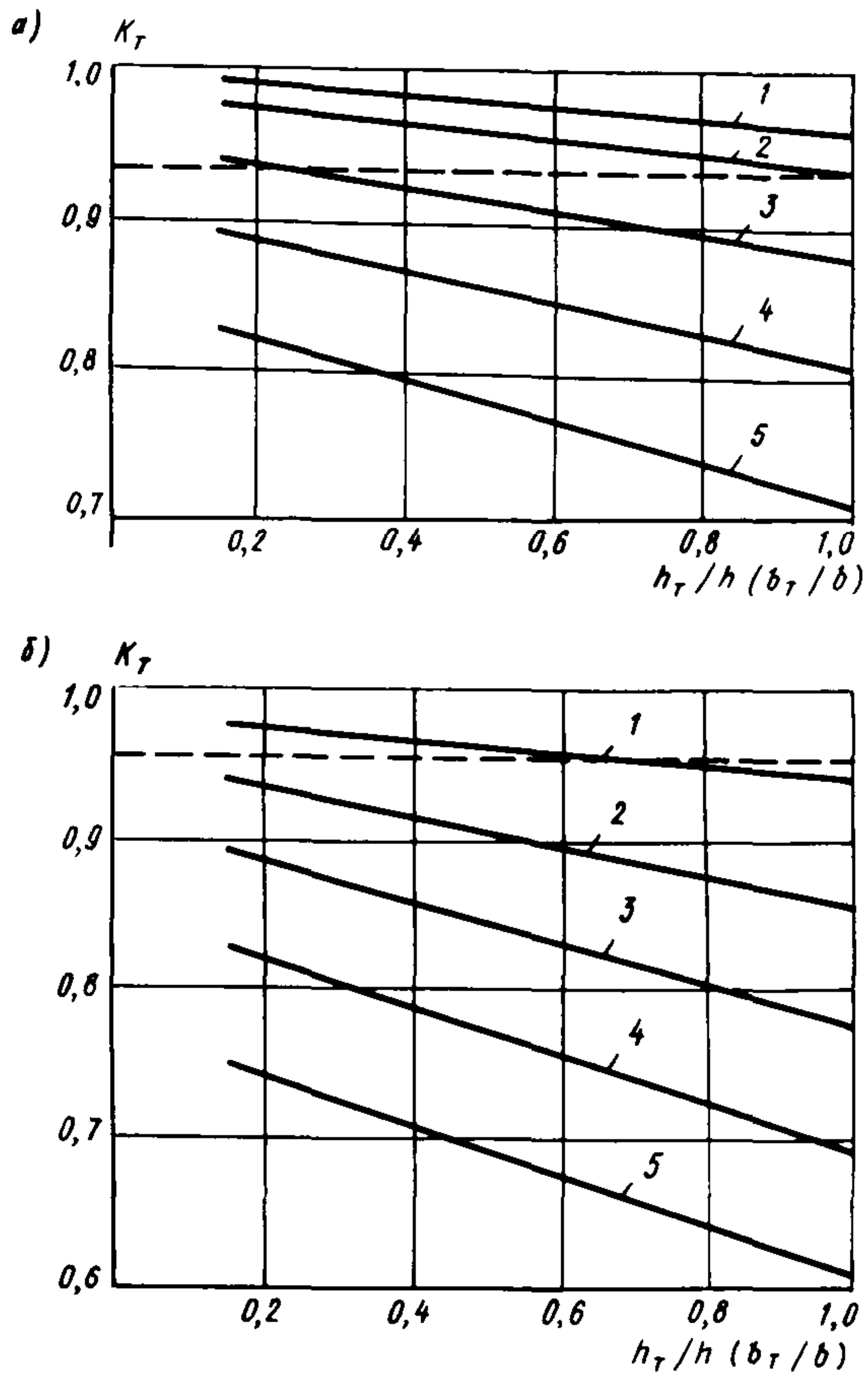


Рис.3. Зависимость K_T скатых элементов с нормальными трещинами от $h_T/h (b_T/b)$

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

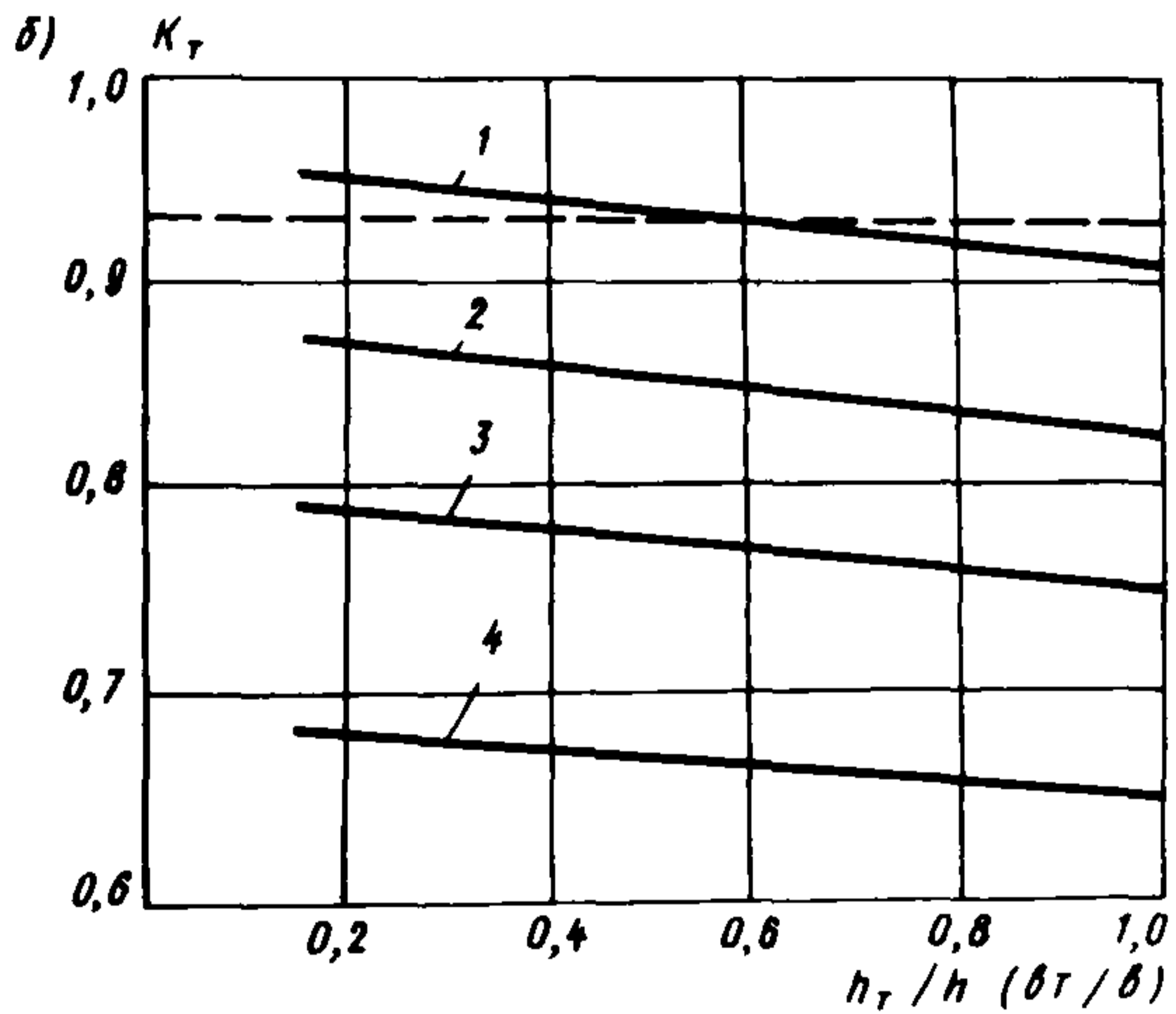
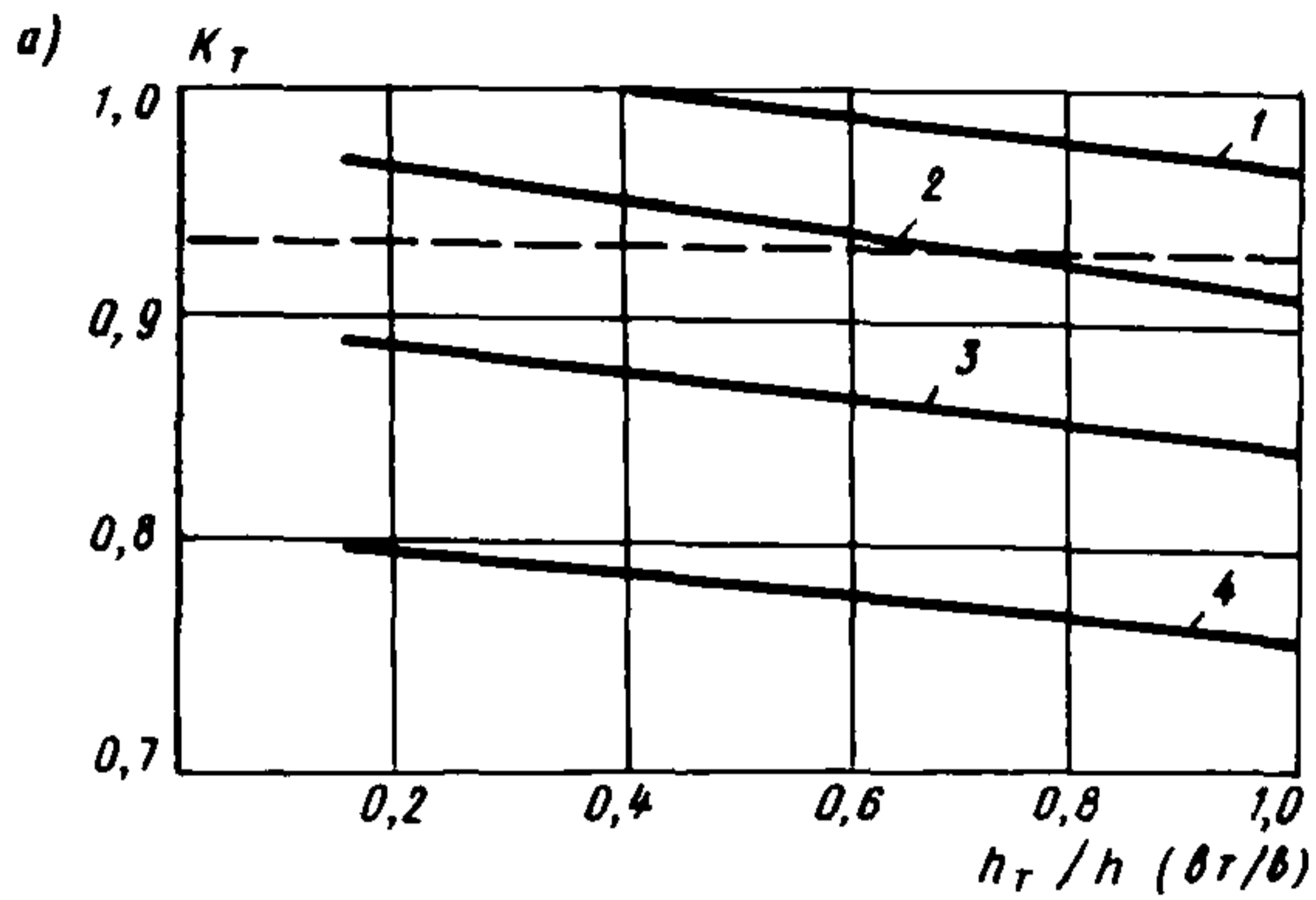


Рис.4. Зависимость K_T скатых элементов с наклонными трещинами от h_T/h (δ_T/b)

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
I. 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 № 984
Формат 60x84/16. Ротапринт. Усл.кр.-отт.1,0. Уч.-изд.л.1,0.
Тираж 300 экз. Цена 15 коп.

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