

ТИПОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ИЗДЕЛИЯ И УЗЛЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

СЕРИЯ 1.020.1-4

КОНСТРУКЦИИ РАМНОГО КАРКАСА МЕЖВИДОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ
ДЛЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

выпуск 0-9

УКАЗАНИЯ ПО ПОДБОРУ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА.

(вариант армирования изделий сталью классов Ат-IVС и Врп-I).

часть 1 КНИГА 1 (стр. 1÷56)

СТР. 1÷111

НАЧАЛО
24 166-01
ЦЕНА 8-59

ТИПОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ИЗДЕЛИЯ И УЗЛЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

СЕРИЯ 1.020.1-4

КОНСТРУКЦИИ РАМНОГО КАРКАСА МЕЖВИДОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ
ДЛЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

выпуск 0-9

УКАЗАНИЯ ПО ПОДБОРУ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА.

(вариант армирования изделий сталью классов Ат-IVС и Врп-I).

РАЗРАБОТАНЫ
ЦНИИПРОМЗДАНИЙ

ЗАМ. ДИРЕКТОРА

В.В. ГРАНЕВ

ЗАВ. ОТДЕЛОМ

Э.Н. КОДЫШ

ГЛ. ИНЖ. ПРОЕКТА

А.Я. КЛЕБАНОВ

ГЛ. ИНЖ. ПРОЕКТА

И.А. ВАЛЕНКОВА

ВЕД. НАУЧН. СОТР.

Л.Л. ЛЕМЫШ

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ПРОМСТРОЙПРОЕКТ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ
ЦЕНТР КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

ДИРЕКТОР

В.Т. АЛЕКСАНДРОВ

ГЛ. СПЕЦИАЛИСТ

С.А. ПЕРЕВОЗОВ

НИИЖББ :

Зам. директора ИИИ
Дуб. лаборатории
вед. научн. сотр.
Т.Н. Мамедов
Ю.П. Руща
Е.А. Чистяков

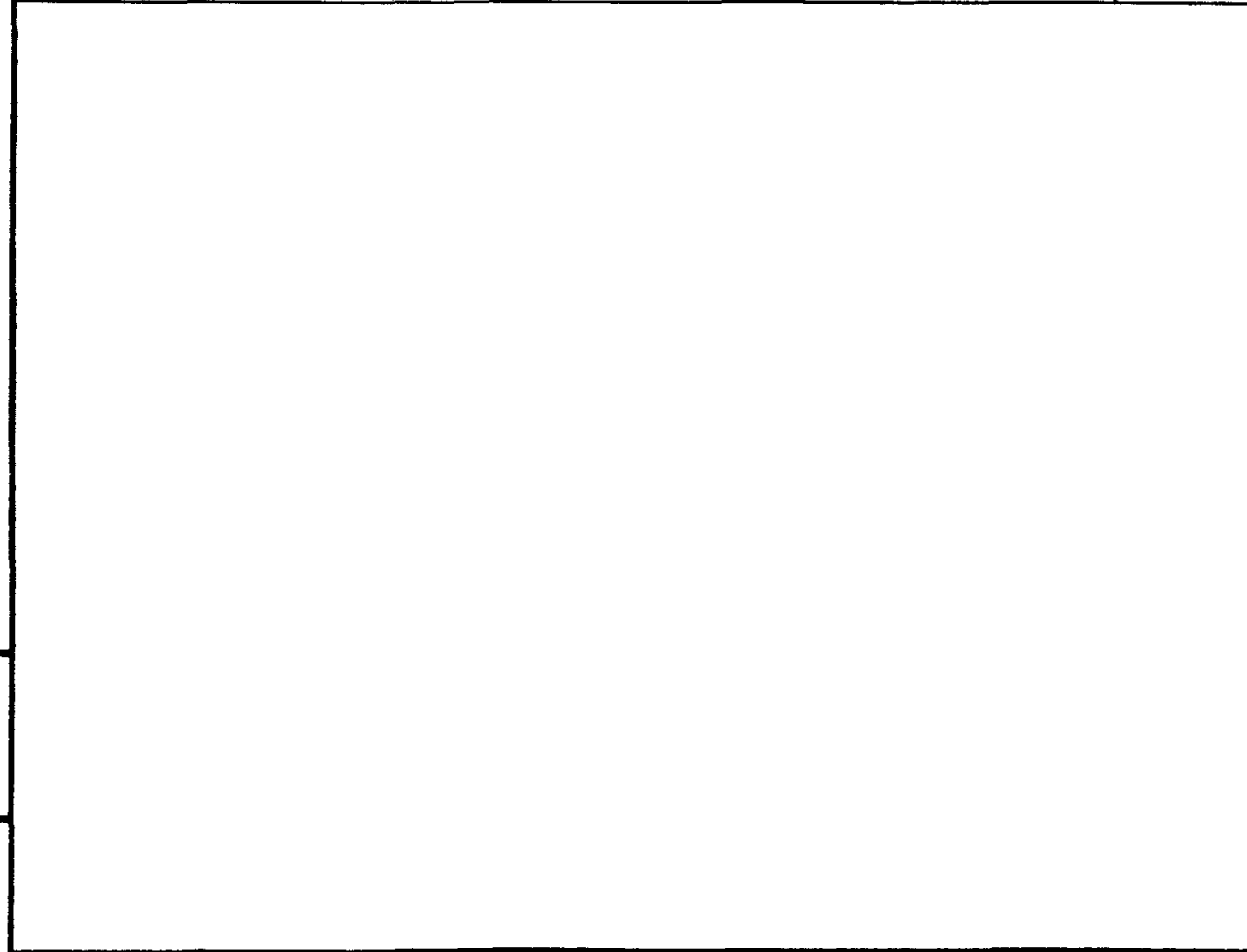
УТВЕРЖДЕНЫ
ГОССТРОЕМ СССР

письмо №4/5 - 1595 от 28.12.89г.

ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ
ЦНИИПРОМЗДАНИЙ с 01.06.90
ПРИКАЗ от 10.01.90 №2

© ЦИТП ГОССТРОЯ СССР, 1990

ОБОЗНАЧЕНИЕ ДОКУМЕНТА	Наименование	Стр.
1.020.1-4. 0-9-ПЗ	Пояснительная записка.	3
1.020.1-4. 0-9-001	Номенклатура и код несущей способности сечений колонн.	15
1.020.1-4. 0-9-002	Графики косоуго внецентренного сжатия сечений № 101а ... 139б.	16
1.020.1-4. 0-9-003	Эпюры несущих способностей по изгибающим моментам для ригелей.	328



1.020.1-4. 0-9			
НАЧ.ОТД.	Кодыш	<i>[Signature]</i>	Итого листов
П.И.Т.	Клебанов	<i>[Signature]</i>	Листов
Вед.Н.Сотр.	Лемыш	<i>[Signature]</i>	Р
Содержание			ЦНИИПРОМЗДАНИИ

Итого листов и листов в сборе

Итого листов и листов в сборе

I В выпуске 0-9 "Указания по подбору элементов каркаса" приведены графики зависимостей между $M_x; M_y; N$ а также между N и η позволяющие по усилиям, полученным из статического расчета каркаса, подбирать армирование сечений колонн, а также проверять выбранные сечения колонн по прочности по прямому и по косому внецентренному сжатию. Кроме того, приведена информация, необходимая для проверки принятых сечений колонн и ригелей по ширине раскрытия трещин $\alpha_{сче}$ в зависимости от агрессивности среды, в которой эксплуатируется данный элемент каркаса.

I.1. Графики на стр.16...327 пред назначены для проверки выбранных сечений колонн по прочности на косо внецентренное сжатие на совместное воздействие нормальной силы (N) и изгибающих моментов, действующих как в плоскости рамы (M_x), так и из плоскости (M_y). Этими же графиками можно пользоваться для проверки прочности колонн на "прямое" внецентренное сжатие, т.е. на совместное воздействие только N и M_x или только N и M_y

I.2. Усилия $N; M_x$ и M_y определяются из упругого расчета, без учета деформированной схемы. Возможное влияние деформированной схемы каркаса на способность сечения воспринимать действующие на него усилия учитывается коэффициентами η_x и η_y на которые умножаются изгибающие моменты - соответственно M_x и M_y

Графики $\eta_{x,y} = f(N; \gamma_e)$ сопутствуют графикам $N = f(M_x; M_y)$.

I.3. Графики $\eta_{x,y} = f(N; \gamma_e)$ построены для трех значений

γ_e (см. СНиП 2.03.01-84, ф-ла 2I), а именно:

для $\gamma_e = 1,0$ - вся нагрузка кратковременная (левый из трех графиков);

для $\gamma_e = 1,5$ - длительная нагрузка составляет половину от сум-

марной (средний график);

для $\gamma_e = 2,0$ - вся нагрузка длительная (правый график)

I.4. Каждый график $\eta_{x,y} = f(N; \gamma_e)$ представляет собою кривую, распадающуюся в нижней своей части на две ветви. Левая ветвь соответствует коэффициенту продольного изгиба, определенному из условия $e_{o,min} = \delta_{e,min} \cdot h$ где $\delta_{e,min}$ - см. СНиП 2.03.01-84, ф-ла 22;

h - размер сечения в плоскости изгибающего момента

Правая ветвь соответствует $e_{o,max} = \frac{[M_{max}]}{N}$,

где $[M_{max}]$ - несущая способность сечения по изгибающему моменту в плоскости его действия при одновременном действии на сечение нормальной силы N ; $[M_{max}]$ определяется по графику $N = f(M_x; M_y)$ в предположении, что момент "из плоскости" при этом равен нулю. Например, при определении $e_{o,max}$ в плоскости X момент в плоскости Y принимается равным нулю (см. пример подбора сечения колонны).

I.5. Зона графика, ограниченная двумя ветвями, определяет область возможного изменения коэффициента " η " в зависимости от величины действующего изгибающего момента M .

Если $M \leq e_{o,min} \cdot N$, то " η " определяется по левой ветви; если же

$M > e_{o,min} \cdot N$, то " η " определяется линейной интерполяцией

внутри зоны, ограниченной двумя ветвями графика.

I.6. Значения $M_q^m; N_q^m; M_w$ и N_w как в плоскости, так и из плоскости рамы определяются из статического расчета. Для некоторых габаритных схем рам при различных нагрузках эти значения при-

				1.020.1-4. 0-9 - ПЗ			
Исполн.	Корюш	Скел		Пояснительная записка	Исполн.	Лисит	
ГЛП	Клебанов	Аликин			Р	1	12
Вед.сот.	Лемкин	Лев			ЦНИИПРОМЗДРАНИИ		

ведены в вып.0-1 на стр.73,180.

I.7. Примеры пользования графиками на стр.16...327 приведены на стр.6...8

I.8. Проверка сечений колонн по ширине раскрытия трещин может производиться при помощи сопоставления действующих на сечение изгибающих моментов (при заданных нормальных силах) от нагрузок при $\gamma_f = 1$ с несущей способностью сечения по моменту $[M]$ определяемому по формуле

$$[M] = M_{\text{табл}} + \frac{N-1}{\Theta} \geq M$$

где $M_{\text{табл}}$ - значения усилий в тсм из табл., определенные в зависимости от армирования колонны и предельно допустимой ширины раскрытия трещин $[a_{\text{стр}}]$ принимаемой по

СНиП 2.03.11-85 табл.9 и по Пособию по проектированию защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций (к СНиП 2.03.11-85); N и M - соответственно нормальная сила и момент, действующие в сечении колонны. При этом $N = N_q^H$ и $M = M_q^H$

Θ - коэффициент пропорциональности, связывающий ширину допустимого раскрытия трещин $[a_{\text{стр}}]$ и армирование колонны $A_s = A'_s$

I.9. При определении " $M_{\text{табл}}$ " и " Θ " учитывались положения "Пособия по проектированию защиты от коррозии бетонных и железобетонных строительных конструкций (к СНиП 2.03.11-85 "Защита строительных конструкций от коррозии"), п.3.7 в части возможного увеличения допустимой ширины раскрытия трещин в зависимости от диаметров стержней продольной арматуры и их защитных слоев.

I.10. При определении нормативных значений усилий от длительнодействующей части нагрузок M_q^H и N_q^H допускается пользоваться усредненными коэффициентами перегрузки, приведенными в вып.0-2 на стр.4.

I.11. Примеры проверки сечений внецентренно сжатых колонн, по ширине раскрытия трещин приведены на стр.7

Степень агрессивного воздействия среды эксплуатации	$M_{\text{табл}} = f([a_{\text{стр}}])$ тсм, при $A_s = A'_s$												
	2Ф16АтIYC	2Ф18АтIYC	2Ф20АтIYC	2Ф22АтIYC	2Ф25АтIYC	2Ф28АтIYC	2Ф22АтIYC + 2Ф20АтIYC	2Ф32АтIYC	2Ф28АтIYC + 2Ф20АтIYC	2Ф32АтIYC + 2Ф20АтIYC	2Ф32АтIYC + 2Ф28АтIYC	4Ф32АтIYC	Θ
Неагрессивная	3,6	4,4	5,4	6,5	8,5	11,0	16,5	15,7	22,4	35,0*)	42,1*)	47,4*)	7,23
Слабоагрессивная	2,8	2,8	3,4	4,1	5,4	7,6	9,0	10,7	14,2	22,3	32,8	36,4	7,48
Среднеагрессивная	1,22	1,5	1,8	2,1	2,7	3,8	4,5	5,4	7,1	11,0	16,2	18,0	8,32

(усилия от длительно действующей части нормативных нагрузок, т.е. от нагрузок с $\gamma_f = 1$). Для случаев, отмеченных знаком *, $N = \bar{N}_q^H + N_w^H$ и $M = \bar{M}_q^H + M_w$

где \bar{N}_q^H и \bar{M}_q^H - усилия от полной вертикальной нагрузки с $\gamma_f = 1$; N - в тс; M - в тс.м.

2. Особенности расчета

железобетонных конструкций с ненапрягаемой продольной арматурой класса Ат-IYC.

2.1. Проектирование железобетонных конструкций с применением ненапрягаемой арматуры классов Ат-IYC (диаметром 10-32 мм)

производится согласно указаниям СНиП 2.03.01-84, а также дополнительным положениям, приведенным ниже. **)

2.2. Расчетные сопротивления сжатию ненапрягаемой арматуры класса Ат-IVС при действии нагрузки согласно СНиП 2.03.01-84 табл. I5, п.26, принимаются равными

$$R_{sc} = 400 \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2, \text{ (МПа),}$$

но не более 450 МПа,

где $\gamma_1 = 1 + \frac{A_{s1}}{A}$

но не более 1,05,

$$\gamma_2 = 1,25 - 0,25 \frac{x}{h}$$

но не более 1,1.

Здесь: A_{s1} - при симметричном армировании: площадь сечения всей арматуры в пределах поперечного сечения элемента; при несимметричном армировании: удвоенная площадь сечения арматуры, расположенной у наиболее сжатой грани элемента; остальные обозначения принимаются по СНиП 2.03.01-84. Расчетные сопротивления сжатию ненапрягаемой арматуры класса Ат-IVС при действии нагрузки согласно СНиП 2.03.01-84, табл. I5, п.2а принимаются равными $R = 450$ МПа.

В формулы (25), (67) и (69) СНиП 2.03.01-84 подставляется значение $\sigma_{sc,u} = 400 \gamma_1$.

2.3. Расчет элементов с арматурой класса Ат-IVС по формулам общего случая (СНиП 2.03.01-84, п.3.28) производится с учетом следующего:

При действии нагрузок согласно СНиП 2.03.01-84 табл. I5, поз.

26, напряжения в i -ом стержне при выполнении условия

$$h_{oz} \geq h_{oi}, \text{ где } h_{oz} = x \left(\gamma_1 + \frac{\omega}{1,1} - 1 \right) / (\omega \cdot \gamma_1)$$

определяются по формулам

$$\sigma_{si} = -400 \left[1 + (\gamma_1 \cdot \gamma_2 - 1) \cdot \frac{h_{oz} - h_{oi}}{h_{oz} - a} \right] \text{ (МПа),}$$

где $a = 0,1h$, но не более h_{oi}

и принимаются не менее - 450 МПа,

где $\gamma_1 = 1 + \frac{A_s^*}{A}$, но не более 1,05,

$$\gamma_2 = 1,25 - 0,25 \frac{x}{h}, \text{ но не более 1,1;}$$

A_s^* - удвоенная площадь сжатых стержней, удовлетворяющих условию $h_{oi} \leq 0,5x$, принимаемая не менее $2A_{s1}$ и не более площади сечения всей арматуры.

h - проекция отрезка, соединяющего наиболее сжатую и наиболее растянутую (наименее сжатую) точки сечения на ось, перпендикулярную прямой, ограничивающую сжатую зону.

Остальные обозначения - см. п.3.28 СНиП 2.03.01-84.

Значение $\sigma_{sc,u} = 400 \gamma_1$ следует использовать только при учете нагрузок согласно табл. I5, поз.26, СНиП 2.03.01-84.

2.4. Для конструкций из тяжелого бетона класса В20 и выше, эксплуатируемых в помещениях отапливаемых зданий с сухим и нормальным влажностным режимом с неагрессивной средой, предельно допустимая ширина раскрытия нормальных трещин принимается равной:

при расстояниях C между продольными растянутыми стержнями класса Ат-IVС в плоскости растянутой грани, удовлетворяющих условию $C \leq 250$ мм, $a_{сгс1} = 0,50$ мм; $a_{сгс2} = 0,40$ мм,

при $250 \text{ мм} < C \leq 350 \text{ мм}$ - $a_{сгс1} = 0,45$ мм; $a_{сгс2} = 0,35$ мм,

при $C > 350$ мм - $a_{сгс1} = 0,40$ мм; $a_{сгс2} = 0,30$ мм.

При значениях $a_{сгс1}$ и $a_{сгс2}$, превышающих приведенные в СНиП 2.03.01-84, необходимо выполнение условия: $\sigma_s \leq 0,8 R_{s,сет}$

2.5. При проектировании железобетонных конструкций с ненапрягаемой арматурой классов Ат-IVС следует учитывать указания "Пособия по проектированию защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций", НИИЖБ, ЦНИИПромзданий, 1966. При этом для конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах, соответствующие требования для стали класса Ат-IVС должны применяться такими же, как для стали класса А-IV.

***) Примеры расчета, выполненные с учетом положений настоящего раздела - см. стр. 6...14

СНБ 10011 Подпись и дата

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ СЕЧЕНИЯ КОЛОННЫ С ПОМОЩЬЮ ГРАФИКОВ КОСОГО ВНЕЦЕНТРЕННОГО СЖАТИЯ.

Пример 51

Продольная арматура колонны $A_s = A'_s = 2\phi 22AтIУС + 2\phi 20AтIУС$

Бетон - класса В22,5

Расчетные длины: $L_{ox} = 4,32$ м

$L_{oy} = 4,80$ м

Коэффициент условий работы, $\gamma_{b2} = 1,1$

Действующие усилия $N_q = 212,5$ тс

(из статического расчета): $M_x = M_q = 9,0$ тс·м

$M_y = M_w = 5,0$ тс·м

Вся нагрузка "q" принята длительно действующей, т.е. $\gamma_e = 2,0$ (см. СНиП 2.03.01-84, п.3.6).

По графикам $\eta = f(N)$ определяется η_x и η_y

Поскольку коэффициенту $\gamma_e = 2,0$ соответствует нижний график, то $\eta_x = 1,36$ и $\eta_y = 1,83$.

Приведенные значения усилий будут равны $M \cdot \eta$:

$$M_x = M_q \cdot \eta_x = 9,0 \cdot 1,36 = 12,24 \text{ тс}\cdot\text{м}$$

$$M_y = M_w \cdot \eta_y = 5,0 \cdot 1,83 = 9,15 \text{ тс}\cdot\text{м}$$

При $M_x = 12,24$ тс·м и $M_y = 9,15$ тс·м

$$[N] = 239,9 \text{ тс} > N_q = 212,5 \text{ тс} ,$$

т.е. сечение удовлетворяет требованию прочности

Пример 52

Действующие усилия: $N_q = 75$ тс

$$M_x = M_q = 8,0 \text{ тс}\cdot\text{м}$$

$$M_y = M_w = 5,0 \text{ тс}\cdot\text{м}$$

Принимаем, что длительная часть нагрузки "q" составляет половину от суммарной, т.е. $\gamma_e = 1,5$. В этом случае для определения η_x и η_y используется средний график $\eta = f(N)$ в нижней своей части в зоне, ограниченной двумя ветвями этого графика

По оси X, при $L_{ox} = 4,32$ м

Значение минимального эксцентриситета $e_{o\min}^x = 0,100$ м и

$$M_{x\min} = e_{o\min}^x \cdot N = 0,100 \cdot 75 = 7,5 \text{ тс}\cdot\text{м} < M_x = M_q = 8,0 \text{ тс}\cdot\text{м}$$

Поскольку $M = f(q; w) > M_{\min} = e_{o\min} \cdot N$,

то искомое значение коэффициента " η_x " находится внутри зоны, ограниченной двумя ветвями графика.

Правой (нижней) ветви соответствует $M_{x\max} = 30,4$ (максимальный приведенный момент для $N = 75$ тс - определяется по графику несущей способности $[N] = f(M_x; M_y)$ при значении момента

другого направления равном нулю). При $N = 75$ тс по правой ветви, $\eta_{x\max} = 1,14$ и максимальный момент, который может быть вос-

принят сечением в этом случае будет равен $[M]_{x\max} = \frac{M_{x\max}}{\eta_{x\max}} =$

$$\frac{30,4}{1,14} = 26,67 \text{ тс}\cdot\text{м}. \text{ По левой ветви при } N = 75 \text{ тс определяем } 1,14$$

$\eta_{x\min}$ соответствующий $M_{x\min} = 7,5$ тс·м: $\eta_{x\min} = 1,04$.

Таким образом, по левой ветви определяется коэффициент $\eta_{x\min} = 1,04$, соответствующий $M_{x\min} = e_{o\min}^x \cdot N = 7,5$ тс·м, а по правой ветви был определен коэффициент $\eta_{x\max} = 1,14$, соответствующий

$$[M]_{x\max} = 26,67 \text{ тс}\cdot\text{м}$$

При действующем усилии $M_q = 8,0$ тс·м коэффициент η_x определяется по линейной интерполяции по формуле:

$$\eta_x = \frac{(\eta_{x\max} - \eta_{x\min})(M_q - M_{x\min})}{[M]_{x\max} - M_{x\min}} =$$

$$= \frac{(1,14 - 1,04)(8,0 - 7,5)}{26,67 - 7,5} + 1,04 = 1,043$$

Аналогично, по оси Y при $L_{oy} = 4,8$ м:
 $e_{o,min}^y = 0,095$ м и $M_{y,min} = e_{o,min}^y \cdot N = 0,095 \cdot 75 = 7,125$ тс.м $>$
 $> M_y = M_w = 5,0$ тс.м

Поскольку $M = f(q; w) < M_{min} = e_{o,min} \cdot N$
 то коэффициент η определяется по левой ветви, соответствующей M_{min} .

Определяем $\eta_{y,min}$ при $N = 75$ тс по левой ветви: $\eta_{y,min} = 1,13$

Приведенные моменты $M_x = M_q \cdot \eta_x = 8,0 \cdot 1,043 = 8,344$ тс.м
 $M_y = M_w \cdot \eta_y = 5,0 \cdot 1,13 = 5,65$ тс.м

По графику $[N] = f(M_x; M_y)$ $[N] = 287,5$ тс $\gg N_q = 75$ тс
 следовательно, сечение удовлетворяет требованию прочности.

Пример №3

Действующие усилия:
 $N_q = 175$ тс
 $M_x = M_q = 110$ тс.м
 $M_y = M_w = 100$ тс.м

Принимаем, что длительная часть нагрузки q составляет половину от суммарно*, т.е. $\gamma_e = 1,5$

Коэффициенты η_x и η_y определяются по среднему графику, при $L_{ox} = 4,32$ м и $L_{oy} = 4,80$ м

По оси X:

$M_{x,min} = e_{o,min}^x \cdot N = 0,100 \cdot 175 = 17,5$ тс.м $> M_x = 11,0$ тс.м
 следовательно, коэффициент η определяется по левой ветви графика $\eta_x = 1,23$

По оси Y:

$M_{y,min} = e_{o,min}^y \cdot N = 0,095 \cdot 175 = 16,625$ тс.м $> M_y = 100$ тс.м, следовательно, по левой ветви $\eta_y = 1,384$

Приведенные моменты $M_x = M_q \cdot \eta_x = 11,0 \cdot 1,23 = 13,53$ тс.м

$$M_y = M_w \cdot \eta_y = 10,0 \cdot 1,384 = 13,84$$

На графике $[N] = f(M_x; M_y)$
 при M_x и M_y определяем $[N] = 187,5$ тс $> N_q = 175$ тс
 Следовательно сечение проходит по прочности.

ПРОВЕРКА СЕЧЕНИЯ КОЛОННЫ ПО ДОПУСТИМОЙ
 ШИРИНЕ РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН.

Пример №4

Требуется проверить сечение колонны при $A_s = A'_s = 2\phi 32 \text{AtIUC}$
 эксплуатируемый в условиях среднеагрессивной среды
 Усилия от длительнодействующих нормативных нагрузок:

$$N_q^H = 57,5 \text{ тс}$$

$$M_q^H = 18,7 \text{ тс.м}$$

Из таблицы находим: $M_{табл} = 10,7$ тс.м; $\Theta = 7,48$

$$[M] = 10,7 + \frac{57,5 - 1}{7,48} = 18,25 \text{ тс.м} < M_q^H = 18,7 \text{ тс.м} - \text{сечение не проходит: необходимо увеличить сечение } A_s = A'_s$$

При $A_s = A'_s = 2\phi 28 \text{AtIUC} + 2\phi 20 \text{AtIUC}$; $M_{табл} = 14,2$ тс.м

$$[M] = 14,2 + \frac{57,5 - 1}{7,48} = 21,75 \text{ тс.м} > M_q^H = 18,7 \text{ тс.м, следовательно, сечение проходит.}$$

Пример №5

Требуется проверить сечение колонны при $A_s = A'_s = 4\phi 32 \text{AtIUC}$, эксплуатируемой в условиях без агрессии. Поскольку при этих данных $M_{табл}$ отмечено знаком*) определяем усилия от полной вертикальной и от ветровой нагрузок с $\gamma_f = 1$ (т.е. от нормативных нагрузок).

1.020.1-4 0-9 - ПЗ

5

$$\bar{N}_q^H = 76,0 \text{ тс} ; N_W^H = 4,0 \text{ т} ; N = \bar{N}_q^H + N_W^H = 80,0 \text{ т}$$

$$\bar{M}_q^H = 54,0 \text{ тс.м} ; M_W^H = 3,0 \text{ тс.м} ; M = \bar{M}_q^H + M_W^H = 57,0 \text{ тс.м}$$

Из таблицы $M_{табл} = 47,4 \text{ тс.м} ; \theta = 7,23$

$$[M] = 47,4 + \frac{800 - 1}{7,23} = 58,33_{\text{тс.м}} > \bar{M}_q^H + M_W^H = 57,0_{\text{тс.м}}, \text{следо-}$$

вательно сечение проходит.

Для случаев расчета колонн, не охваченных материалами вып. 0-9, подбор сечений может производиться по методике раздела 2 "Особенности расчета". Применение этой методики иллюстрируется примерами № 6 и 7.

РАСЧЕТ СЕЧЕНИЯ ПО ПРОЧНОСТИ

Пример №6 Дано: Нижняя крайняя колонна поперечной рамы 2-6-5 (4.8) - II,0 - ША; размеры сечения $b = 40 \text{ см}, h = 40 \text{ см}, a = a' = 5 \text{ см}$; арматура класса Ат-IVс площадью сечения $A_s = A'_s = 12,32 \text{ см}^2$ (2Ø28 АтIVс) ($R_s = 5200 \text{ кг/см}^2, E_s = 1,9 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2$); класс бетона В25 ($E_b = 2,75 \cdot 10^5 \text{ кгс/см}^2$); усилия: постоянные (от собственного веса конструкций) - $M_{св} = 2,75 \text{ тс.м}, N_{св} = 91,14 \text{ тс}$; длительные $M_{дл} = 6,98 \text{ тс.м}, N_{дл} = 88,57 \text{ тс}$; кратковременные (от ветровой нагрузки) $M_{в} = 5,66 \text{ тс.м}, N_{в} = 10,13 \text{ тс}$. Усилия получены из расчета рамы по недеформируемой схеме.

Требуется проверить прочность сечения.

Расчет. Прочность колонн проверяется для двух сочетаний нагрузок:

а) при учете постоянных и длительных нагрузок расчетное сопротивление бетона сжатию R_b принимаются при $\gamma_{b2} = 0,9$ ($R_b = 133 \text{ кгс/см}^2$), расчетное сопротивление арматуры класса Ат-IVс сжатию $R_{sc} = 4500 \text{ кгс/см}^2$; коэффициент сочетания нагрузок $\psi = 1$;

б) при учете всех нагрузок, включая ветровые, сопротивление бетона сжатию R_b принимается при $\gamma_{b2} = 1,1$ ($R_b = 163 \text{ кгс/см}^2$), сопротивление арматуры класса Ат-IVс сжатию $R_{sc} = 4000 \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \leq 4500 \text{ кгс/см}^2$; коэффициенты сочетания для длительных нагрузок $\psi_1 = 0,95$, для кратковременных $\psi_2 = 0,9$.

Расчет по случаю "а". $h_0 = h - a = 40 - 5 = 35 \text{ см}$;

$$N = N_{св} + N_{дл} = 91,14 + 88,57 = 179,71 \text{ тс},$$

$$M = M_{св} + M_{дл} = 2,75 + 6,98 = 9,73 \text{ тс.м}.$$

Определяем высоту сжатой зоны "x" в предположении, что растянутая арматура работает с полным расчетным сопротивлением ($R_s = 5200 \text{ кгс/см}^2$):

$$x = \frac{R_s A_s + N - R_{sc} A'_s}{R_{об}} = \frac{5200 \cdot 12,32 + 179710 - 4500 \cdot 12,32}{133 \cdot 40} = 35,41 \text{ см}.$$

Данное предположение будет правильным при условии $x \leq \xi_R h_0$.

Определим величину ξ_R .

$$\xi_R = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_{SR}}{\sigma_{ссу}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,74}{1 + \frac{9200}{5000} \left(1 - \frac{0,74}{1,1}\right)} = 0,46,$$

где $\omega = \alpha - 0,0008 \cdot R_b = 0,85 - 0,0008 \cdot 133 = 0,74$;

$$\sigma_{SR} = R_s + 4000 = 5200 + 4000 = 9200;$$

$$\sigma_{ссу} = 5000.$$

Так как $x = 35,41 \text{ см} > \xi_R h_0 = 0,46 \cdot 35 = 16,1 \text{ см}$, напряжение в растянутой арматуре $\sigma_s < R_s$. Поэтому высоту сжатой зоны x и напряжение σ_s определяем согласно общему случаю расчета (СНИП 2.03.01-84, п.3.28) из совместного решения уравнений:

$$R_{об} x + R_{sc} A'_s - \sigma_s A_s - N = 0;$$

1.020.1-4. 0-9-13

лист

6

$$\sigma_s = \frac{\sigma_{sc,u}}{1 - \frac{\omega}{1,1}} \left(\frac{\omega \cdot h_0}{x} - 1 \right).$$

После постановки получаем уравнение относительно величины x :

$$133 \cdot 40 \cdot x + 4500 \cdot 12,32 - \frac{5000}{1 - \frac{0,74}{1,1}} \cdot \left(\frac{0,74 \cdot 35}{x} - 1 \right) - 179710 = 0,$$

или

$$5320 \cdot x^2 + 65296 \cdot x - 4902777 = 0,$$

откуда $x = 24,84$ см.

Напряжение в растянутой арматуре σ_s равно

$$\sigma_s = \frac{5000}{1 - \frac{0,74}{1,1}} \left(\frac{0,74 \cdot 35}{24,84} - 1 \right) = 657,5 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} < \beta R_s = 0,8 \cdot 5200 = 4160 \text{ кгс/см}^2.$$

Так как $\sigma_s < \beta R_s$, то найденные значения $x = 24,84$ см

и $\sigma_s = 657,5$ кгс/см² определены правильно. В противном случае (при $\beta R_s < \sigma_s < R_s$) потребовался бы пересчет значений x и σ_s с использованием формулы (68) СНиП 2.03.01-84.

Определим предельный момент, воспринимаемый сечением колонны при заданной продольной силе N :

$$N \cdot e = R_{ob} x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A_s' (h_0 - a') = 133 \cdot 40 \cdot 24,84 \cdot (35 - 0,5 \cdot 24,84) + 4500 \cdot 12,32 \cdot (35 - 5) = 46,55 \text{ тс.м.}$$

Предельный момент относительно центра тяжести сечения равен:

$$M_{ue} = N \cdot e - N \frac{h_0 - a'}{2} = 46,55 - 179,71 \frac{0,35 - 0,05}{2} = 19,99 \text{ тс.м.}$$

Уточним значение момента внешних сил относительно центра тяжести сечения путем учета влияния продольного изгиба колонны с помощью коэффициента η . Для этого вычислим значение условной критической силы N_{cr} .

Определяем следующие величины, необходимые для вычисления силы:

$$l_0 = 0,9 \cdot h_{ст} = 0,9 \cdot 480 = 432 \text{ см};$$

$$\varphi_e = 1 + \beta \frac{M_{1e}}{M_1} = 1 + 1 = 2 \text{ (в данном расчете } M_1 = M_{1e});$$

$$\text{Так как } \delta_e = \frac{M}{N} \cdot \frac{1}{h_0} = \frac{9,73 \cdot 10^5}{179,71 \cdot 10^3} \cdot \frac{1}{35} = 0,154 < \delta_{e, \min}, \text{ где}$$

$$\delta_{e, \min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,001 R_b = 0,5 - 0,01 \cdot \frac{432}{40} - 0,001x$$

$$x \cdot 133 = 0,259, \text{ принимаем } \delta_e = 0,259;$$

$$\gamma = \frac{b h^3}{12} = \frac{40 \cdot 40^3}{12} = 2,13 \cdot 10^5 \text{ см}^4; \quad \gamma_s = 2 \cdot A_s \left(\frac{h_0 - a'}{2} \right)^2 =$$

$$= 2 \cdot 12,32 \left(\frac{35 - 5}{2} \right)^2 = 5571 \text{ см}^4;$$

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{1,9 \cdot 10^6}{2,75 \cdot 10^5} = 6,91.$$

$$N_{cr} = \frac{6,4 \cdot E_b}{l_0^2} \left[\frac{\gamma}{\varphi_e} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha \gamma_s \right] = \frac{6,4 \cdot 2,75 \cdot 10^5}{432^2} \left[\frac{2,13 \cdot 10^5}{2} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,259} + 0,1 \right) + 6,91 \cdot 5571 \right] = 768 \text{ тс.}$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{179,71}{768}} = 1,31.$$

С учетом коэффициента η момент внешних сил равен

$$M = 9,73 \cdot 1,31 = 12,75 \text{ тс.м.}$$

Прочность сечения обеспечена, так как предельный момент

$M_{ue} = 19,99$ тс.м больше момента внешних сил $M = 12,75$ тс.м (с учетом влияния продольного изгиба).

Расчет по случаю "б". $N = N_{ce} + \psi_1 N_{gr} + \psi_2 N_b = 91,14 + 0,95 \cdot 88,57 + 0,9 \cdot 10,13 = 184,66$ тс; $M = M_{ce} + \psi_1 M_{gr} + \psi_2 M_b = 2,75 + 0,95 \cdot 6,98 + 0,9 \cdot 5,66 = 14,47$ тс.м.

СНБ. Проект. Подпись и дата

Определяем высоту сжатой зоны x в предположении, что растянутая арматура работает с расчетным сопротивлением $R_s = 5200 \text{ кгс/см}^2$, а сжатая арматура с сопротивлением $R_{sc} = 4000 \text{ кгс/см}^2$.

$$x = \frac{R_s A_s + N - R_{sc} A_s'}{R_0 b} = \frac{5200 \cdot 12,32 + 184660 - 4000 \cdot 12,32}{163 \cdot 40} = 30,6 \text{ см.}$$

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sk}}{\sigma_{sc,u}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,72}{1 + \frac{5200+4000}{4000} \left(1 - \frac{0,72}{1,1}\right)} = 0,4.$$

Так как $x > \xi_R \cdot h_0 = 0,4 \cdot 35 = 14 \text{ см}$, значения x и σ_s необходимо уточнить, исходя из расчета прочности по общему случаю.

$$R_0 b x + R_{sc} A_s' - \frac{\sigma_{sc,u}}{1 - \frac{\omega}{1,1}} \left(\frac{\omega h_0}{x} - 1\right) - N = 0$$

$$163 \cdot 40 \cdot x + 4000 \cdot 12,32 - \frac{4000}{\left(1 - \frac{0,72}{1,1}\right)} \left(\frac{0,72 \cdot 35}{x} - 1\right) - 184660 = 0.$$

Данное уравнение приводится к квадратному. Из его решения получаем $x = 23,56 \text{ см}$.

$$\sigma_s = \frac{4000}{1 - \frac{0,72}{1,1}} \left(\frac{0,72 \cdot 35}{23,56} - 1\right) = 807,05 \text{ кгс/см}^2 < 0,8 \cdot 5200 = 4160 \text{ кгс/см}^2.$$

Уточняем значения расчетного сопротивления арматуры сжатию

$$R_{sc} = 4000 \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \leq 4500 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\gamma_1 = 1 + \frac{A_{s1}}{A} = 1 + \frac{2 \cdot 12,32}{40 \cdot 40} = 1,02;$$

$$= 1,25 - 0,25 \cdot \frac{x}{h} = 1,25 - 0,25 \cdot \frac{23,56}{40} = 1,1;$$

$$R_{sc} = 4000 \cdot 1,02 \cdot 1,1 = 4470,4 \text{ кгс/см}^2 < 4500 \text{ кгс/см}^2.$$

В связи с уточнением значения R_{sc} требуется также уточнить значение x . Из равенства

$$163 \cdot 40 \cdot x + 4470,4 \cdot 12,32 - \frac{4000}{\left(1 - \frac{0,72}{1,1}\right)} \left(\frac{0,72 \cdot 35}{x} - 1\right) - 184660 = 0$$

находим $x = 22,5 \text{ см}$.

Определим предельный момент относительно центра тяжести сечения

$$M_{ue} = R_0 b x \cdot (h_0 - 0,5 x) + R_{sc} A_s' \cdot (h_0 - a') - N \frac{h_0 - a'}{2} = 163 \cdot 40 \cdot 22,5 \cdot (35 - 0,5 \cdot 22,5) + 4470,4 \cdot 12,32 (35 - 5) - 184660 \cdot \frac{35 - 5}{2} = 23,73 \text{ тс.м.}$$

Определяем коэффициент η . Для этого вычисляем:

$$M_1 = N \frac{h_0 - a'}{2} + M = 184660 \cdot \frac{35 \cdot 5}{2} + 14,47 \cdot 10^5 = 42,1 \text{ тс.м};$$

$$M_{1e} = N_{gr} \frac{h_0 - a'}{2} + M_{gr} = (91140 + 0,95 \cdot 88570) \cdot \frac{35 - 5}{2} + 2,75 \cdot 10^5 + 0,95 \cdot 6,98 \cdot 10^5 = 35,67 \text{ тс.м.}$$

$$\gamma_e = 1 + \beta \cdot \frac{M_{1e}}{M_1} = 1 + \frac{35,67}{42,1} = 1,84;$$

$$\delta_e = \frac{M}{N} \cdot \frac{1}{h_0} = \frac{14,47 \cdot 10^5}{184,66 \cdot 10^3} \cdot \frac{1}{35} = 0,22,$$

$$\delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \frac{R_s}{R_0} - 0,001 R_s = 0,5 - 0,01 \cdot \frac{432}{40} - 0,001 \cdot 163 = 0,229,$$

принимаем $\delta_e = \delta_{e,min} = 0,229$.

$$N_{cr} = \frac{6,4 \cdot E_e}{l_0^2} \left[\frac{\gamma}{\gamma_e} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha \cdot \gamma_s \right] = \frac{6,4 \cdot 2,75 \cdot 10^5}{432^2} \left[\frac{2,13 \cdot 10^5}{1,84} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,229} + 0,1 \right) + 6,91 \cdot 5571 \right] = 860 \text{ тс};$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{I}{I - \frac{184,56}{860}} = 1,27$$

Прочность сечения обеспечена, так как предельный момент, воспринимаемый сечением $M_{ul} = 23,73$ тс.м больше момента внешних сил

$$M = 14,47 \cdot 1,27 = 18,38 \text{ тс.м}$$

Пример 37 Дано: верхняя крайняя колонна поперечной рамы 2-6-5 (4.8) - II,0 - III; размеры сечения, классы бетона и арматуры - те же, что и в примере 31. Площадь сечения арматуры $A_s = A'_s = 9,82 \text{ см}^2$ (2Ø25 АгIУс). Усилия: постоянные (от собственного веса конструкции) $M_{cl} = 4,39$ тс.м, $N_{cl} = 10,02$ тс, длительные $M_{gl} = 8,31$ тс.м, $N_{gl} = 6,81$ тс, кратковременные (от ветровой нагрузки) $M_{\ell} = 0,9$ тс.м, $N_{\ell} = 0,39$ тс. Усилия получены из расчета рамы по недеформируемой схеме.

Требуется проверить прочность сечения

Расчет. Проверка прочности колонн производится для двух случаев. сочетания нагрузок (см. пример 11).

Расчет по случаю "а". $h_0 = h - a = 40 - 5 = 35$ см;

$$N = N_{cl} + N_{gl} = 10,02 + 6,81 = 16,83 \text{ тс}; M = M_{cl} + M_{gl} = 4,39 + 8,31 = 12,7 \text{ тс.м};$$

Определяем высоту сжатой зоны x .

$$x = \frac{R_s A_s + N - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{5200 \cdot 9,82 + 16830 - 4500 \cdot 9,82}{133 \cdot 40} = 4,45 \text{ см} <$$

$< \xi_R \cdot h_0$; где $\xi_R \cdot h_0 = 0,46 \cdot 35 = 16,1$ см (см. пример 11).

Так как $\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{4,45}{35} = 0,127 < \xi_R = 0,46$, уточняем расчетное сопротивление растянутой арматуры R_s путем учета коэффициента условий работы арматуры γ_{s6} (см. СНиП 2.03.01-84 п.3.13)

$$\gamma_{s6} = \eta - (\eta - 1) \left(2 \frac{\xi}{\xi_R} - 1 \right) = 1,2 - (1,2 - 1) \cdot \left(2 \frac{0,127}{0,46} - 1 \right) = 1,29 > 1,2;$$

принимая $\gamma_{s6} = 1,2$.

$$R_s = 1,2 \cdot 5200 = 6240 \text{ кгс/см}^2$$

Уточненное значение высоты сжатой зоны равно

$$x = \frac{6240 \cdot 9,82 + 16830 - 4500 \cdot 9,82}{133 \cdot 40} = 6,38 \text{ см}.$$

Предельный момент относительно центра тяжести сечения равен:

$$M_{ul} = R_b b x \cdot (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') - N \frac{h_0 - a'}{2} = 133 \cdot 40 \cdot 6,38 \left(35 - \frac{6,38}{2} \right) + 4500 \cdot 9,82 (35 - 5) - 16830 \cdot \frac{35 - 5}{2} = 21,48 \text{ тс.м};$$

Определяем момент внешних сил с учетом влияния продольного изгиба колонны. Для этого вычисляем коэффициент δ_e .

$$\delta_e = \frac{M}{N} \cdot \frac{1}{h_0} = \frac{12,7 \cdot 10^5}{16,83 \cdot 10^3} \cdot \frac{1}{35} = 2,16;$$

$$J_s = 2 A_s \left(\frac{h_0 - a'}{2} \right)^2 = 2 \cdot 9,82 \left(\frac{35 - 5}{2} \right)^2 = 4419 \text{ см}^4;$$

Определение остальных величин, необходимых для вычисления условной критической силы, приведены в примере 6.

$$N_{cr} = \frac{6,4 E_R}{l_0^2} \left[\frac{\eta}{\varphi} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha J_s \right] = \frac{6,4 \cdot 2,75 \cdot 10^5}{432^2} \cdot \left[\frac{2,13 \cdot 10^5}{2} \left(\frac{0,11}{0,1 + 2,16} + 0,1 \right) + 6,91 \cdot 4419 \right] = 435,22 \text{ тс};$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{16,83}{435,22}} = 1,04;$$

Прочность сечения обеспечена, так как предельный момент, воспринимаемый сечением, $M_{ul} = 21,48$ тс.м больше момента внешних сил

$$M = 12,7 \cdot 1,04 = 13,21 \text{ тс.м}$$

ЦНБ №-подл. Подпись и штамп. 339М.КК.№.Н!

Расчет по случаю "Б". $N = N_{св} + \Psi_1 N_{гн} + \Psi_2 N_{в} = 10,02 + 6,81$

$0,95 + 0,39 \cdot 0,9 = 16,84$ тс;

$M = M_{св} + \Psi_1 M_{гн} + \Psi_2 M_{в} = 4,39 + 8,31 \cdot 0,95 + 0,9 \cdot 0,9 = 13,09$ тс.м .

Определяем высоту сжатой зоны x в предположении, что растянутая арматура работает с расчетным сопротивлением $R_s = 5200$ кгс/см², а сжатая арматура с сопротивлением $R_{sc} = 4000$ кгс/см².

$x = \frac{R_s A_s + N - R_{sc} A'_s}{R_{св}} = \frac{5200 \cdot 9,82 + 16840 - 4000 \cdot 9,82}{163 \cdot 40} = 4,39$ см <

< $\xi_R h_0$, где $\xi_R h_0 = 0,4 \cdot 35 = 14$ см (см. пример №1);

Уточняем значения R_s и R_{sc} . $\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{4,39}{35} = 0,125$;

$\gamma_{сб} = \eta - (\eta - 1) \left(2 \frac{\xi}{\xi_R} - 1 \right) = 1,2 - (1,2 - 1) \cdot \left(2 \cdot \frac{0,125}{0,4} - 1 \right) = 1,28 > 1,2$;

принимая $\gamma_{сб} = \eta = 1,2$; $R_s = 1,2 \cdot 5200 = 6240$ кгс/см²;

$R_{sc} = 4000 \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 = 4000 \cdot 1,01 \cdot 1,1 = 4444$ кгс/см²;

где $\gamma_1 = 1 + \frac{A_{s1}}{A} = 1 + \frac{2 \cdot 9,82}{40 \cdot 40} = 1,01$;

$\gamma_2 = 1,25 - 0,25 \frac{x}{h} = 1,25 - \frac{4,39 \cdot 0,25}{40} = 1,22 > 1,1$;

принимая $\gamma_2 = 1,1$.

Вычисляем величину x при уточненных значениях R_s и R_{sc} .

$x = \frac{6240 \cdot 9,82 + 16840 - 4444 \cdot 9,82}{163 \cdot 40} = 5,29$ см .

Предельный момент относительно центра тяжести сечения равен

$M_{ил} = R_{св} x (h_0 - 0,5 x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a') - N \frac{h_0 - a'}{2} =$
 $= 163 \cdot 40 \cdot 5,29 \cdot (35 - 0,5 \cdot 5,29) + 4444 \cdot 9,82 (35 - 5) -$
 $- 16840 \cdot \frac{35 - 5}{2} = 21,71$ тс.м .

Для учета влияния продольного изгиба колонн определяем коэф-

фициент η .

$M_1 = N \frac{h_0 - a'}{2} + M = 16840 \frac{35 - 5}{2} + 13,09 \cdot 10^5 = 15,62 \cdot 10^5 = 15,62$ тс.м.

$M_{ил} = (10,02 + 6,81 \cdot 0,95) \cdot 10^3 \frac{35 - 5}{2} + 4,39 + 8,31 \cdot 0,95 = 14,75 \cdot 10^5 =$
 $= 14,75$ тс.м ;

$\varphi_e = 1 + \beta \frac{M_{ил}}{M_1} = 1 + \frac{14,75}{15,62} = 1,94$;

$\delta_e = \frac{e_0}{h_0} = \frac{M}{N} \cdot \frac{1}{h_0} = \frac{13,09 \cdot 10^5}{16,84 \cdot 10^3} \cdot \frac{1}{35} = 2,22$;

$N_{ср} = \frac{6,4 E_c}{l_0^2} \left[\varphi_e \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha \cdot \gamma_s \right] =$
 $= \frac{6,4 \cdot 2,75 \cdot 10^5}{432^2} \left[\frac{2,13 \cdot 10^5}{1,94} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + 2,22} + 0,1 \right) + 6,91 \cdot 4419 \right] =$
 $= 460$ тс ;

$\eta = \frac{1}{1 - \frac{16,84}{460}} = 1,04$.

Таким образом, $M_{ил} = 21,71$ тс.м > $13,09 \cdot 1,04 = 13,61$ тс.м, прочность сечения обеспечена .

ПРОВЕРКА СЕЧЕНИЯ ПО ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ НОРМАЛЬНЫХ ТРЕЩИН

Пример №8. Дано: Верхняя колонна поперечной рамы 2-6-5 (4.8) - II,0 - IIIA; размеры сечения, класс бетона и арматуры, сечение арматуры - те же, что и в примере №7. Усилие от нормативных нагрузок: постоянных и длительных $M_{гн} = 9,76$ тс.м, $N_{гн} = 14,61$ тс; кратковременных $M_{кр} = 0,64$ тс.м, $N_{кр} = 0,28$ тс. Используемые в расчете характеристики бетона класса B25: $R_{с,ср} = 189 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$,

М.В. № подл. Подпись и дата. Взам. № 6. М. 19

1.020.1-4.	0-9- ПЗ	ЛЛСТ
		10

$$R_{bt, sec} = 16,3 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}, E_c = 2,75 \cdot 10^5 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}, \text{ арматура класса}$$

$$\text{Ат-IVC: } E_s = 1,9 \cdot 10^6 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}, R_{s, sec} = 6000 \text{ кгс/см}^2.$$

Колонна эксплуатируется в неагрессивной среде. Требуется проверить трещиностойкость по нормальному сечению колонны.

Расчет. Для выяснения необходимости проверки по раскрытию трещин выполним расчет по образованию трещин.

Находим геометрические характеристики сечения

$$A_{red} = b h + \alpha (A_s + A_s') = 40 \cdot 40 + \frac{1,9 \cdot 10^6}{2,75 \cdot 10^5} (9,82 + 9,82) = 1735,7 \text{ см}^2;$$

$$I_{red} = \frac{b h^3}{12} + \alpha (A_s + A_s') \left(\frac{h_0 - a'}{2} \right)^2 = \frac{40 \cdot 40^3}{12} + 6,91 (9,82 + 9,82) \left(\frac{35 - 5}{2} \right)^2 = 2,44 \cdot 10^5 \text{ см}^4;$$

$$W_{red} = \frac{I_{red}}{h/2} = \frac{2,44 \cdot 10^5}{20} = 12175 \text{ см}^3;$$

$$\eta = \varphi \frac{W_{red}}{A_{red}} = \varphi \frac{12175}{1735,7} = \varphi \cdot 7,01 \text{ см}.$$

Определяем коэффициент φ .

$$M_{tot} = M_{gr} + M_{кр} = 9,76 + 0,64 = 10,4 \text{ тс.м};$$

$$N_{tot} = N_{gr} + N_{кр} = 14,61 + 0,28 = 14,89 \text{ тс};$$

$$\sigma_c = \frac{M_{tot}}{W_{red}} + \frac{N_{tot}}{A_{red}} = \frac{10,4 \cdot 10^5}{0,122 \cdot 10^5} + \frac{14,89 \cdot 10^3}{1,736 \cdot 10^3} = 94,53 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_c}{R_{b, sec}} = 1,6 - \frac{94,53}{189} = 1,1 > 1; \text{ принимаем } \varphi = 1.$$

Проверяем условие образования трещин.

$$M_z = N(e_0 - \eta) = 14890 \cdot \left(\frac{10,4 \cdot 10^5}{14,89 \cdot 10^3} - 7,01 \right) = 9,35 \text{ тс.м};$$

$$W_{pe} = \gamma \cdot W_{red} = 1,75 \cdot 12175 = 21306 \text{ см}^3;$$

$$M_{cre} = R_{bt, sec} \cdot W_{pe} = 16,3 \cdot 21306 = 3,47 \text{ тс.м}.$$

Так как $M_z = 9,35 > M_{cre} = 3,47 \text{ тс.м}$, трещины в колонне образуются, необходима проверка по раскрытию трещин.

Напряжение в растянутой арматуре определяем упрощенным способом с использованием рекомендаций "Пособия по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84) М., 1986, п.4.9

$$\sigma_s = \frac{N \cdot e_s}{A_s \cdot h_0} \cdot \varphi_{cre}.$$

Определяем величину σ_s от действия усилий M_{tot}, N_{tot} . Для этого вычисляем:

$$\mu \alpha = \alpha \cdot \frac{A_s}{b h_0} = \frac{1,9 \cdot 10^6}{2,75 \cdot 10^5} \cdot \frac{9,82}{40 \cdot 35} = 6,91 \cdot 0,00701 = 0,048;$$

$$\varphi_f = \frac{\alpha A_s'}{0,9 b h_0} = \frac{6,91 \cdot 9,82}{0,9 \cdot 40 \cdot 35} = 0,054; e_s = \frac{M_{tot}}{N_{tot}} + \frac{h_0 - a'}{2} = \frac{10,4 \cdot 10^5}{14,89 \cdot 10^3} + \frac{35 - 5}{2} = 84,8 \text{ см}; \frac{e_s}{h_0} = \frac{84,8}{35} = 2,42.$$

Из таблицы 30 указанного "Пособия" находим $\varphi_{cre} = 0,72$.

$$\sigma_{s, tot} = \frac{14,89 \cdot 10^3 \cdot 84,8}{9,82 \cdot 35} \cdot 0,72 = 2645 \text{ кгс/см}^2.$$

Аналогично находим напряжение в растянутой арматуре от действия усилий M_{gr}, N_{gr} . При этом

$$e_s = \frac{M_{gr}}{N_{gr}} + \frac{h_0 - a'}{2} = \frac{9,76 \cdot 10^5}{14,61 \cdot 10^3} + \frac{35 - 5}{2} = 82 \text{ см};$$

$$\frac{e_s}{h_0} = \frac{82}{35} = 2,34; \varphi_{cre} = 0,69.$$

$$\sigma_{s, gr} = \frac{14,61 \cdot 10^3 \cdot 82}{9,82 \cdot 35} \cdot 0,69 = 2405 \text{ кгс/см}^2.$$

Определяем ширину продолжительного раскрытия трещин от действия постоянных и длительных нагрузок

$$y_e = 1,6 - 15 \cdot \bar{m} = 1,6 - 15 \cdot 0,007 = 1,495 ,$$

$$a_{crs,e} = y_e \cdot \eta \cdot \frac{\sigma_{s,e}}{E_s} \cdot 20(3,5 - 100\bar{m}) \sqrt[3]{d} = 1,495 \cdot 1 \cdot \frac{2405}{1,9 \cdot 10^6} \cdot 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot 0,007) \cdot \sqrt[3]{25} = 0,31 \text{ мм} .$$

Определим непродолжительное раскрытие трещин от действия всех нагрузок

$$a_{crs} = a_{crs,e} \cdot \left[1 + \left(\frac{\sigma_{s,tot}}{\sigma_{s,e}} - 1 \right) \frac{1}{y_e} \right] = 0,309 \cdot \left[1 + \left(\frac{2645}{2405} - 1 \right) \frac{1}{1,495} \right] = 0,33 \text{ мм} .$$

Согласно "Рекомендациям по расчету железобетонных конструкций с применением ненапрягаемой арматуры классов Ат-IVС и Врп-I" разработанным НИИЖБ и ЦНИИпромзданий в 1988 году, при расстоянии "с" между продольными растянутыми стержнями класса Ат-IVС в плоскости растянутой грани $250 \text{ мм} < c \leq 350 \text{ мм}$ $a_{crs1} = 0,45 \text{ мм}$,

$a_{crs2} = 0,35 \text{ мм}$. При этом необходимо выполнение условия

$$\sigma_s \leq 0,8 \cdot R_{s,ser} .$$

Так как $\sigma_{s,tot} = 2645 \text{ кгс/см}^2 < 0,8 \cdot 6000 = 4800 \text{ кгс/см}^2$,

$$c = h - a - a' = 40 - 5 - 5 = 30 \text{ см} < 35 \text{ см}, a_{crs1} = 0,45 \text{ мм} ,$$

$$a_{crs2} = 0,35 \text{ мм} .$$

Поскольку $a_{crs,e} = 0,31 < a_{crs2} = 0,35 \text{ мм}$, $a_{crs} = 0,33 < a_{crs1} =$

$$= 0,45 \text{ мм} ;$$

трещиностойкость колонны обеспечена .

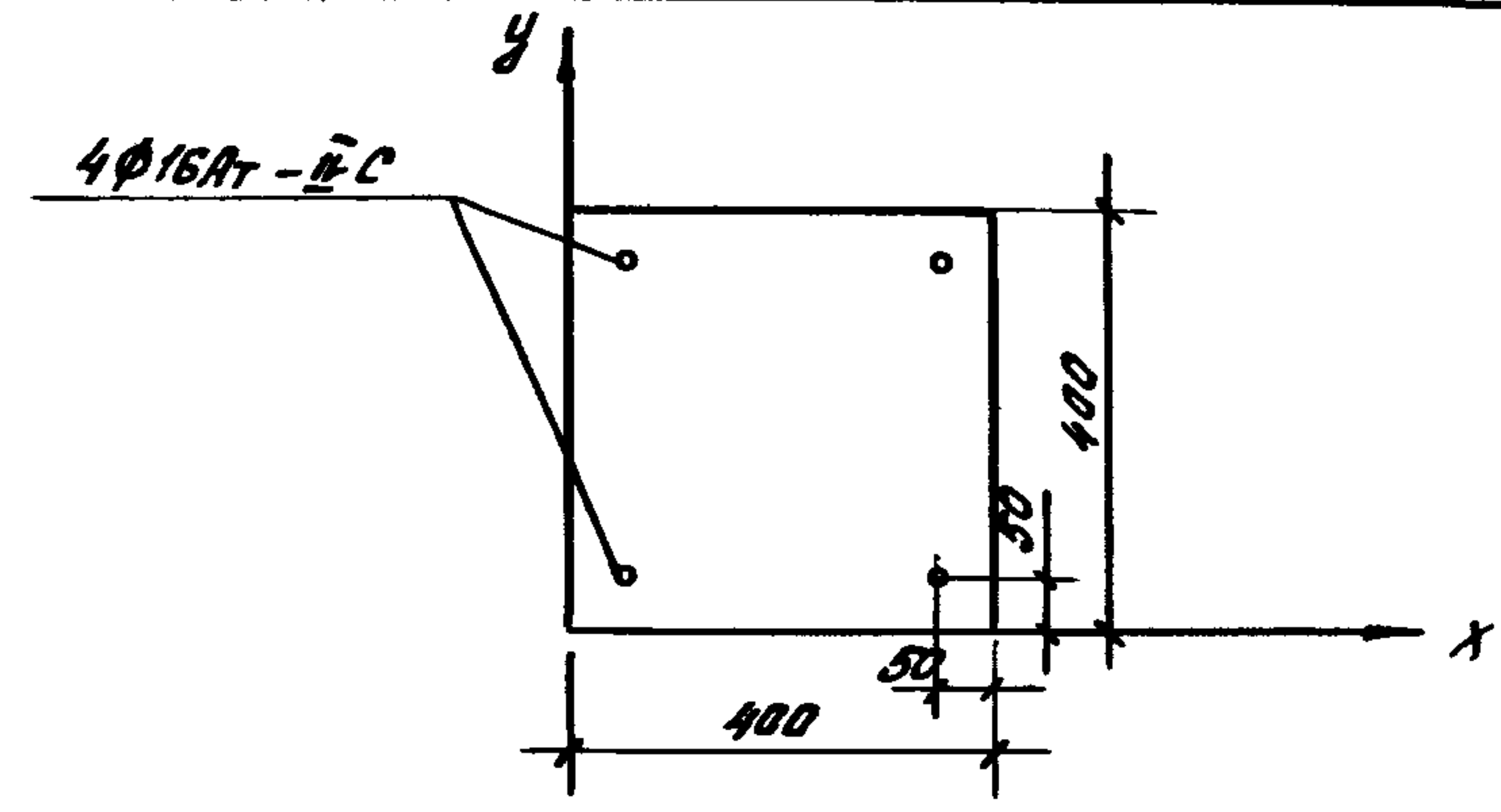
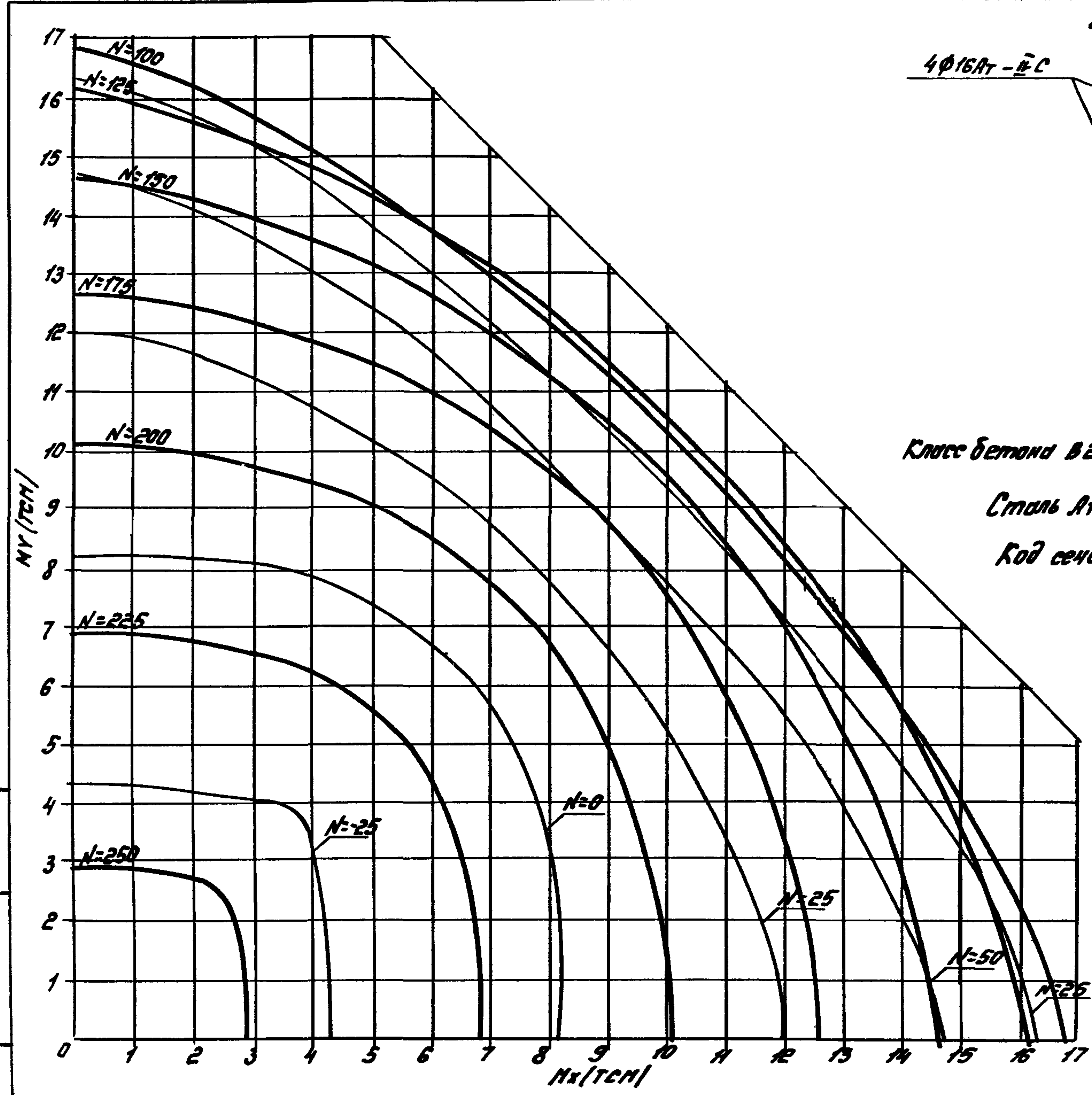
ЧНБ. № 1001/1
 1001-01-01
 1001-01-01
 1001-01-01

Эскиз	Код несущей оплодн. сечения	Рис.	Класс бетона	Армирование		As = As'	Графики от. стр.	Код несущей оплодн. сечения	Рис.	Класс бетона	Армирование		As = As'	Графики от. стр.
				Σ S1	Σ S2						Σ S1	Σ S2		
<p>Рис. 1</p>	101	1	B22,5				16	121	2	B40	4φ22Aт IVc	4φ20Aт IVc	13,88	176
	102		B30	4φ16Aт IVc	4,02	24	122	1	B22,5					184
	103		B40			32	123		B30	4φ32Aт IVc	—	16,09	172	
	104		B22,5			40	124	B40				200		
	105		B30	4φ18Aт IVc	5,09	48	125	2	B22,5				208	
	106		B40			56	126		B30	4φ28Aт IVc	4φ20Aт IVc	18,55	216	
	107		B22,5			64	127	B40				224		
	108		B30	4φ20Aт IVc	6,28	72	128	B45				232		
	109		B40			80	129	2	B22,5				240	
	110		B22,5			88	130		B30	4φ32Aт IVc	4φ20Aт IVc	22,37	248	
<p>Рис. 2</p>	111	2	B30	4φ22Aт IVc	7,50	96	131	2	B40				256	
	112		B40			104	132		B45				264	
	113		B22,5			112	133	2	B22,5				272	
	114		B30	4φ25Aт IVc	9,82	121	134		B30	4φ32Aт IVc	4φ28Aт IVc	28,40	280	
	115		B40			128	135	B40				288		
	116		B22,5			136	136	B45				296		
	117		B30	4φ28Aт IVc	12,32	144	137	2	B30				304	
	118		B40			152	138		B40	4φ32Aт IVc	4φ32Aт IVc	36,45	312	
	119		B22,5			160	139	B45				320		
	120		B30	4φ22Aт IVc	4φ20Aт IVc	13,88	168							

Цикл № 1000. Матрица с 1000. Взам. инв. №

1.020.1-4 0-9 001			
Нач. отд.	Кодовый	Номенклатура и код несущей способности сечений колонн	Страница 1
ГМП	Клещанова		Листов 1
И.И.И.	Палаванова		ЦНИИПРОТЗДАНИЙ

Инв. № подл. Подпись и дата. Взап. инв. №



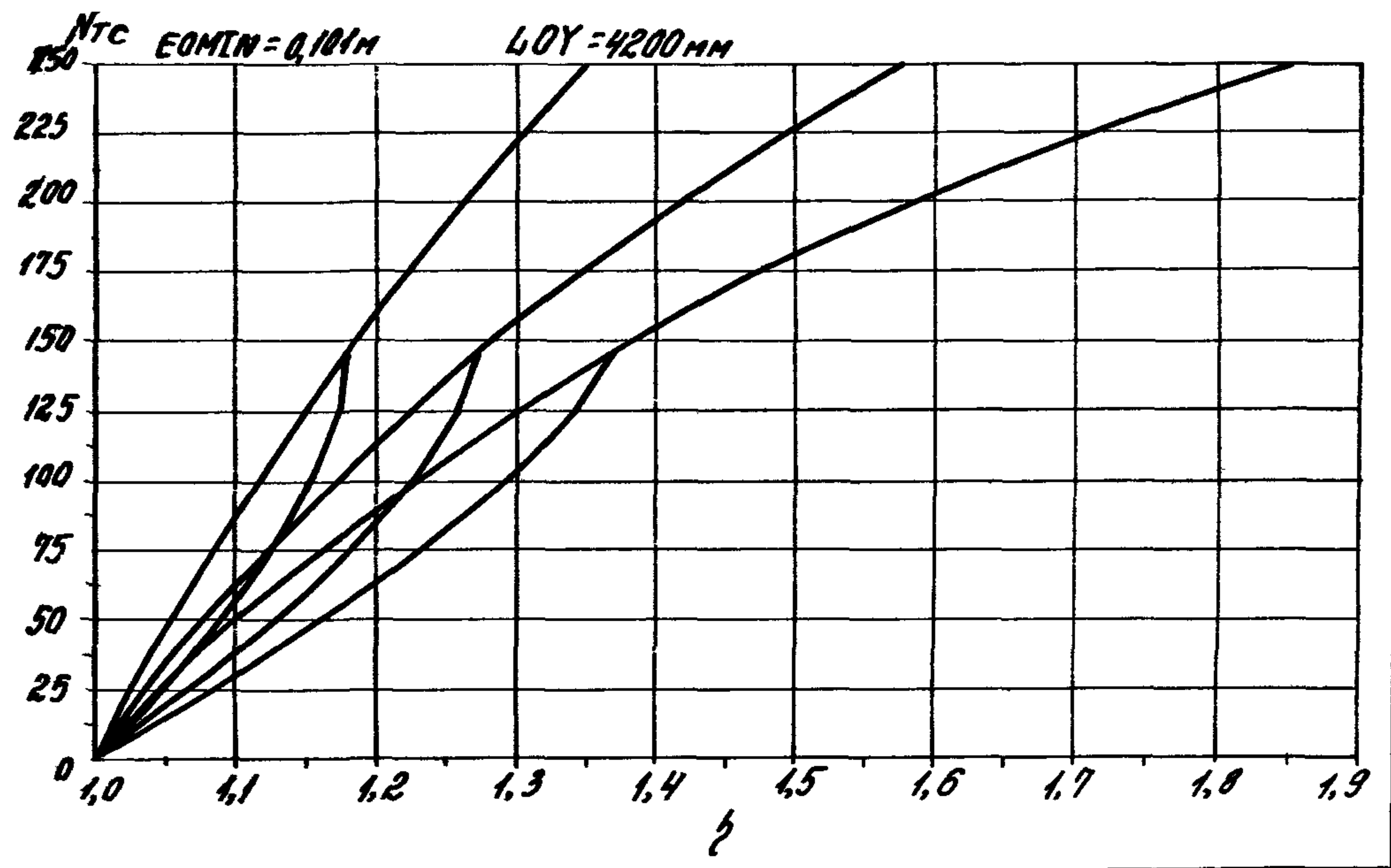
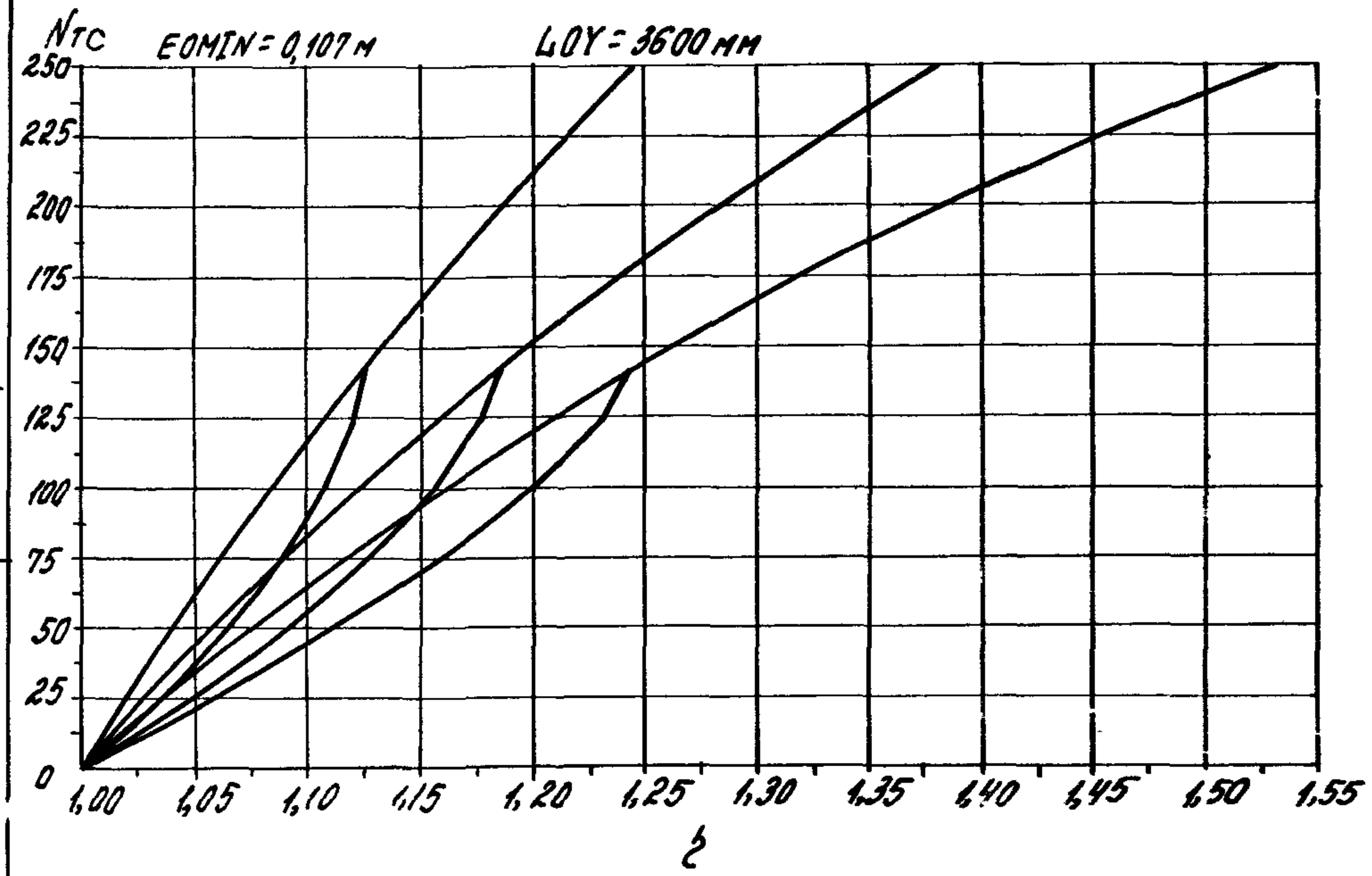
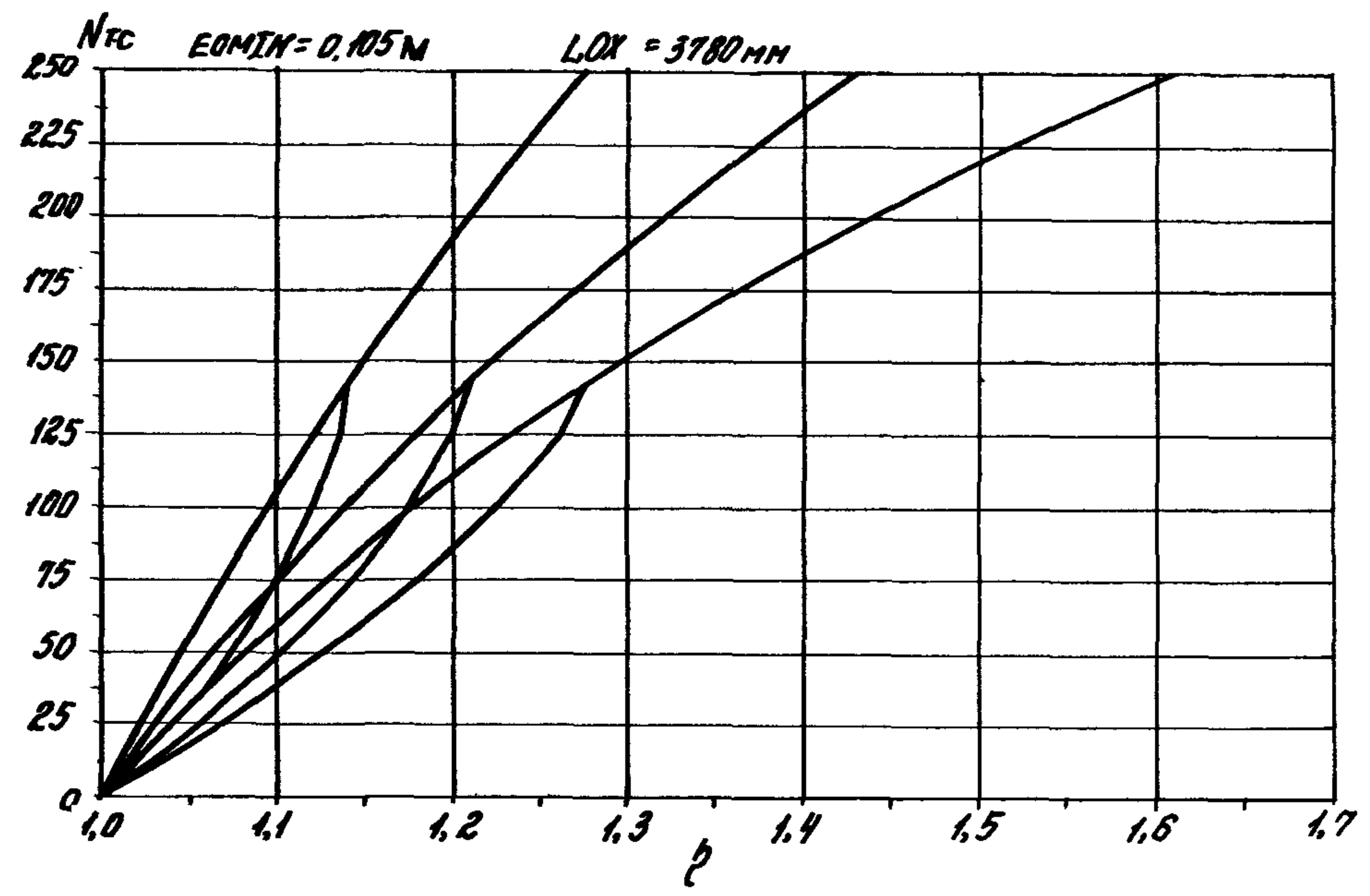
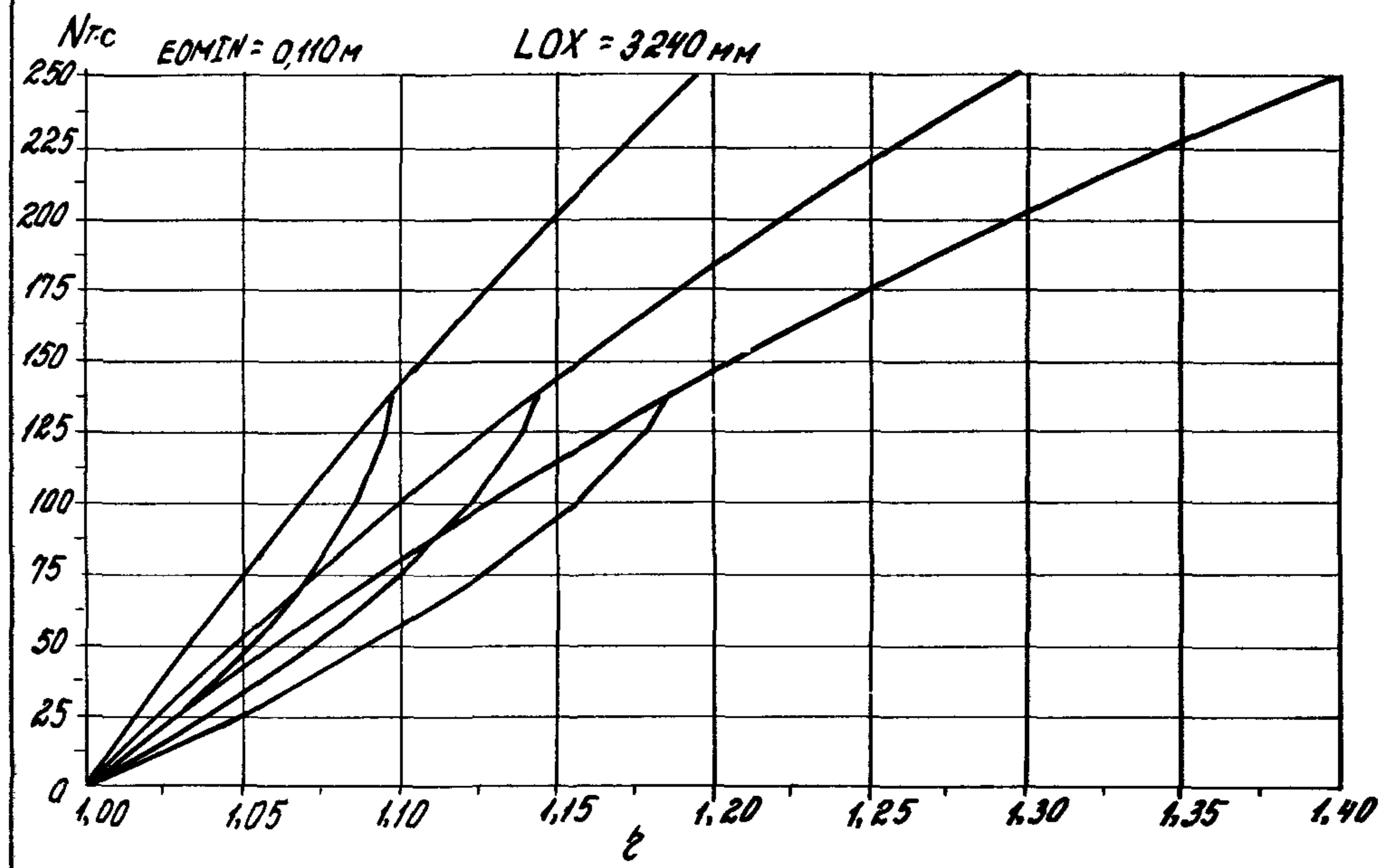
Класс бетона В22,5 ($R_b = 14,8 \text{ МПа}$ при учете $\gamma_{b2} = 1,10$)

Сталь Ат - АС

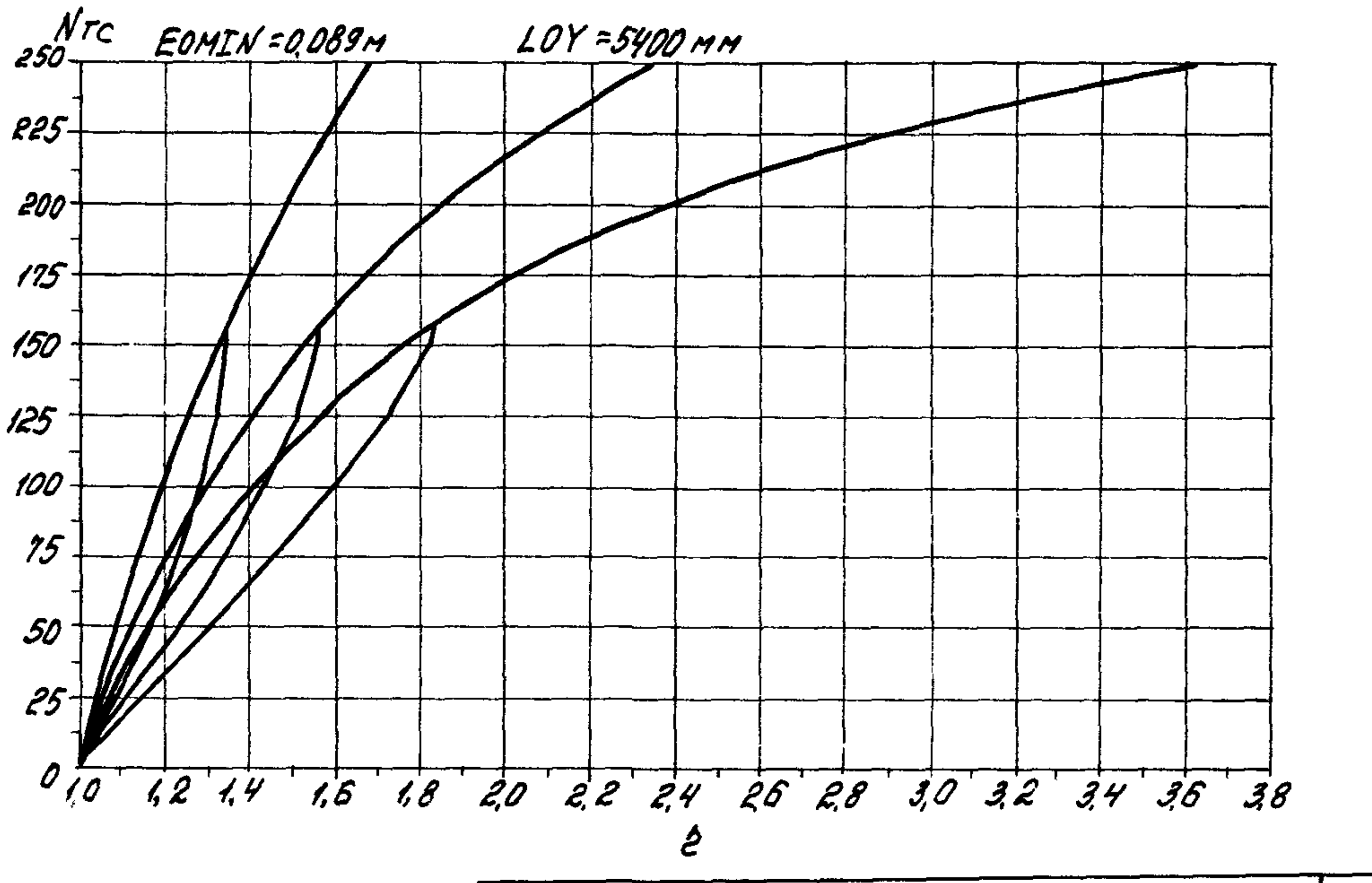
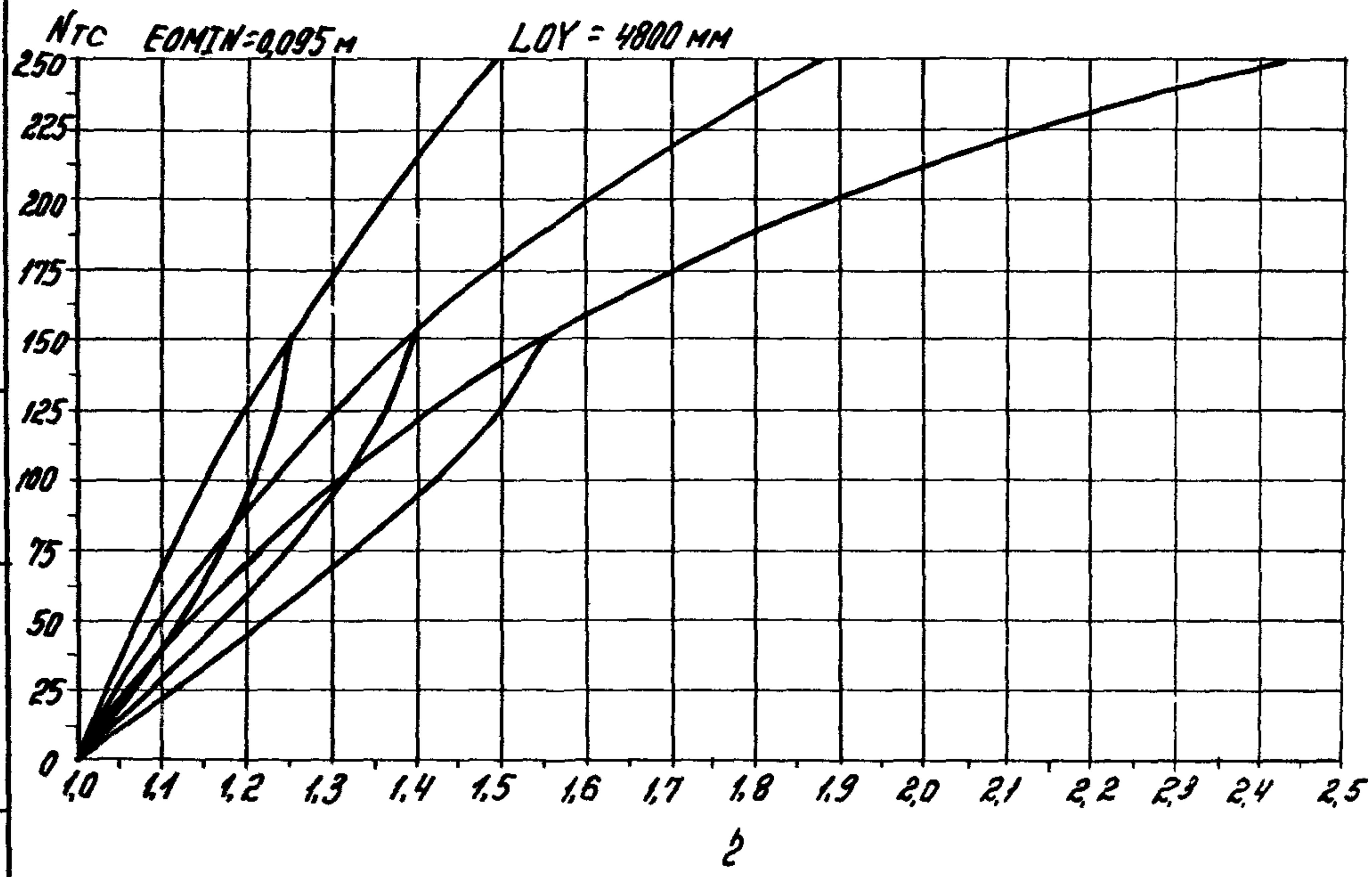
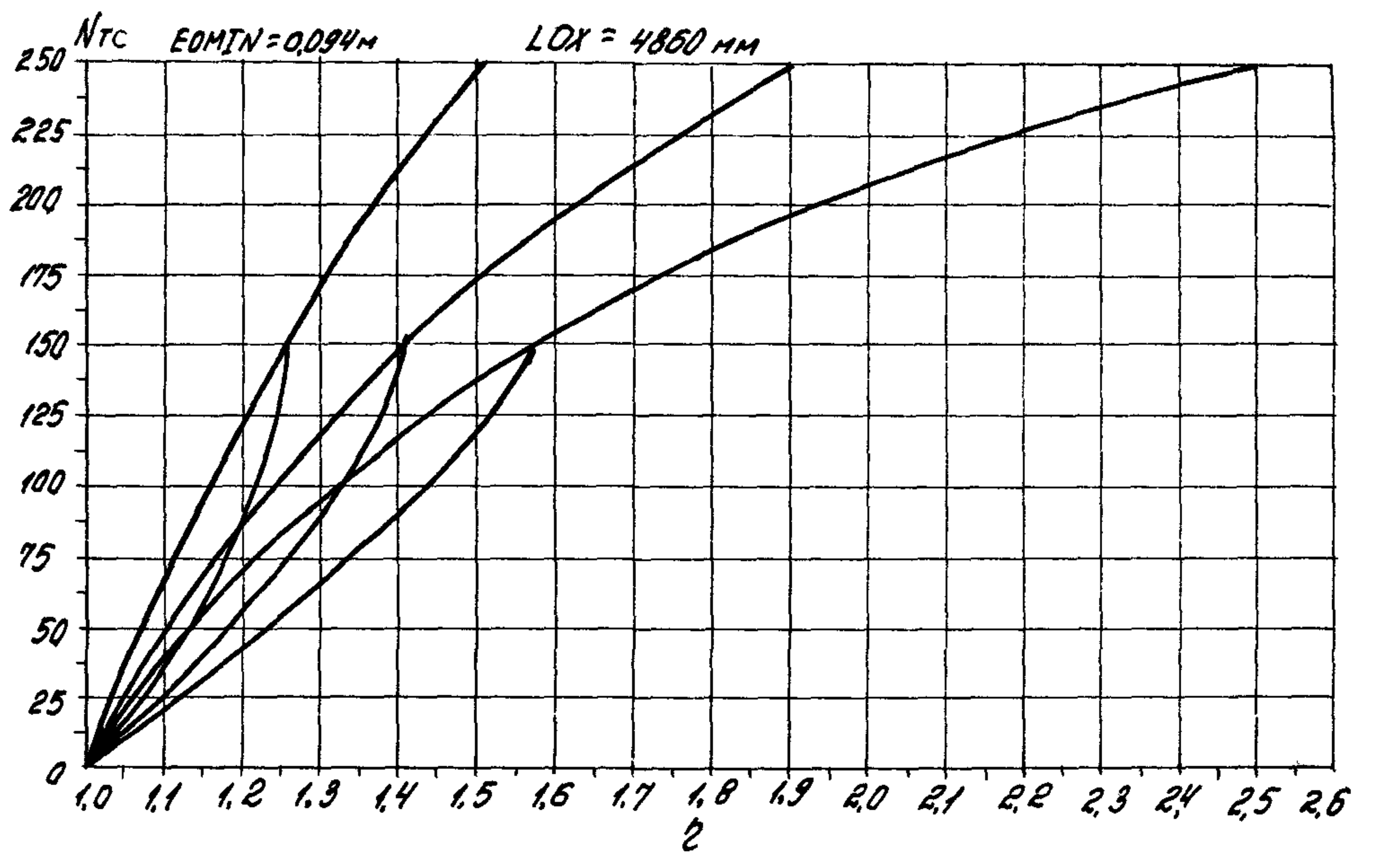
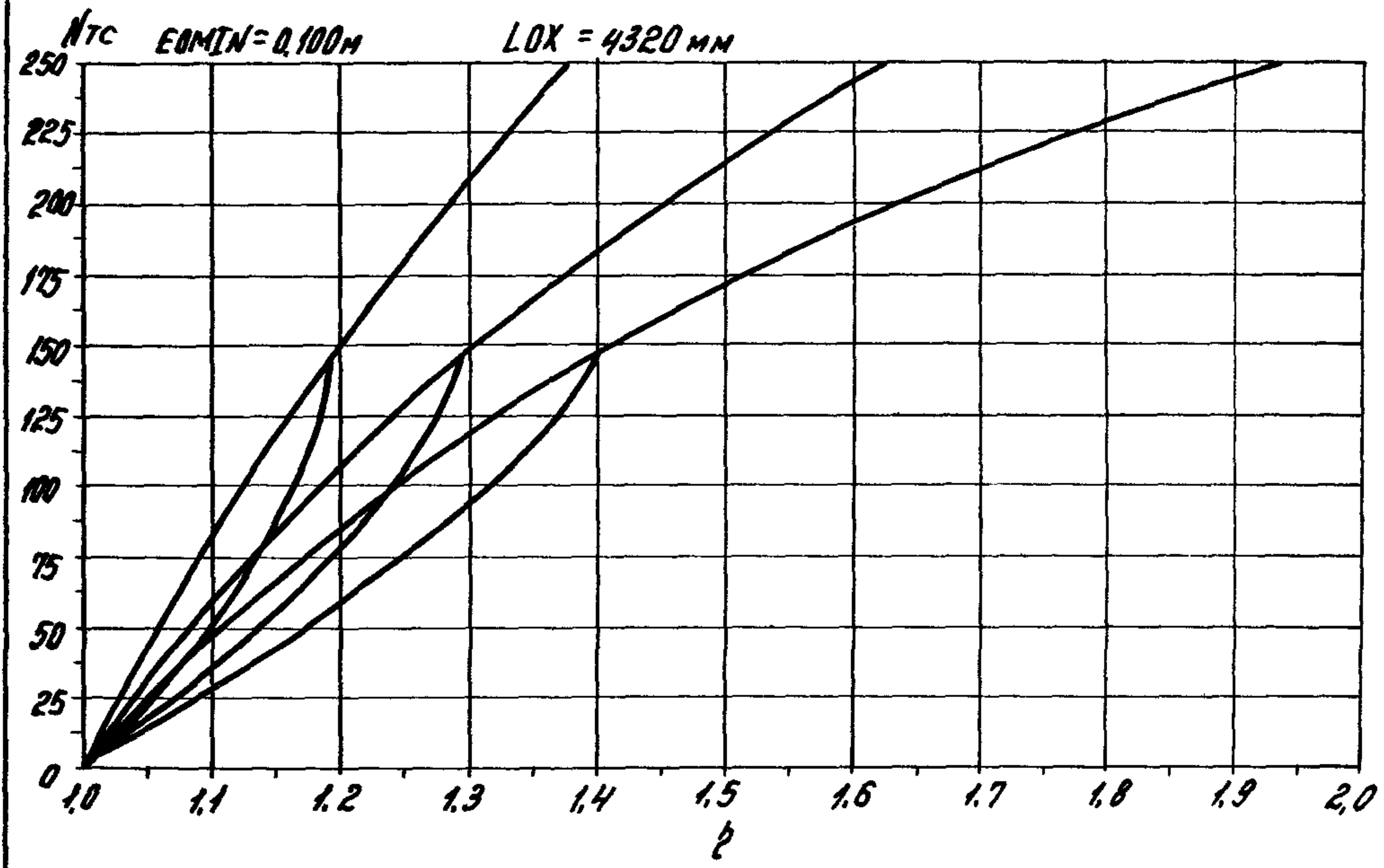
Код сечения - 101а

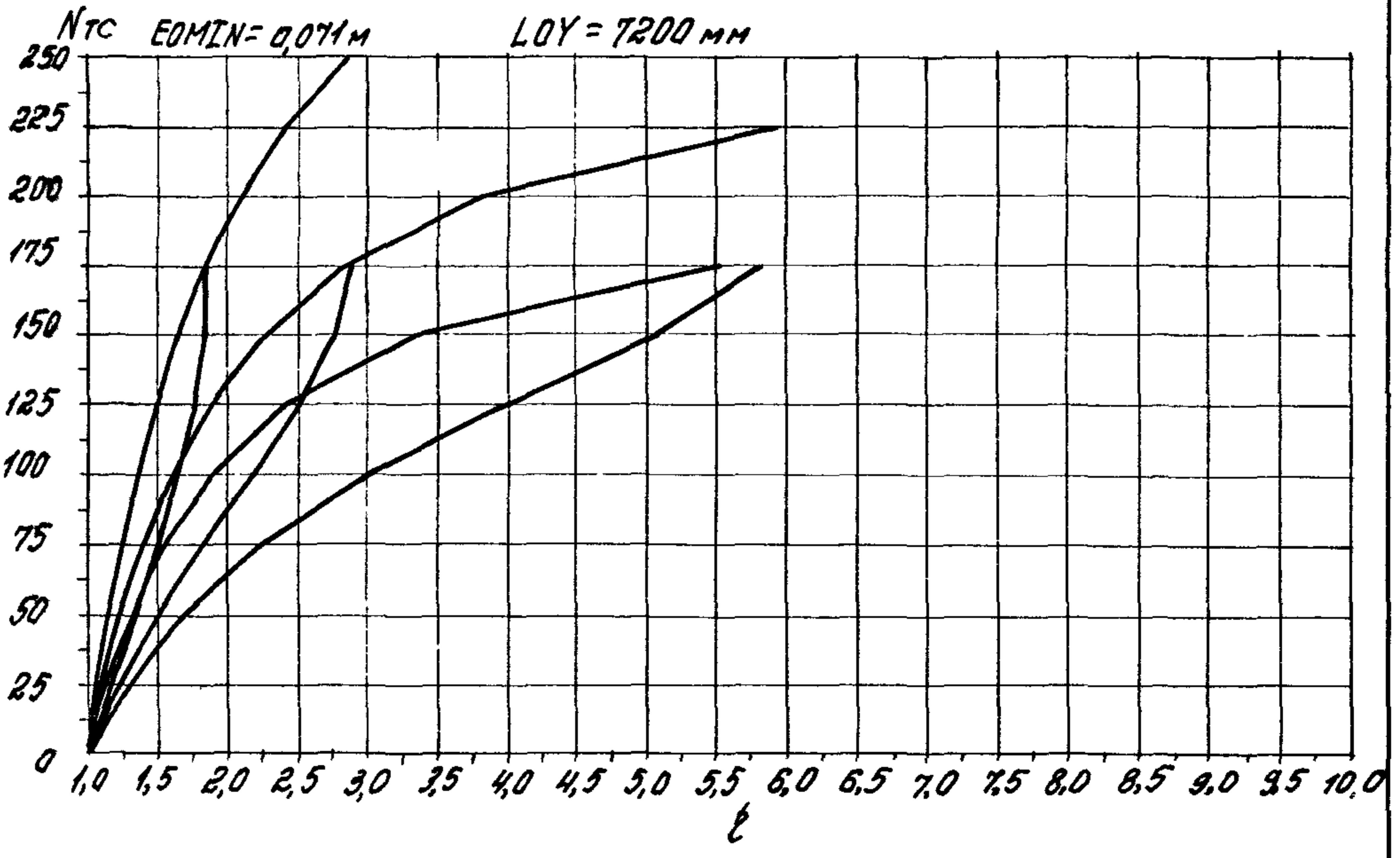
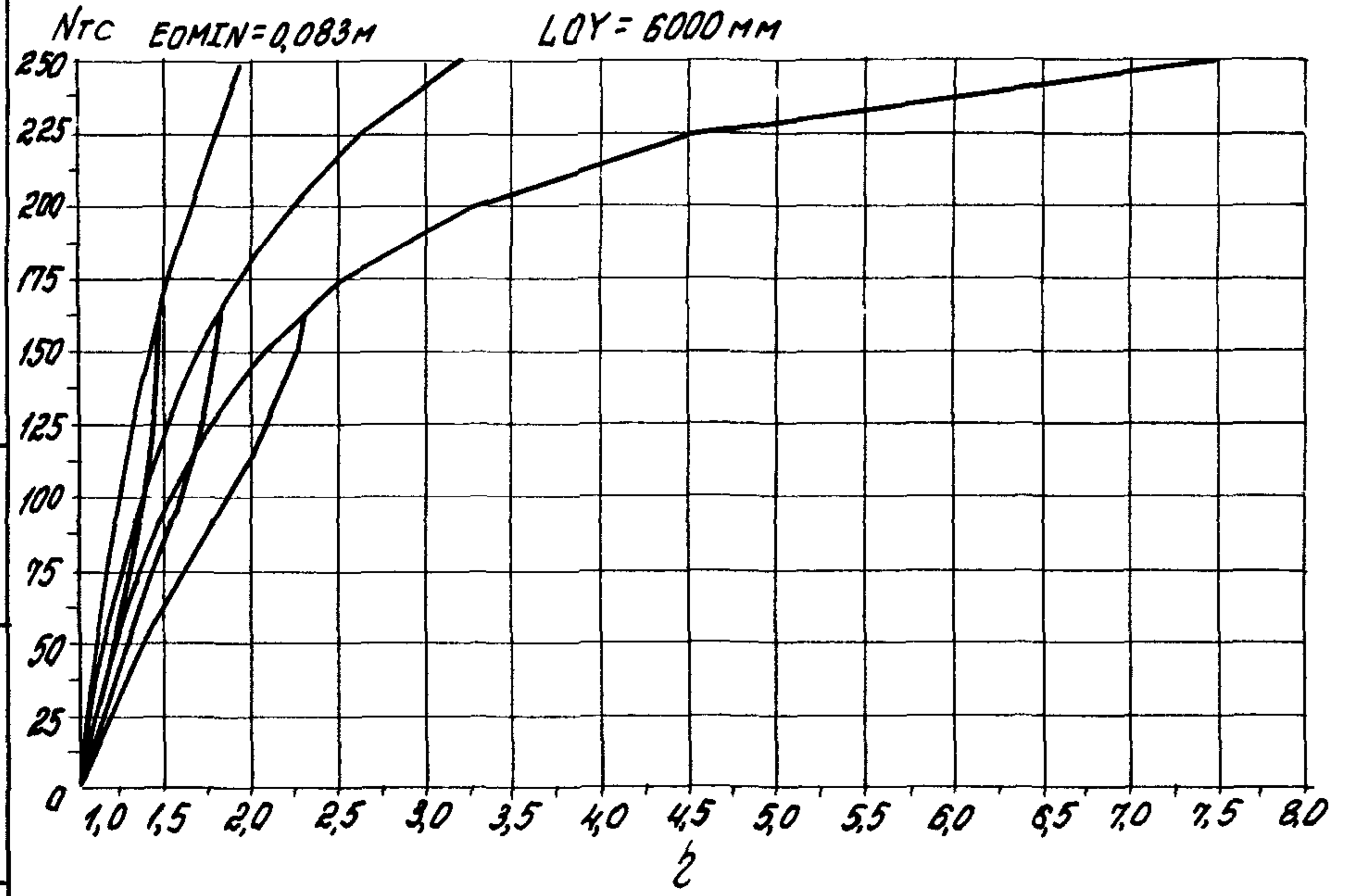
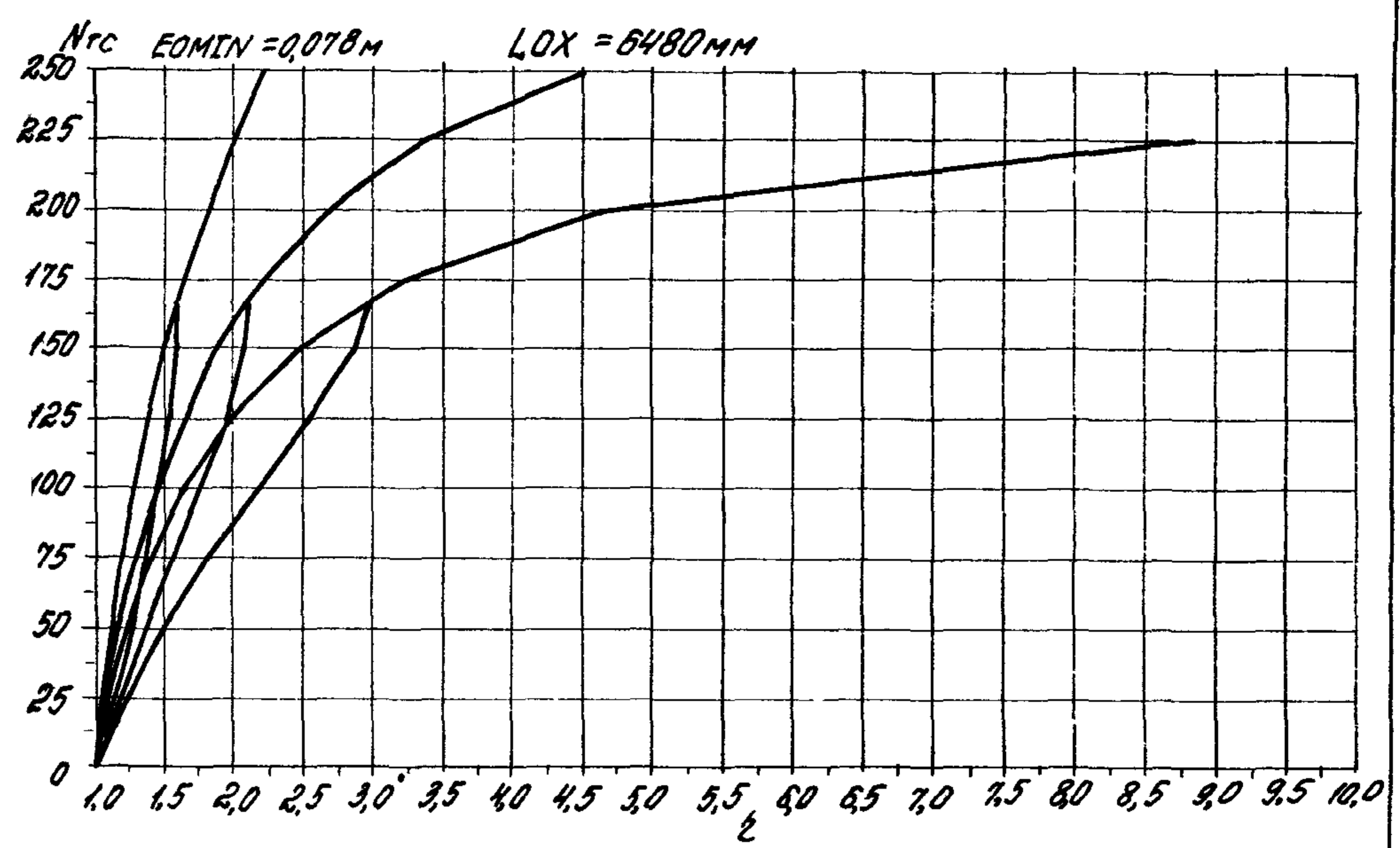
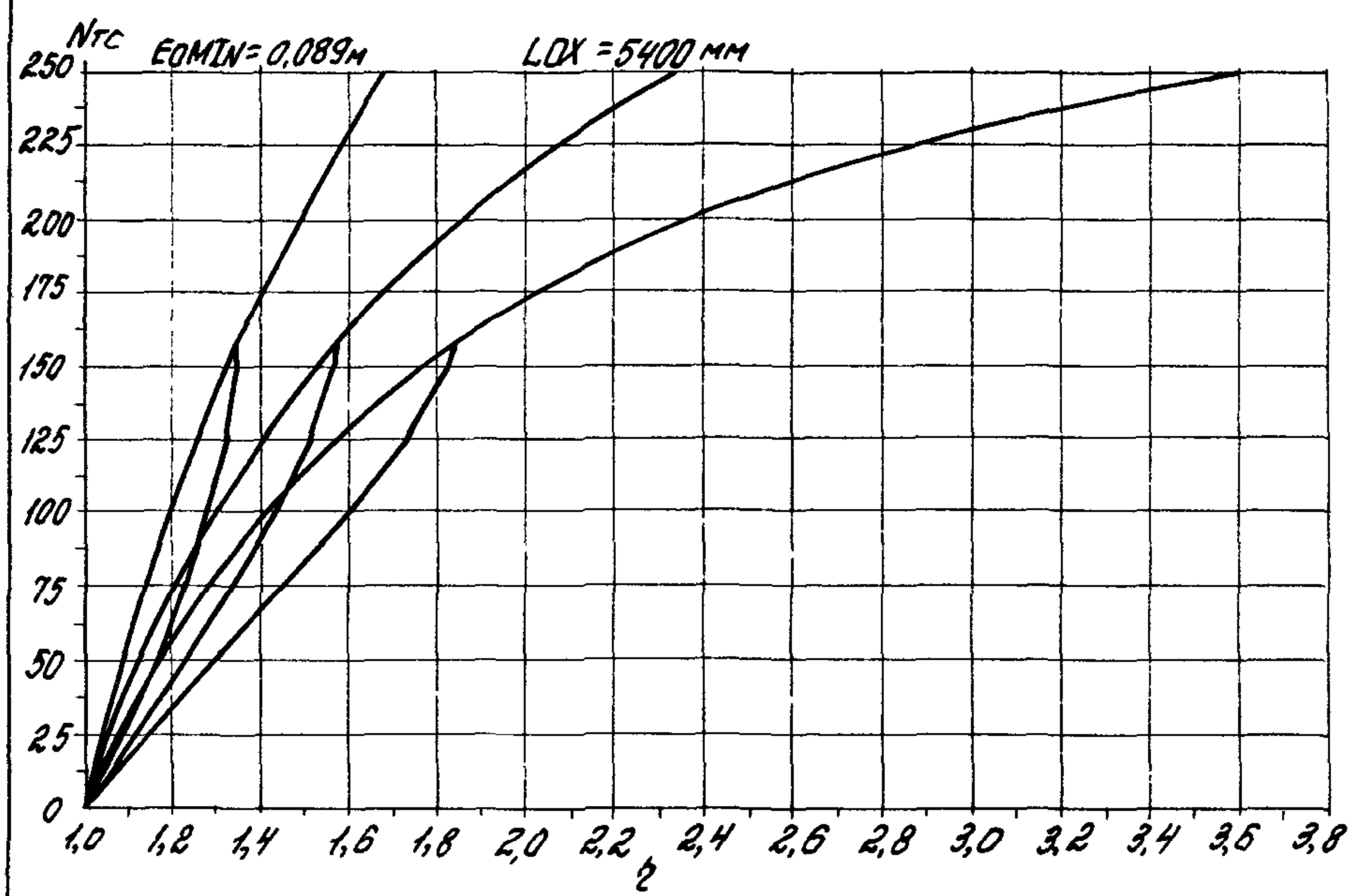
Индекс „а“ в обозначении кода сечения соответствует $\gamma_{b2} = 1,1$ аналогично „б“ - соответствует $\gamma_{b2} = 0,9$

1.020.1-4		0-9 002	
Сталь	Мет	Лист	1
ЦНИИПРОЕКТОДИЗАНИИ			
Графики логар. бмочен-		РБС1-Р101-130Б	
треного сжатия сече-		НИИ М.М. 101а-130Б	
Исполн.	Корыш	Провер.	Корыш
Инж.	Григорьев	Инж.	Голованов

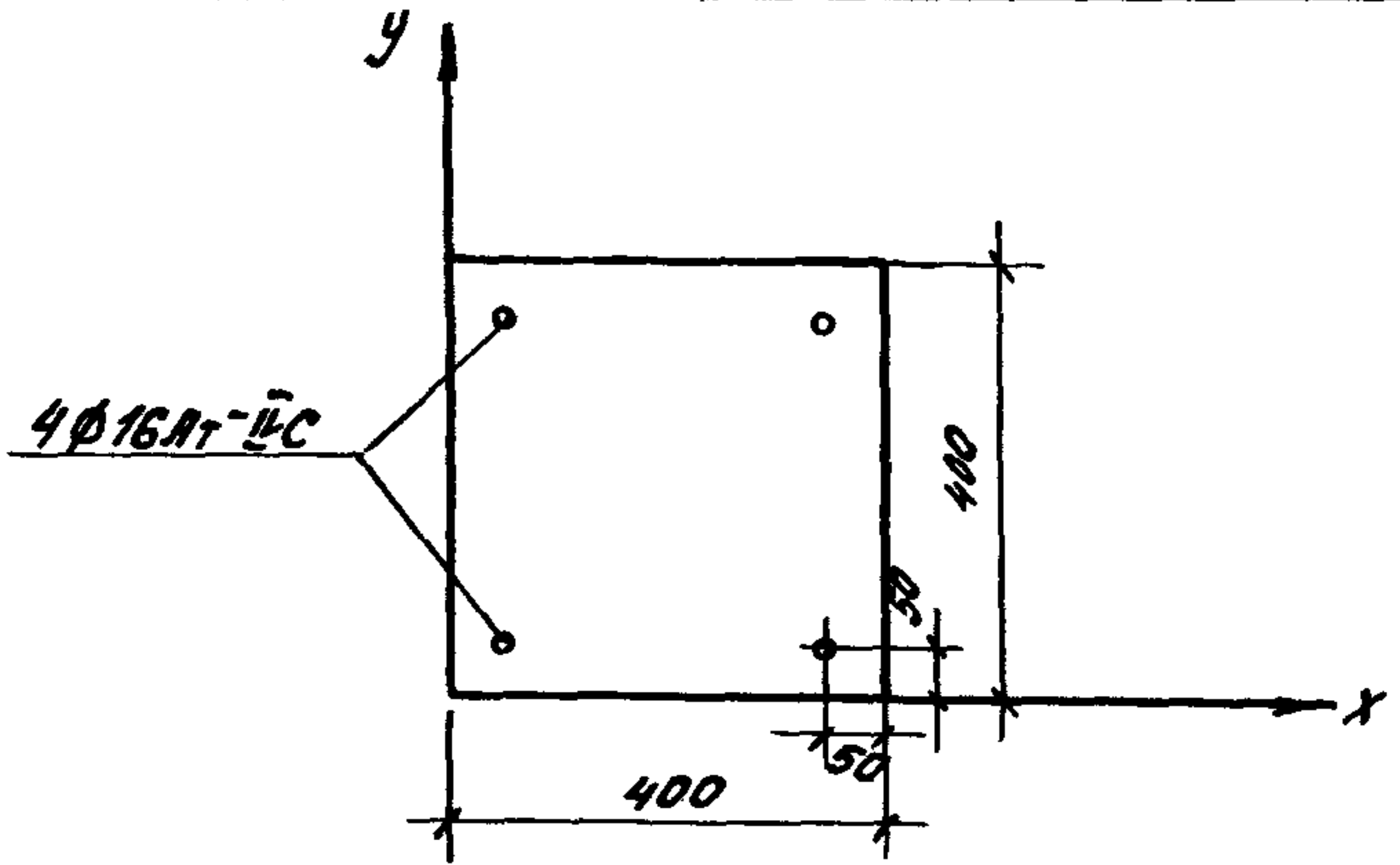
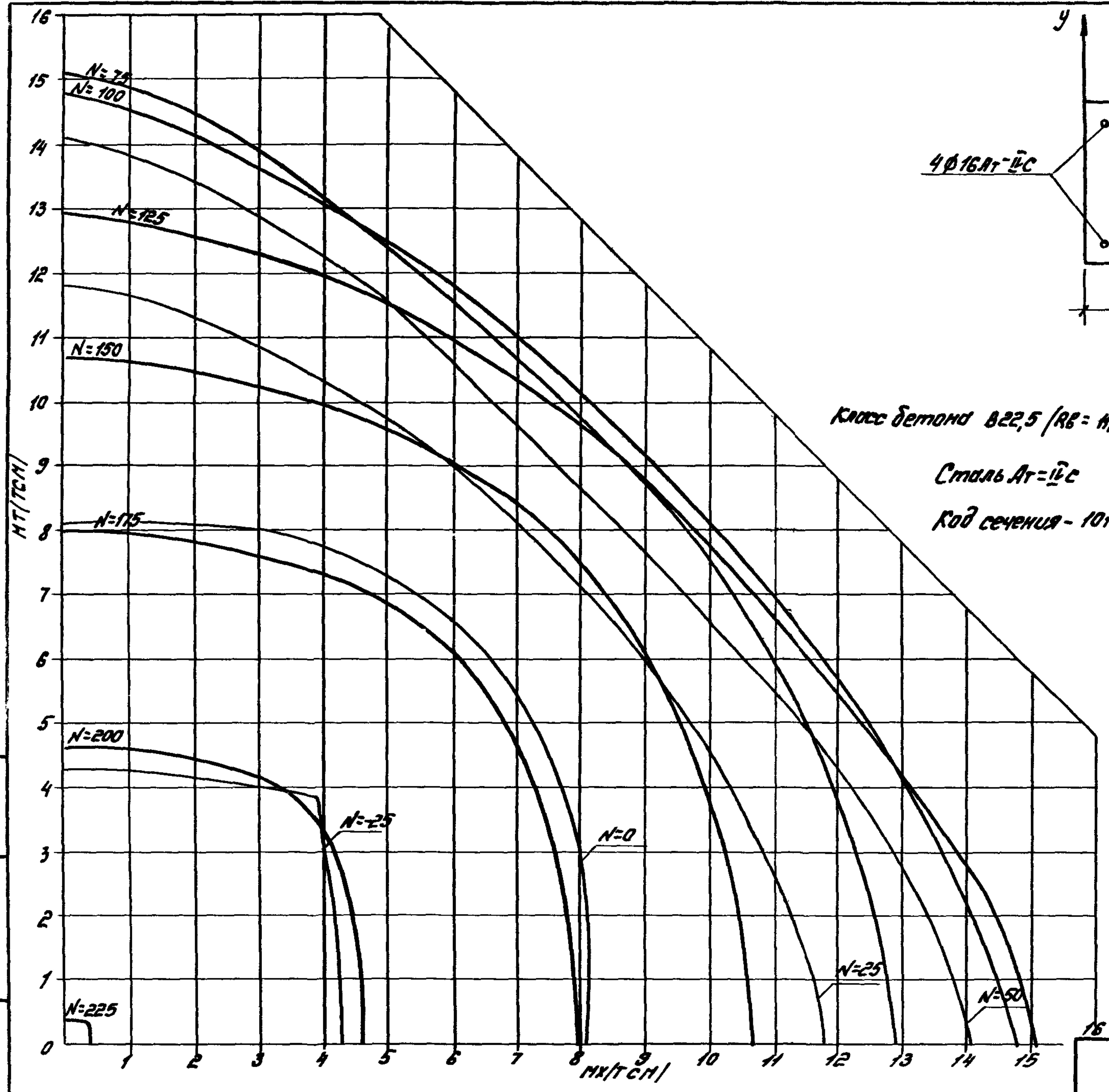


L. B. M. W. F. No. 1020 1-4



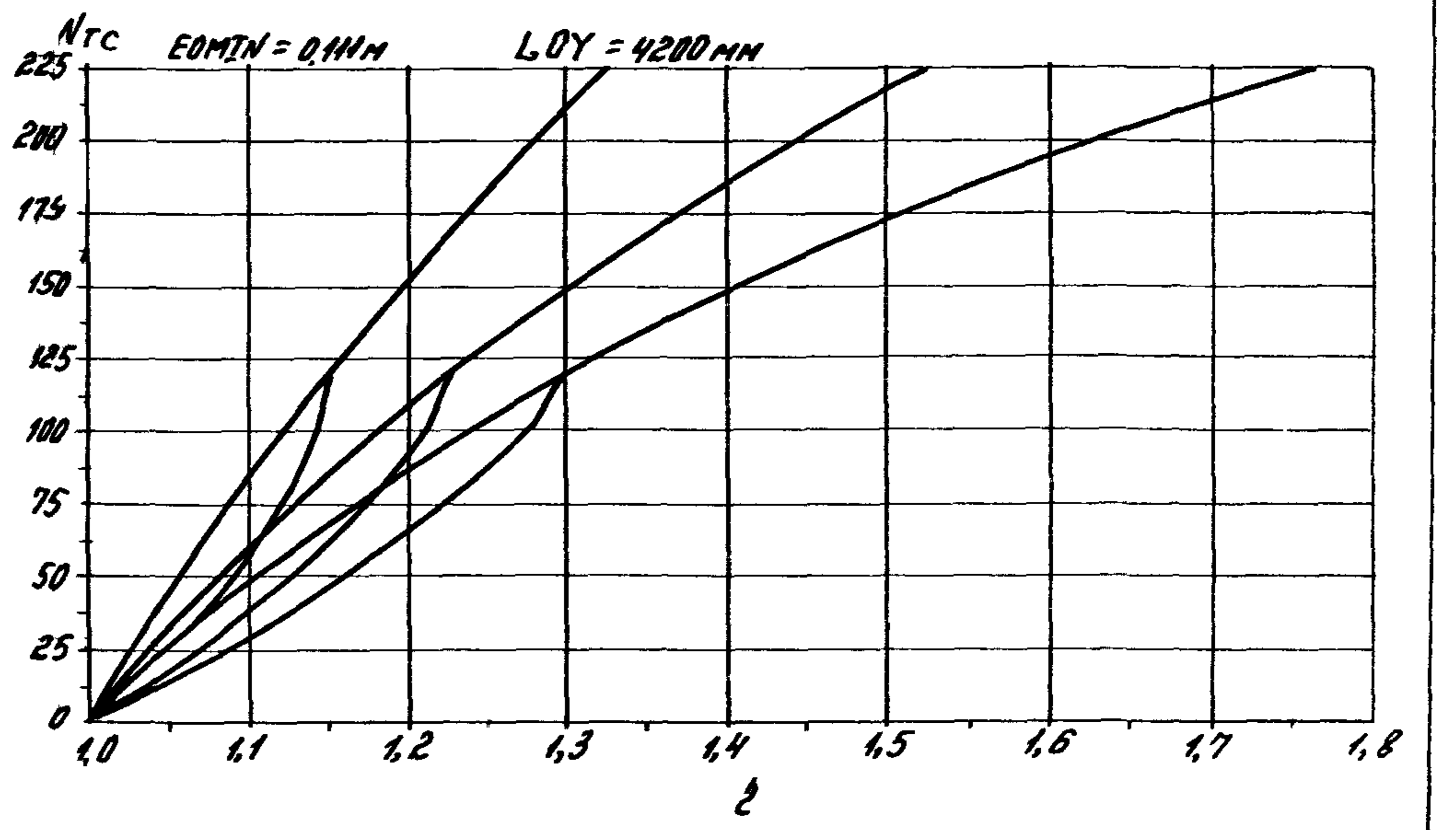
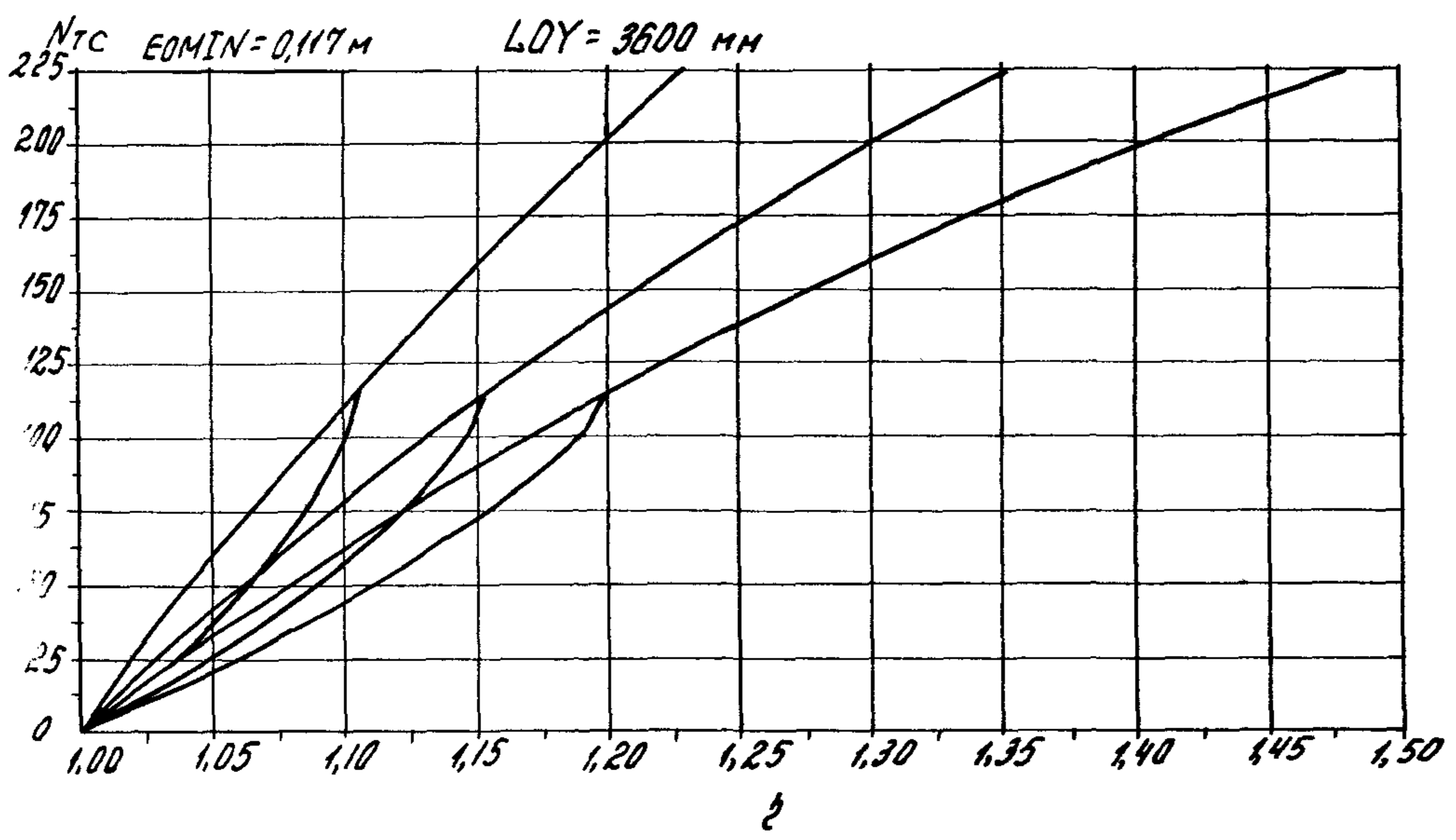
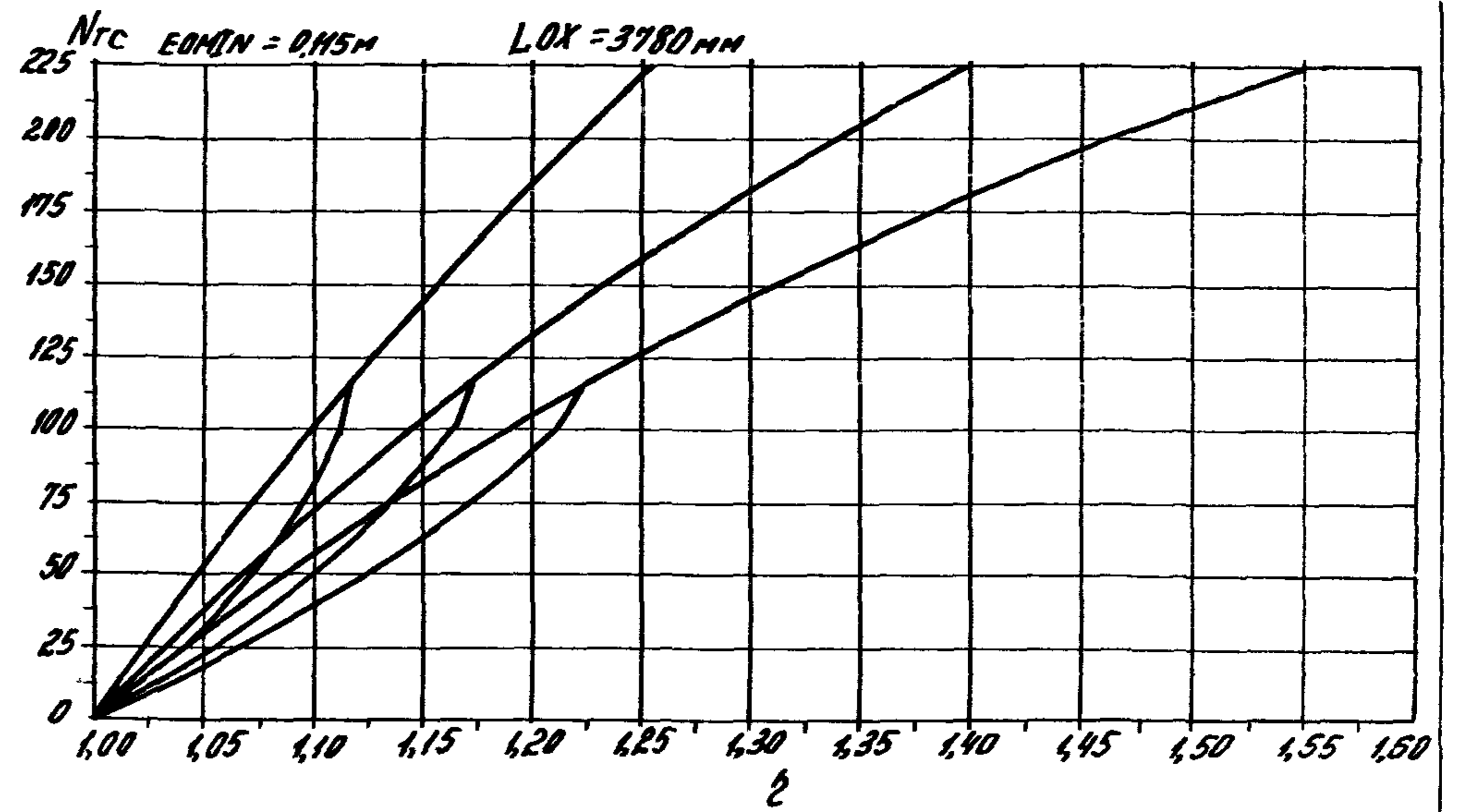
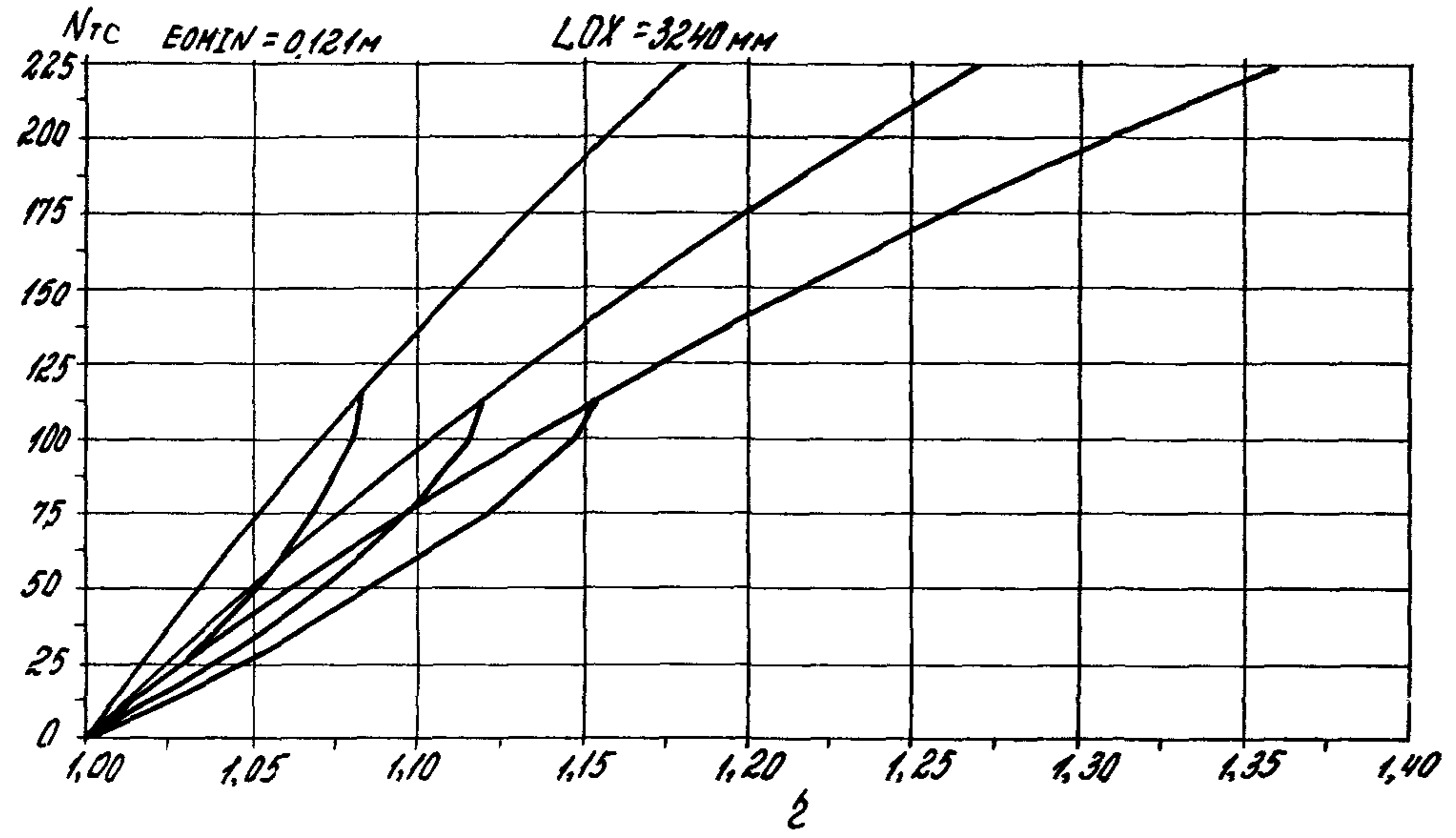


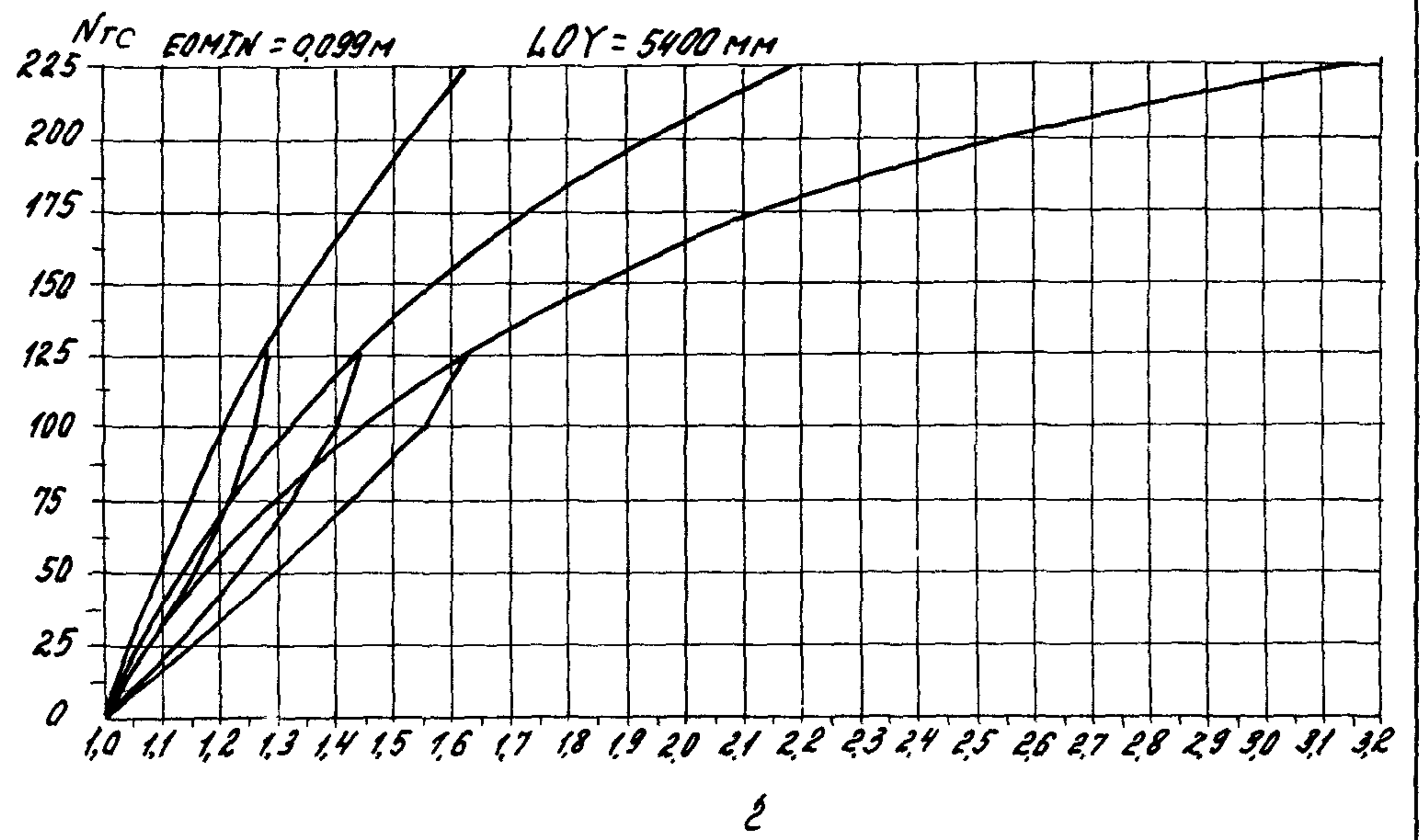
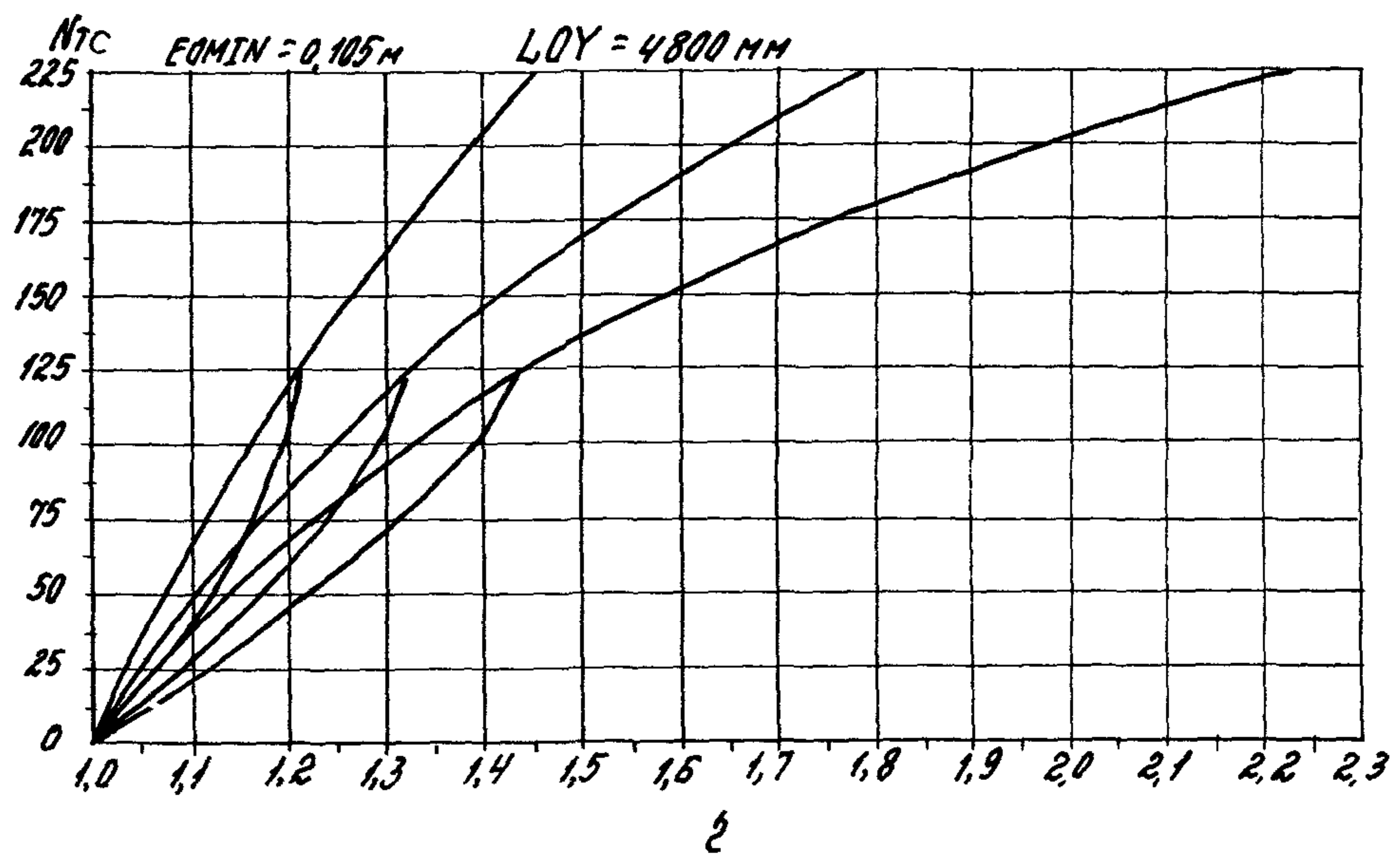
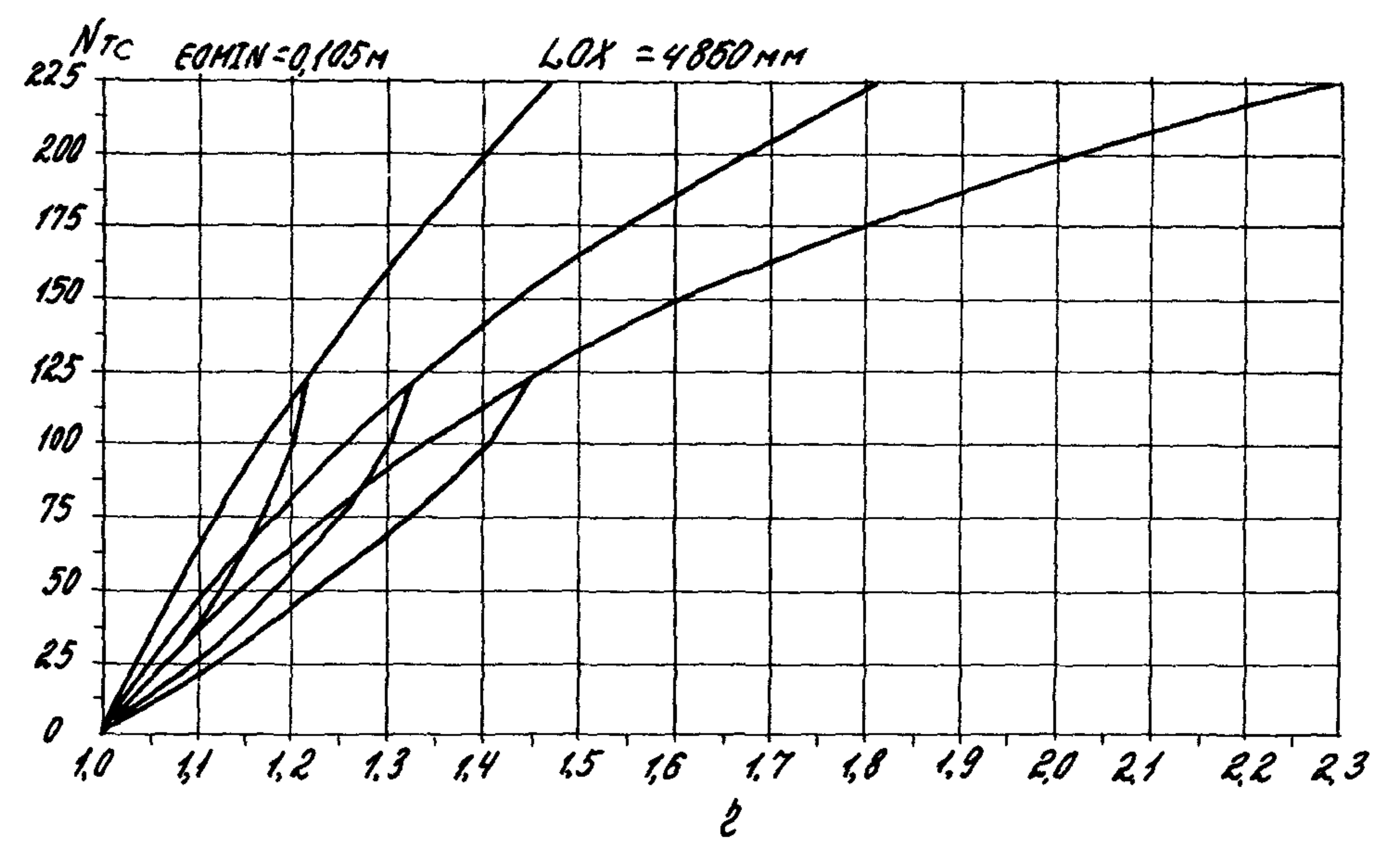
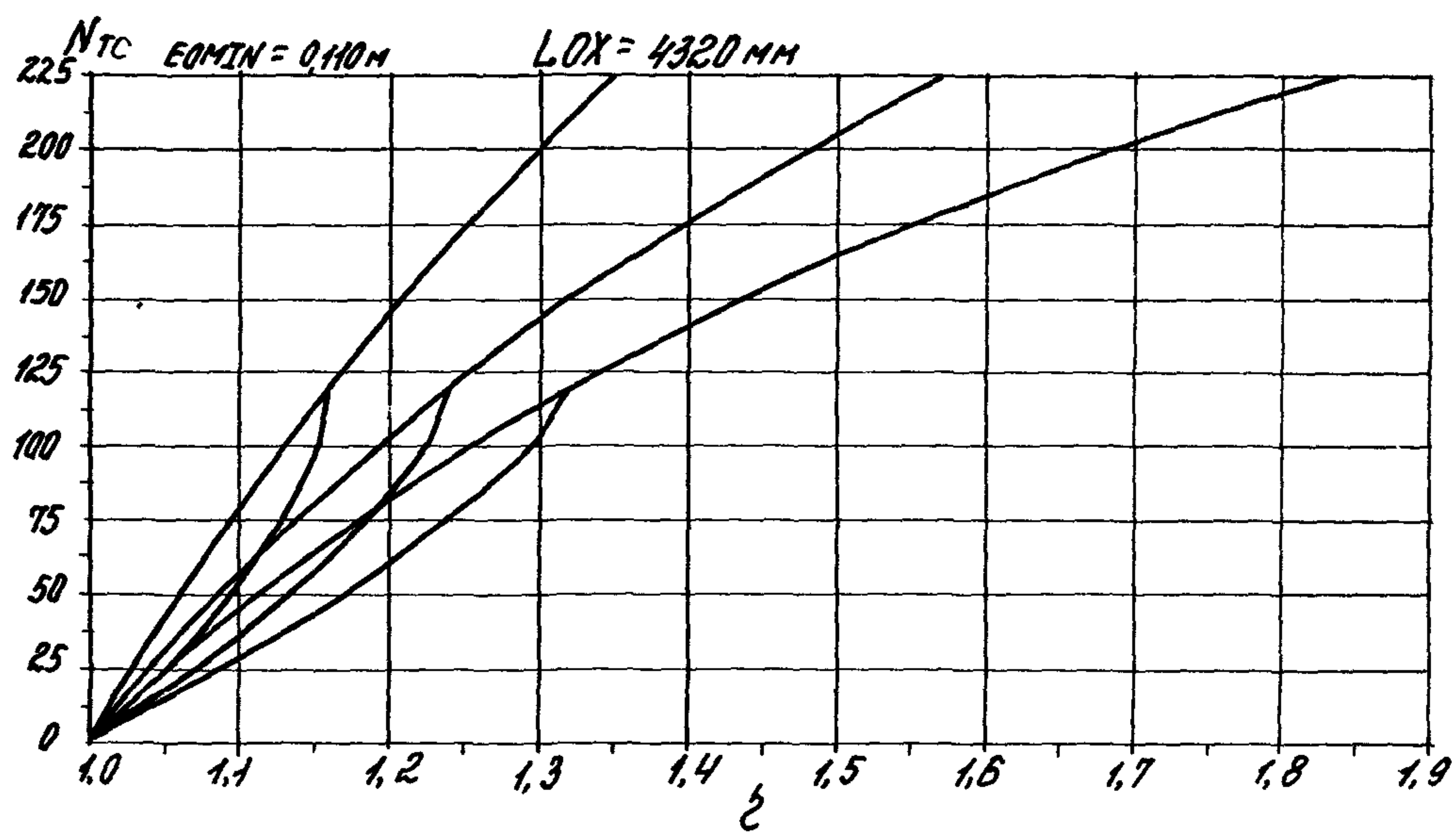
Удѣла БЭММ в...
A...

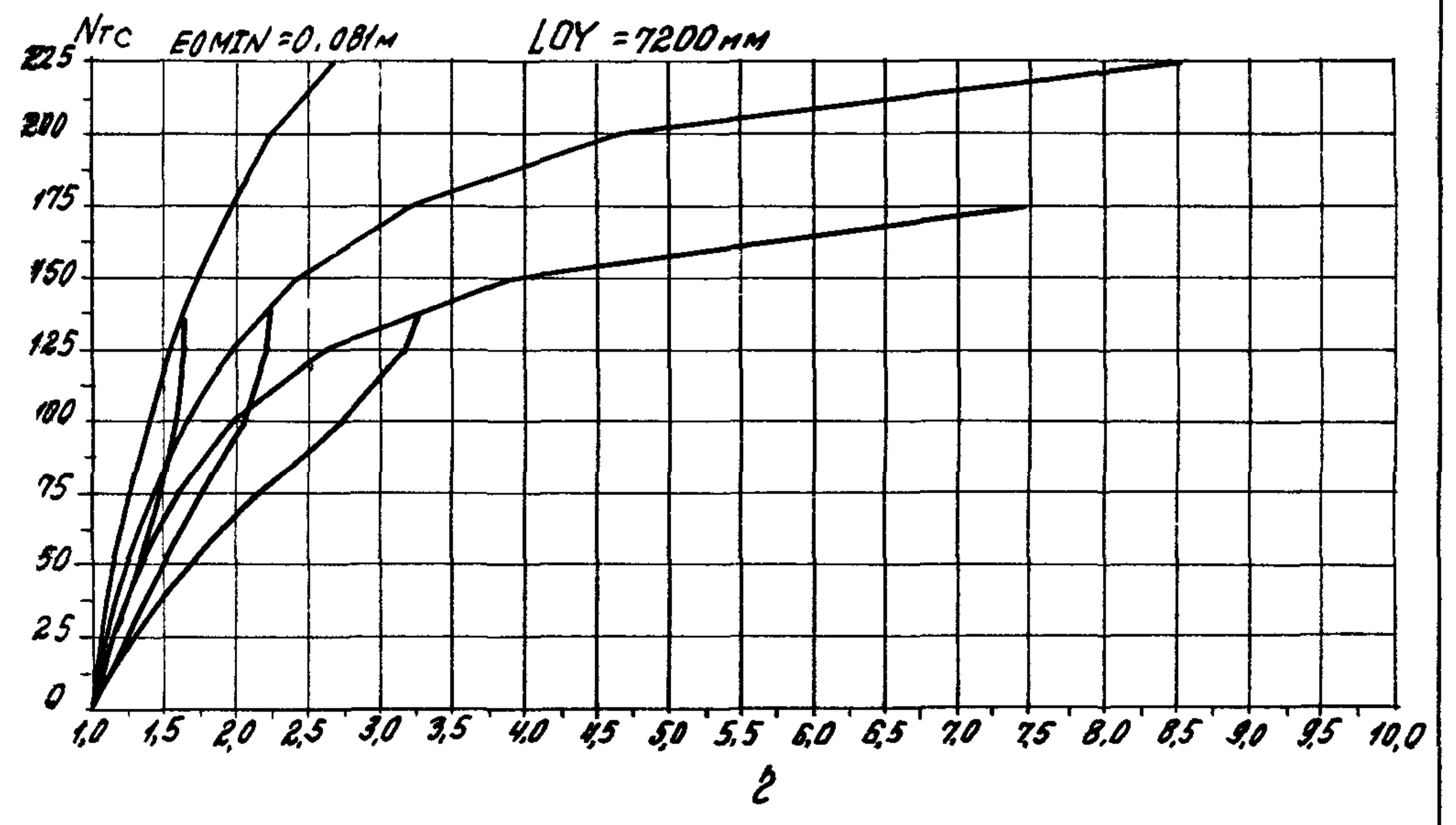
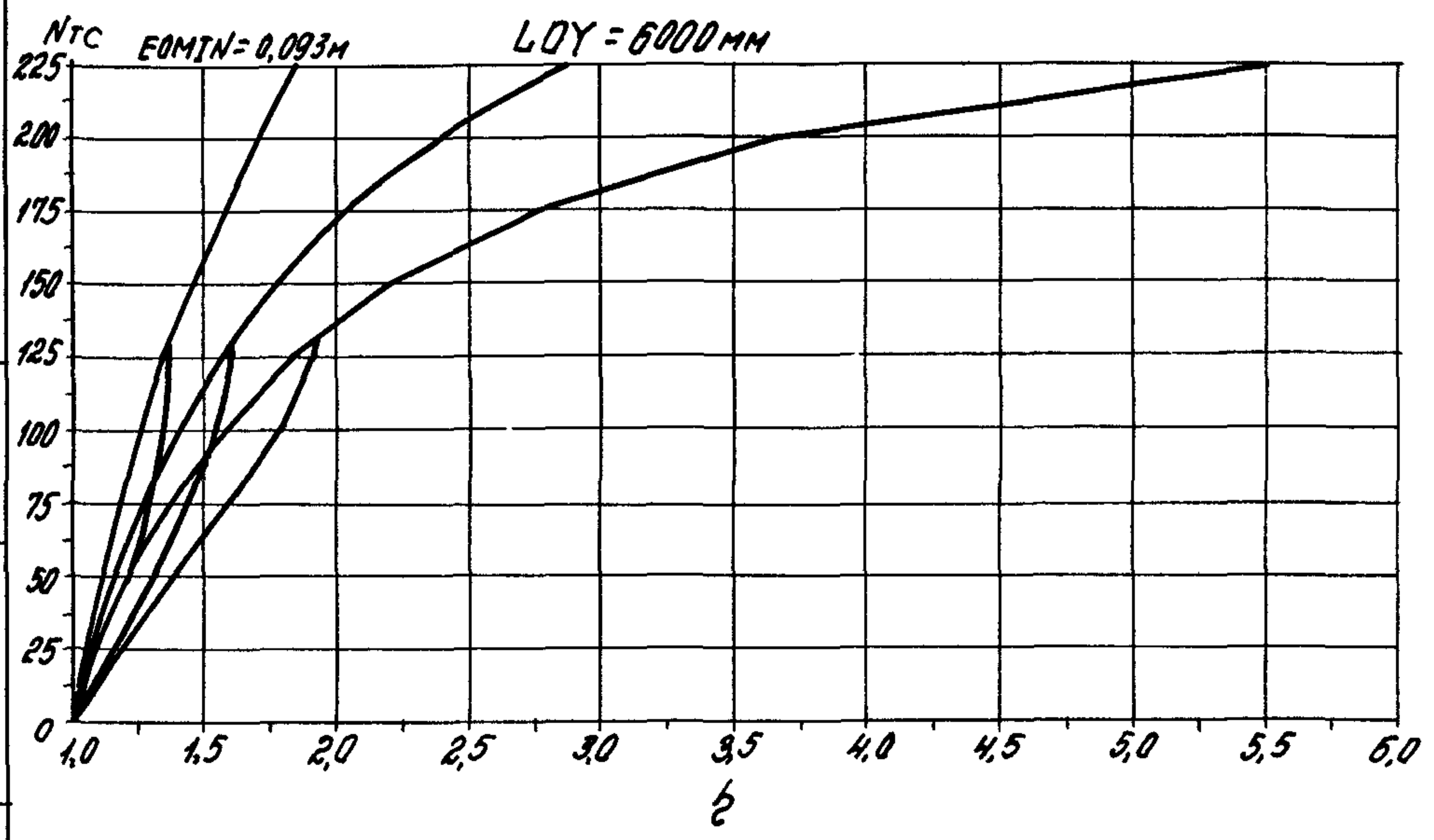
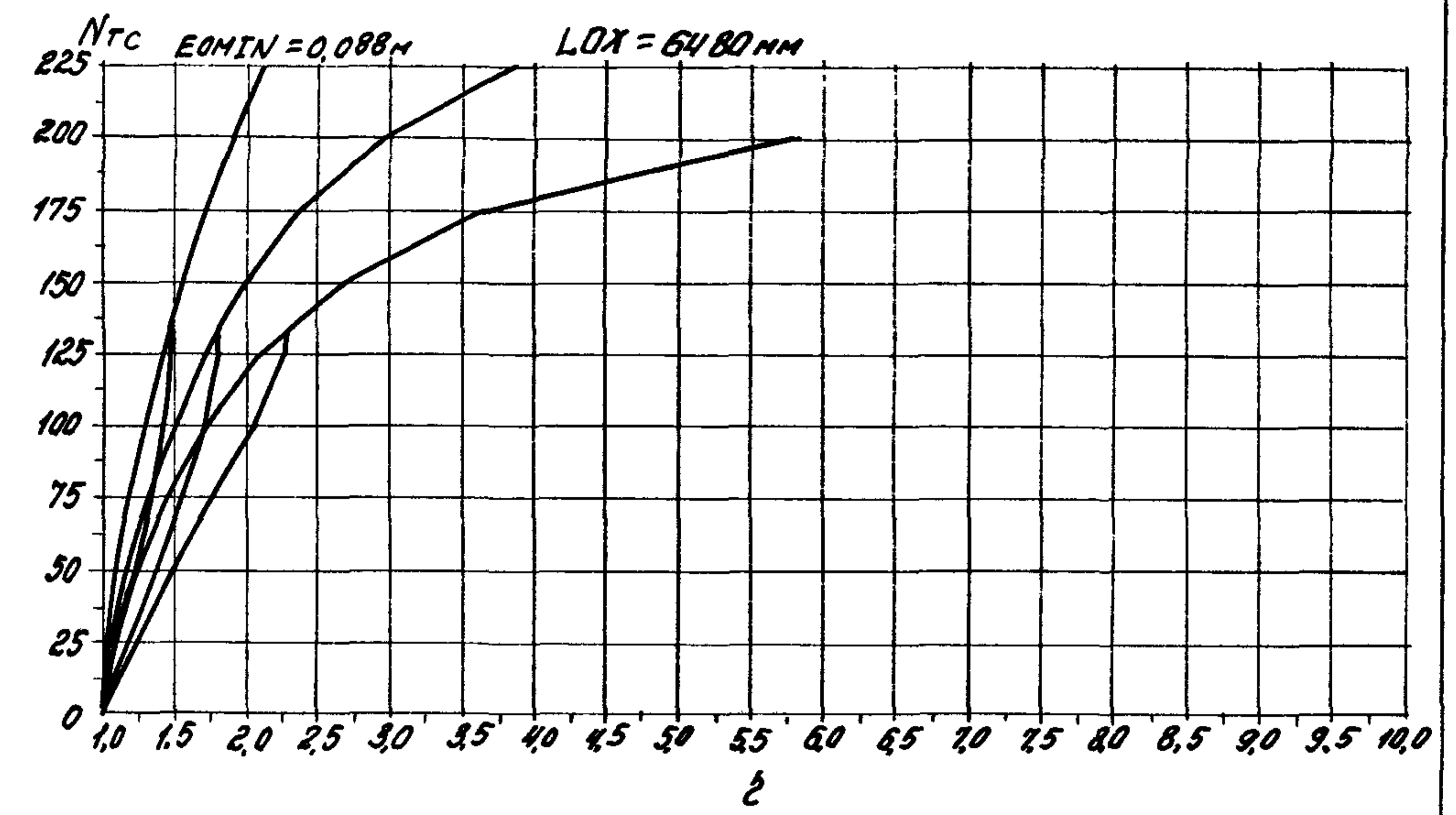
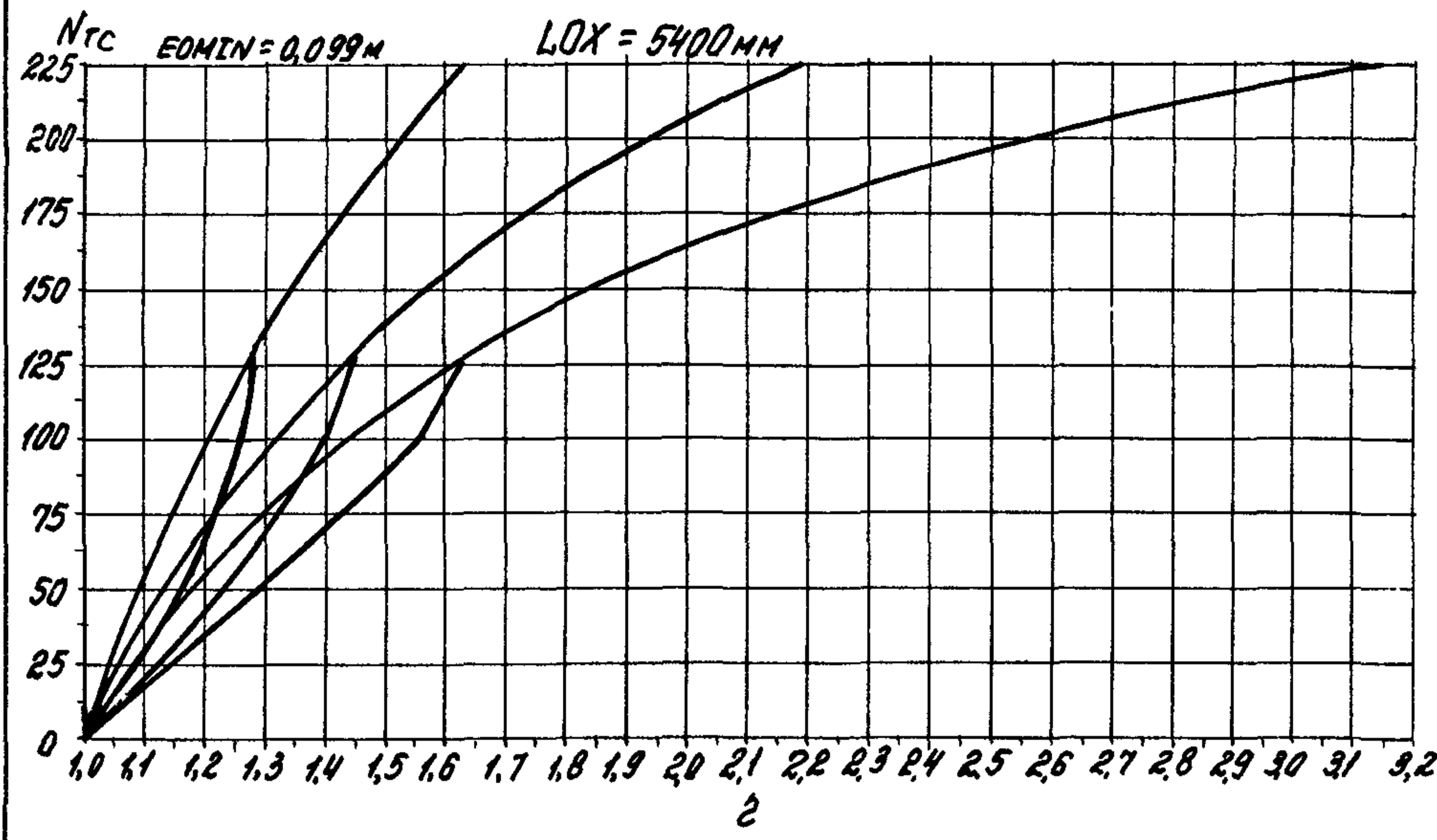


Класс бетона В22,5 ($R_b = 11,7 \text{ МПа}; \gamma_{b2} = 0,90$)
 Сталь Ат-ІІС
 Код сечения - 1018

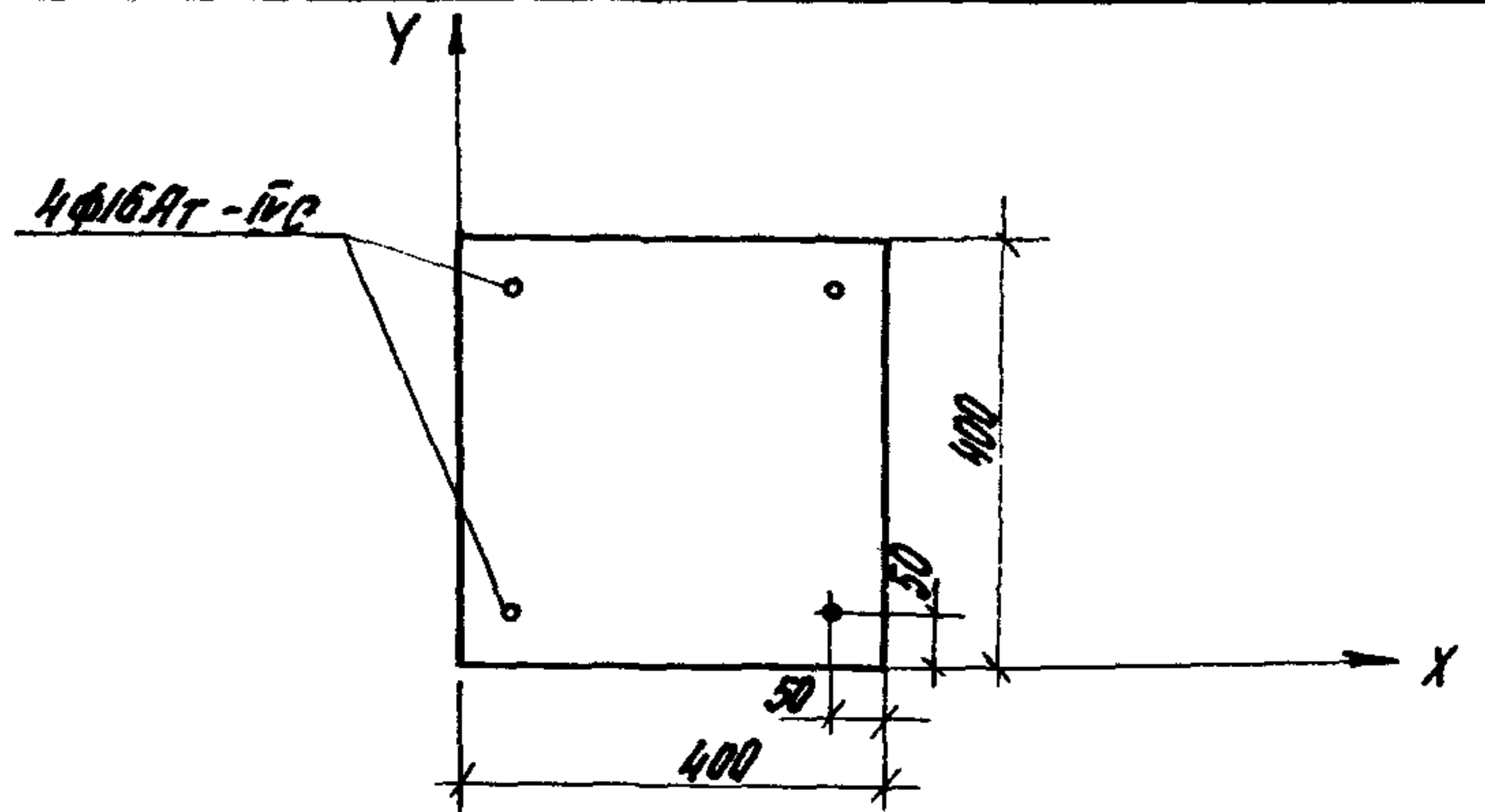
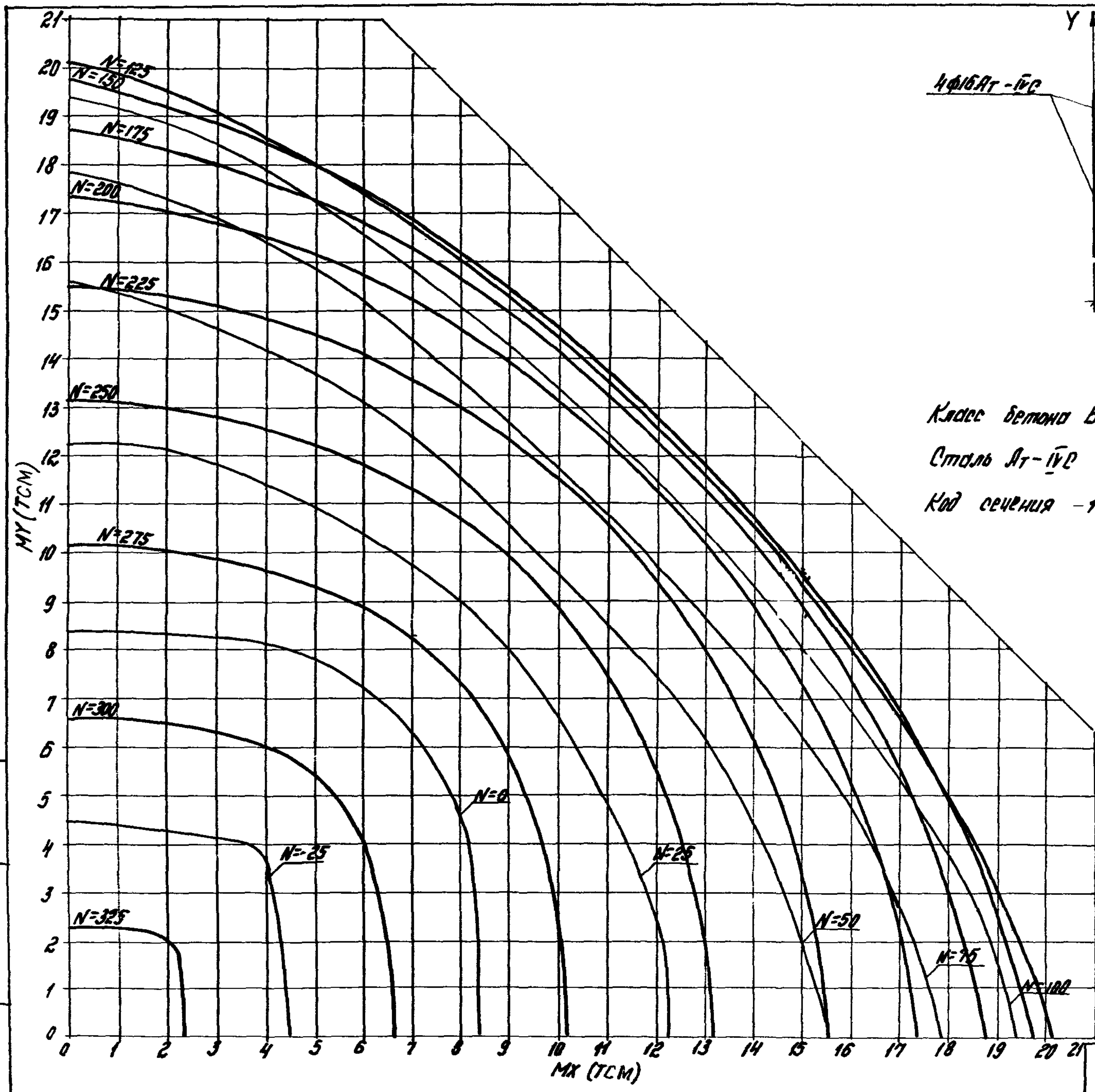
Учб. №008. Подпись и дата В.С.С. 11/68







Учб. и учеб. пособия в области ВЭиЭН

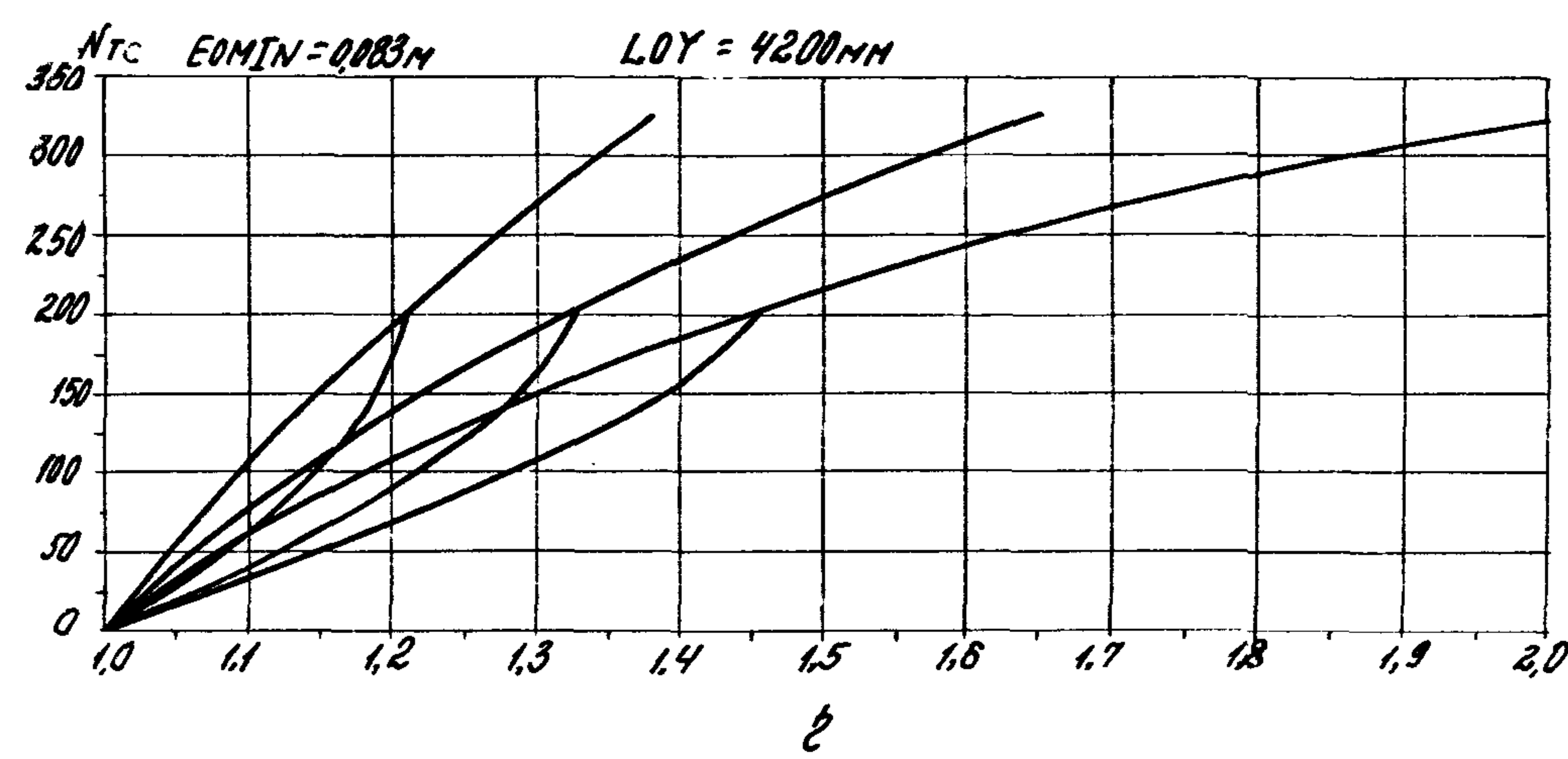
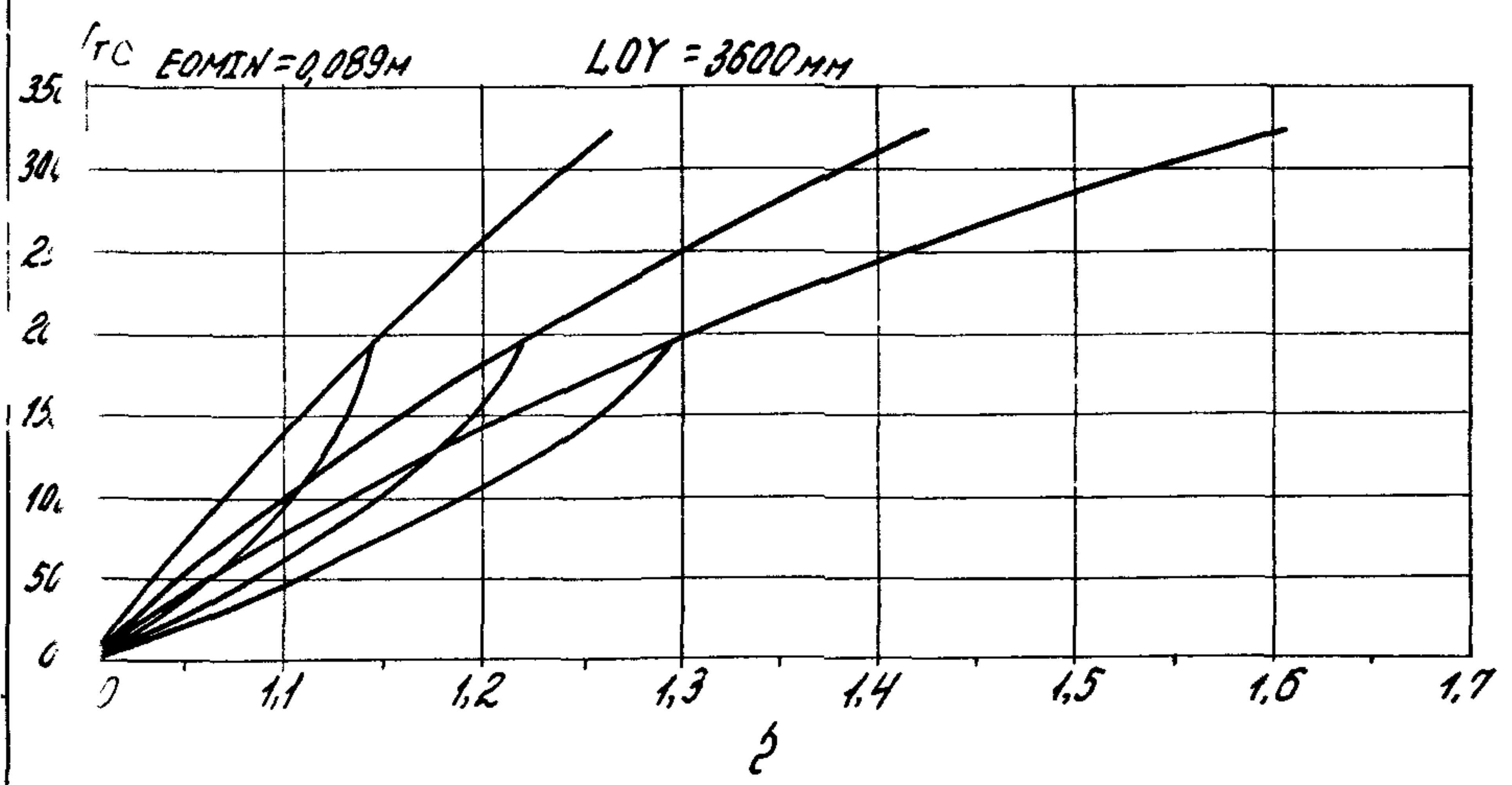
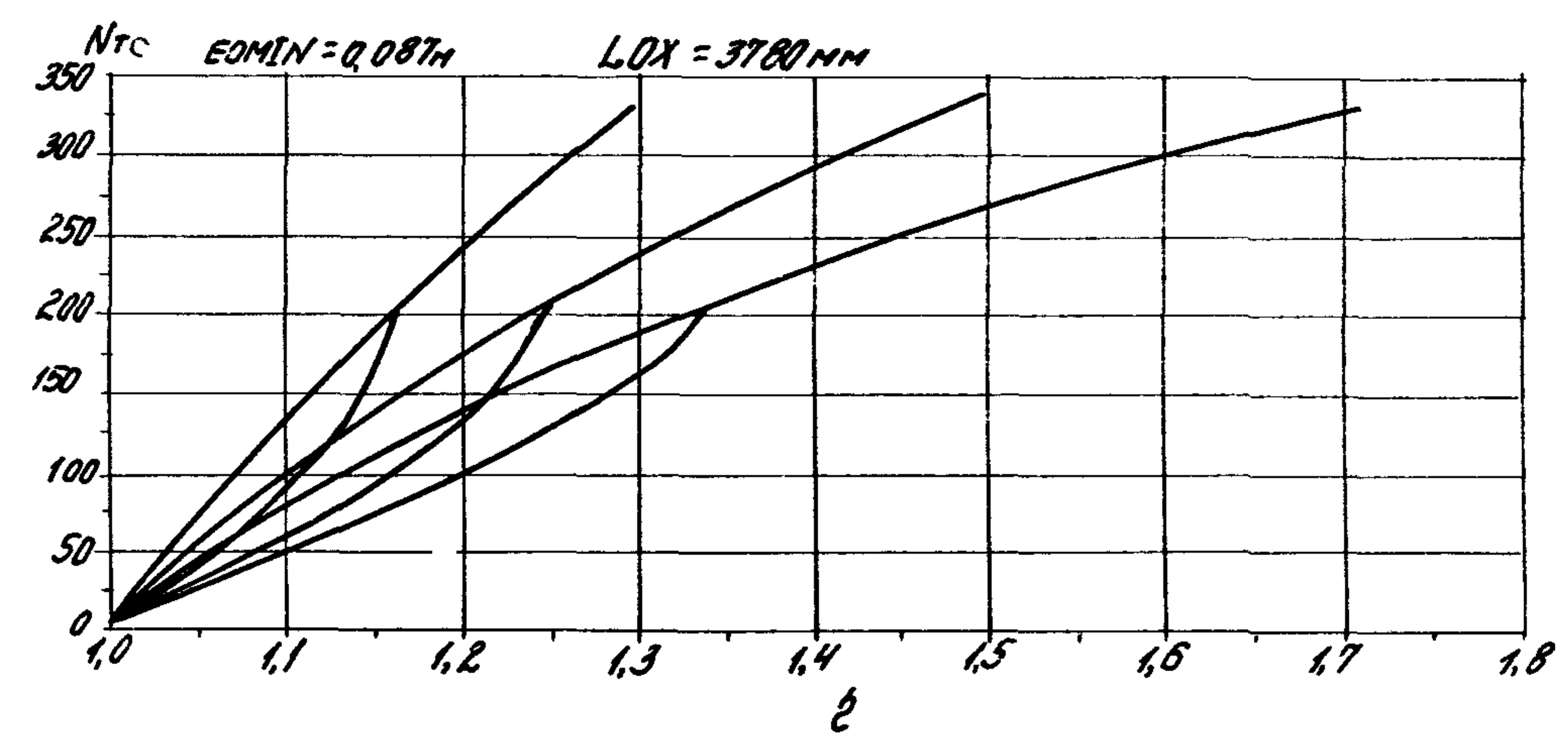
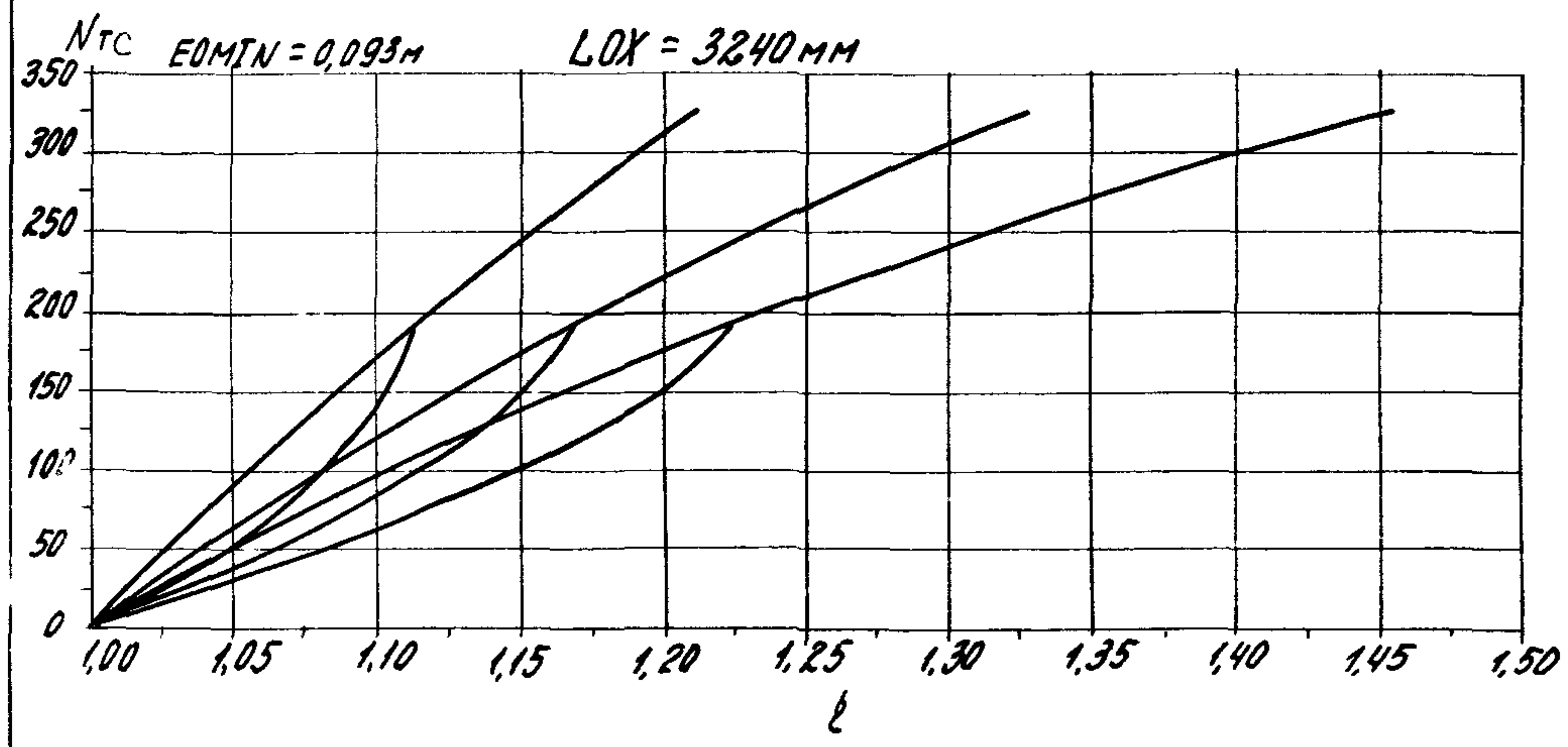


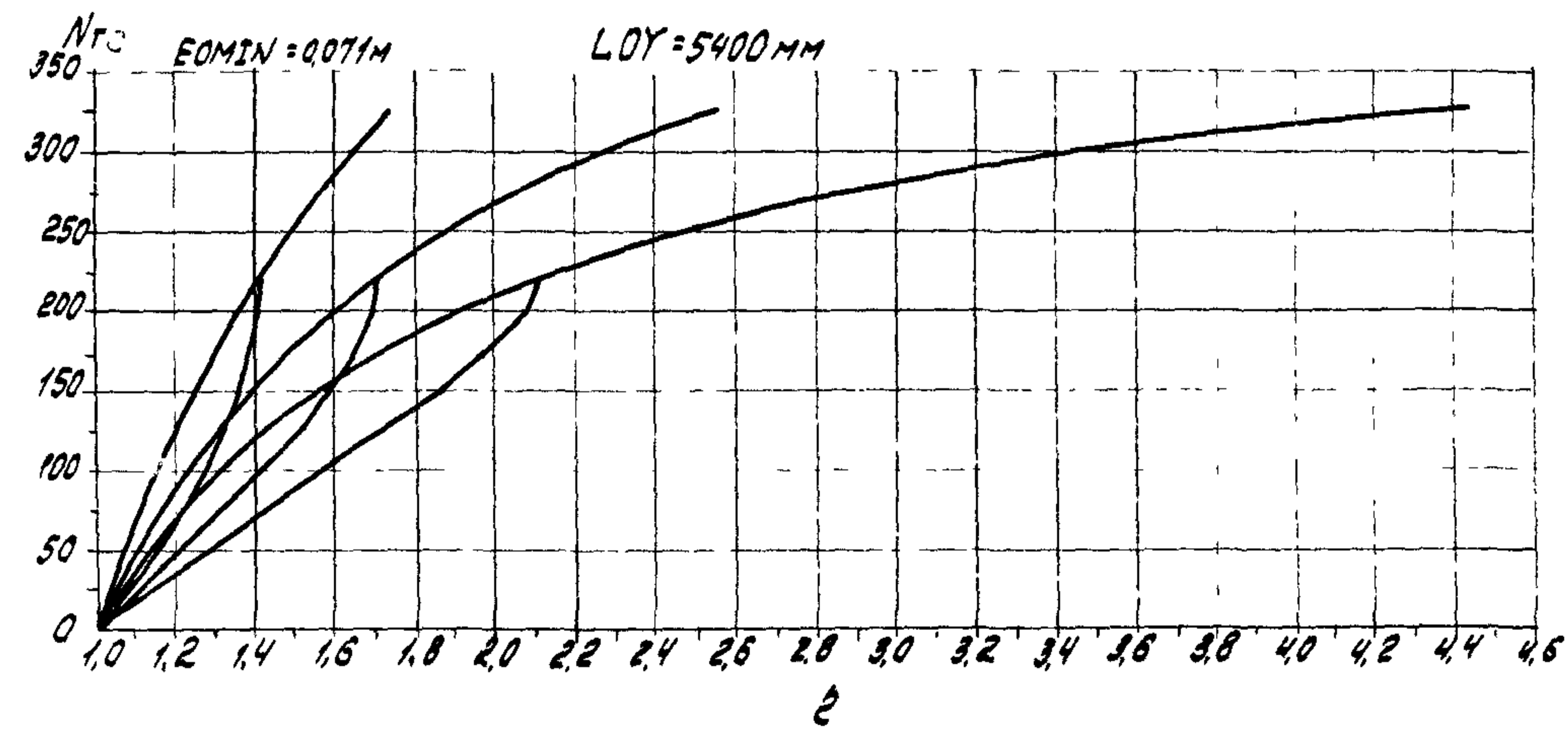
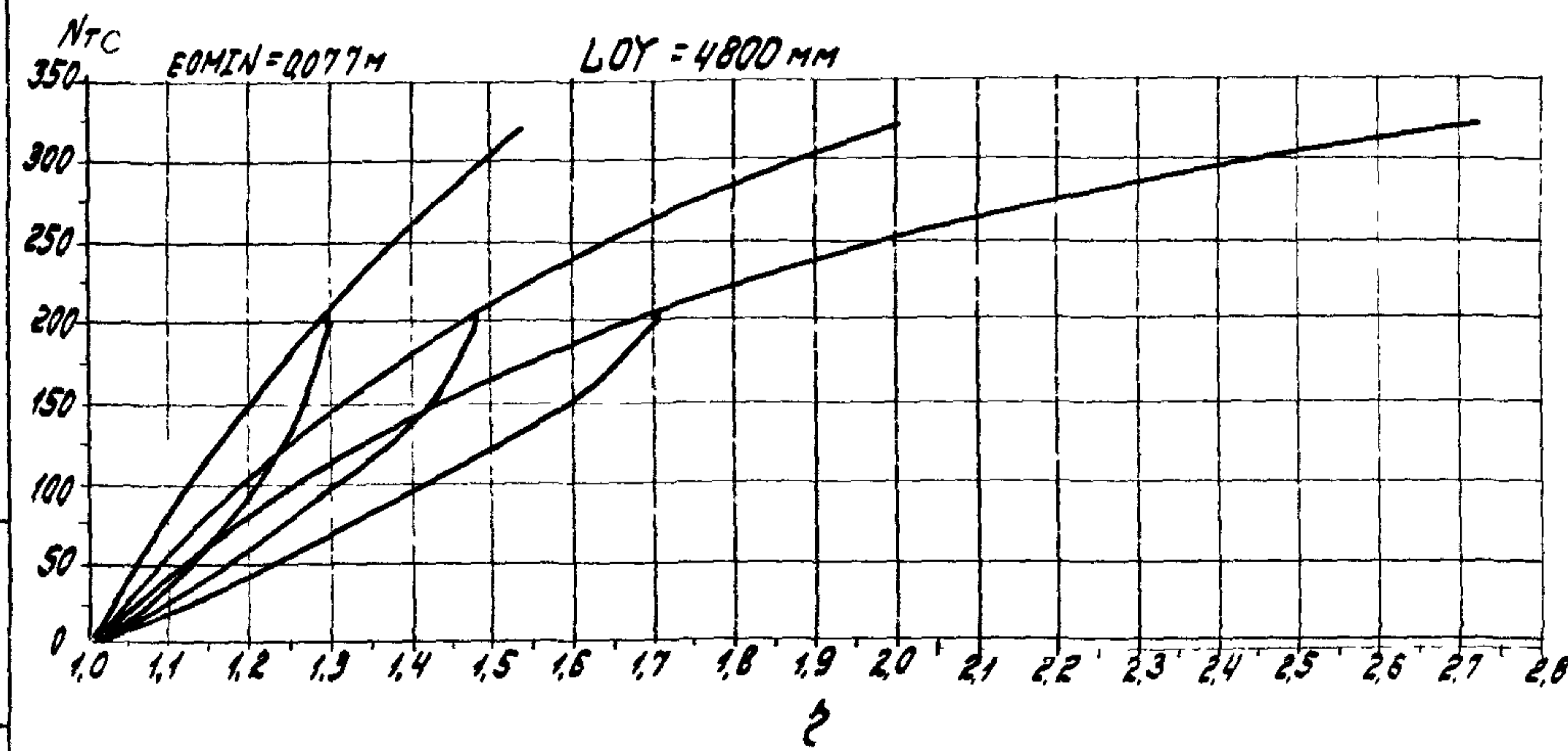
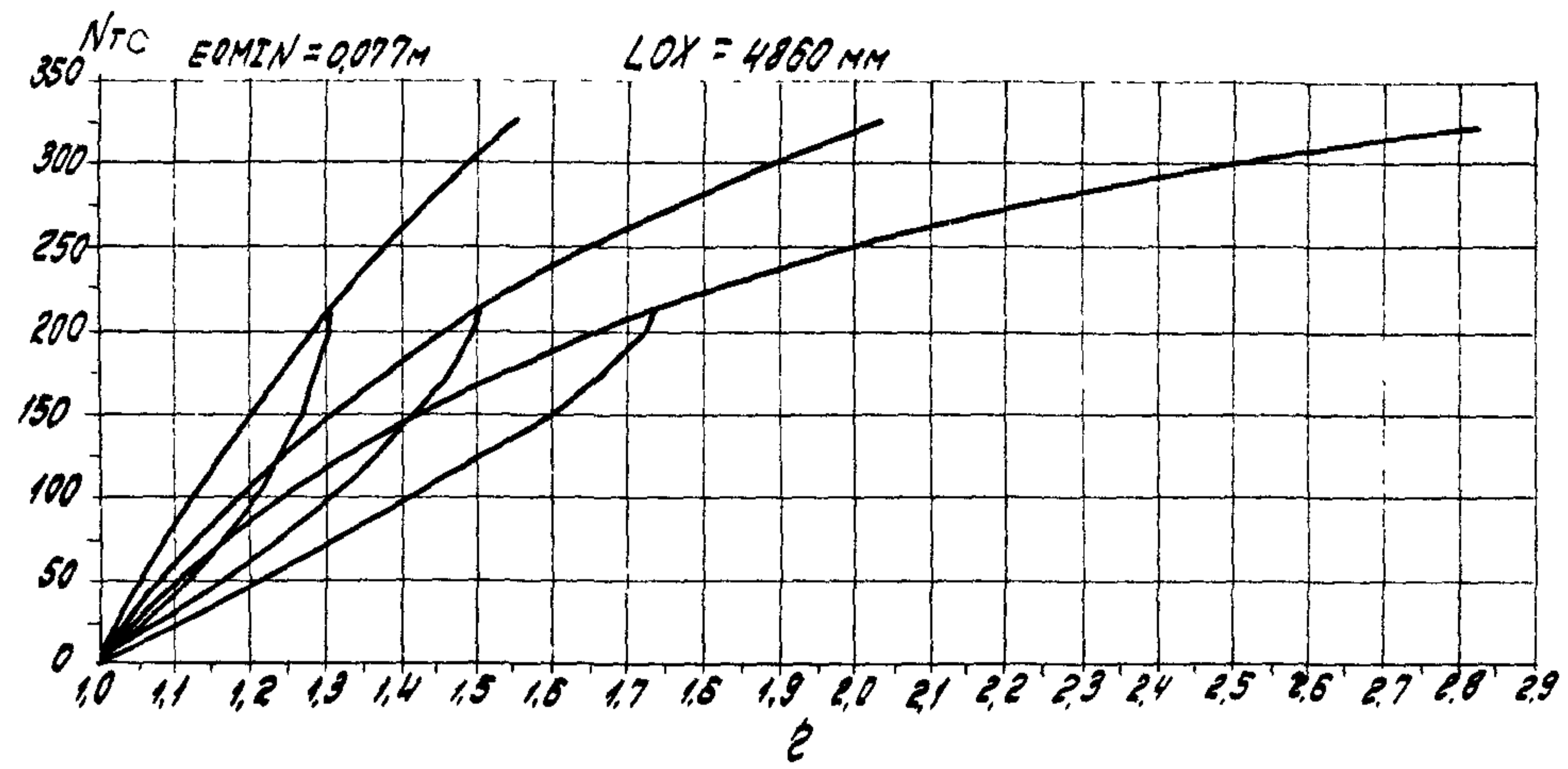
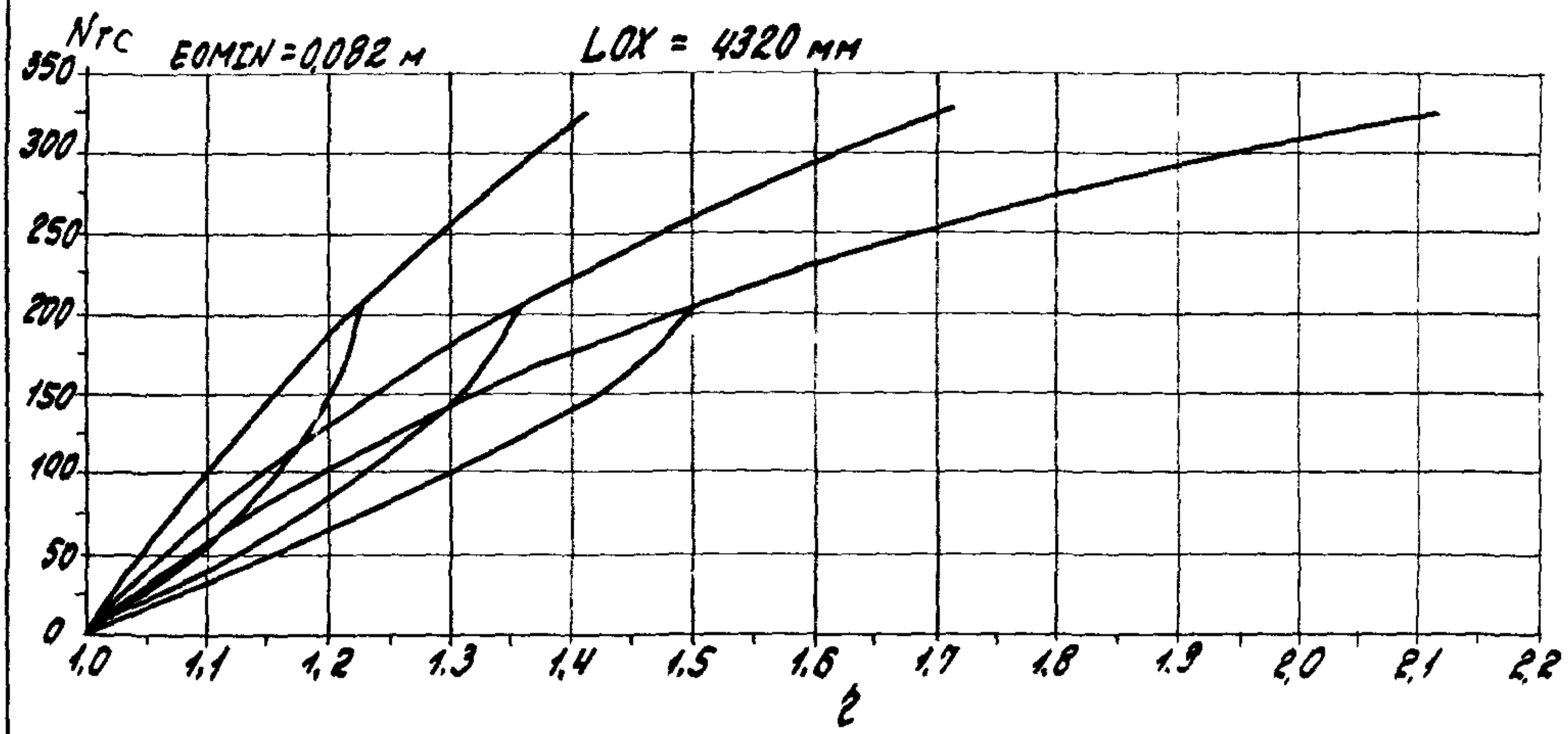
Класс бетона В30,0 ($R_b = 18,7 \text{ МПа}$ при учете $\gamma_{b2} = 1,10$)
 Сталь А-ІІ
 Код сечения - 102 а.

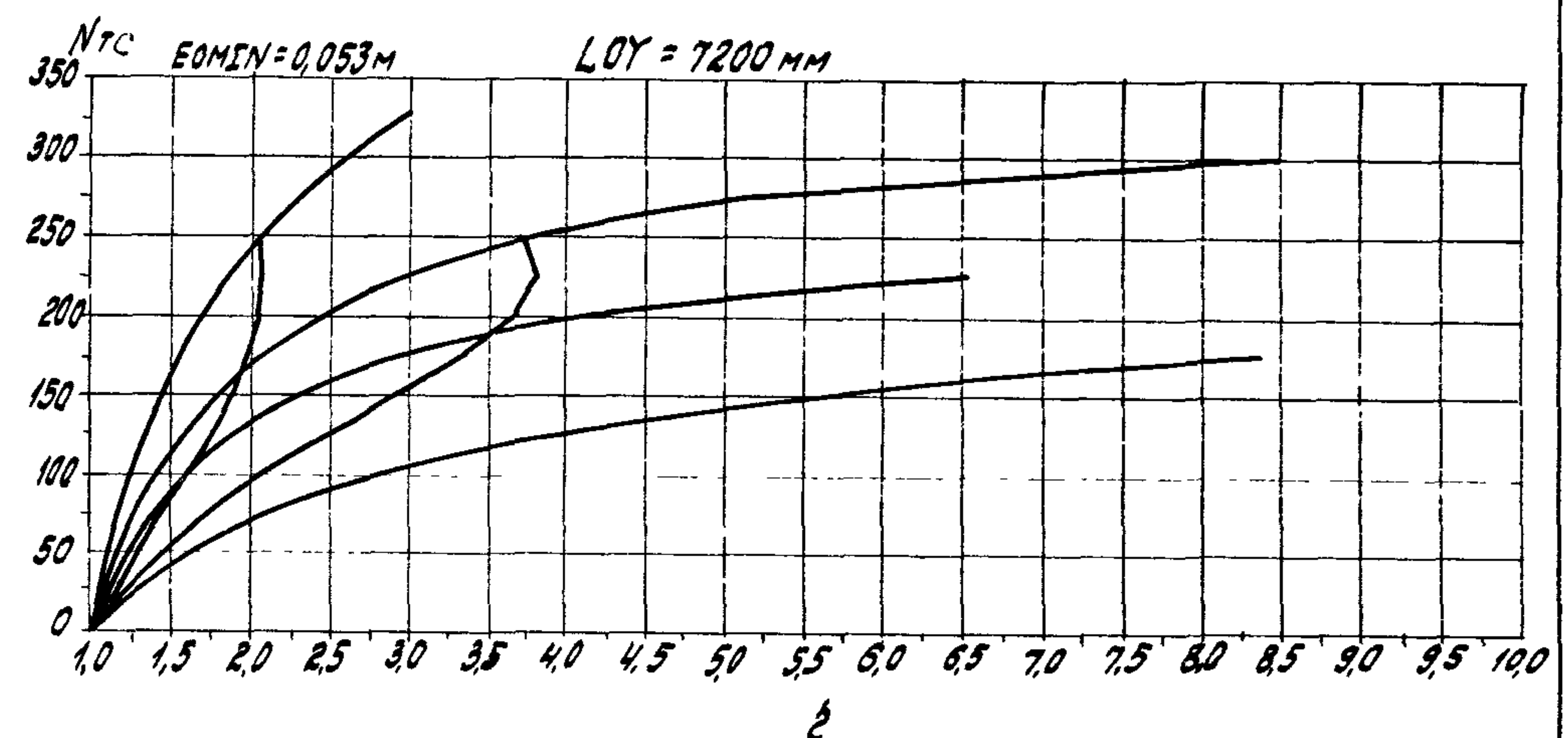
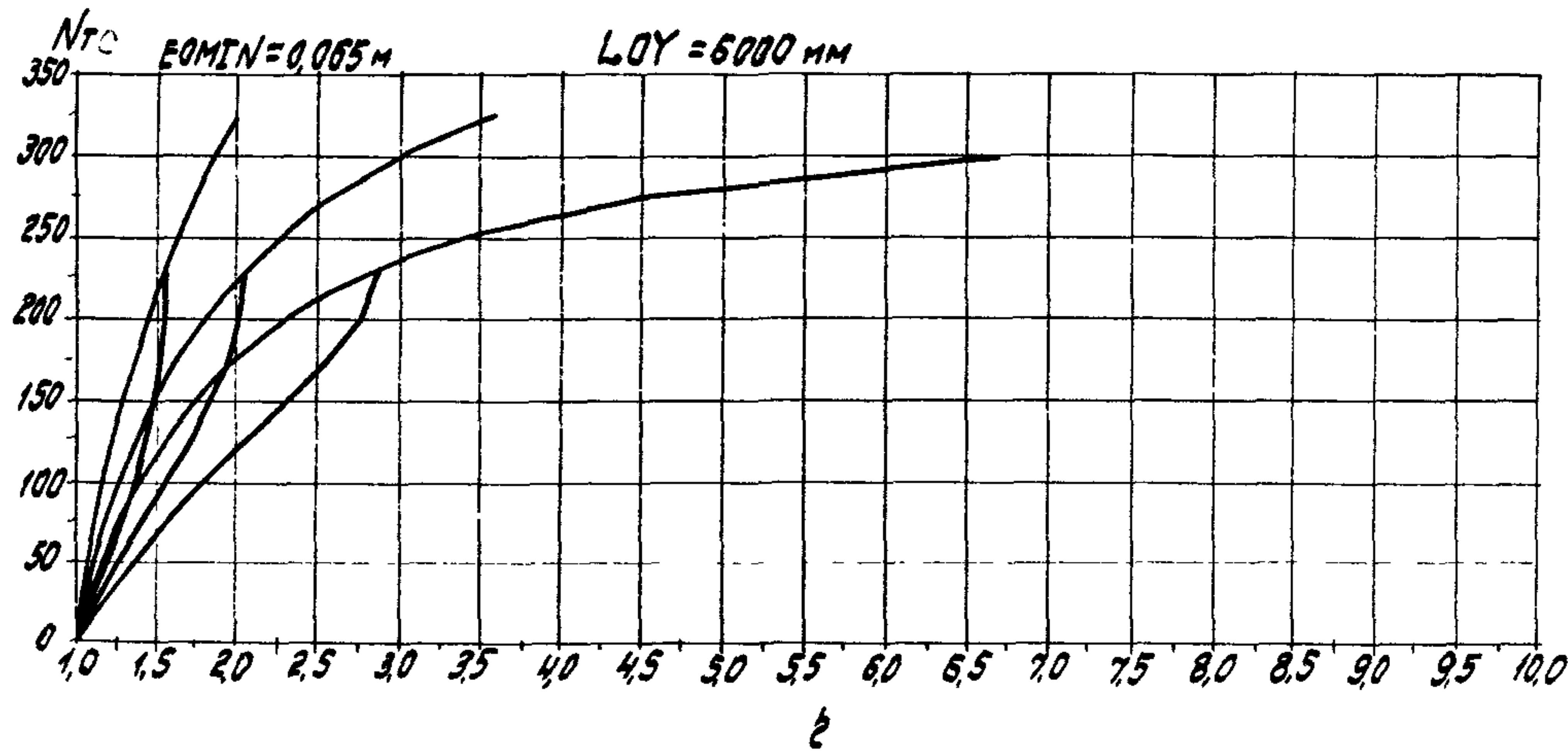
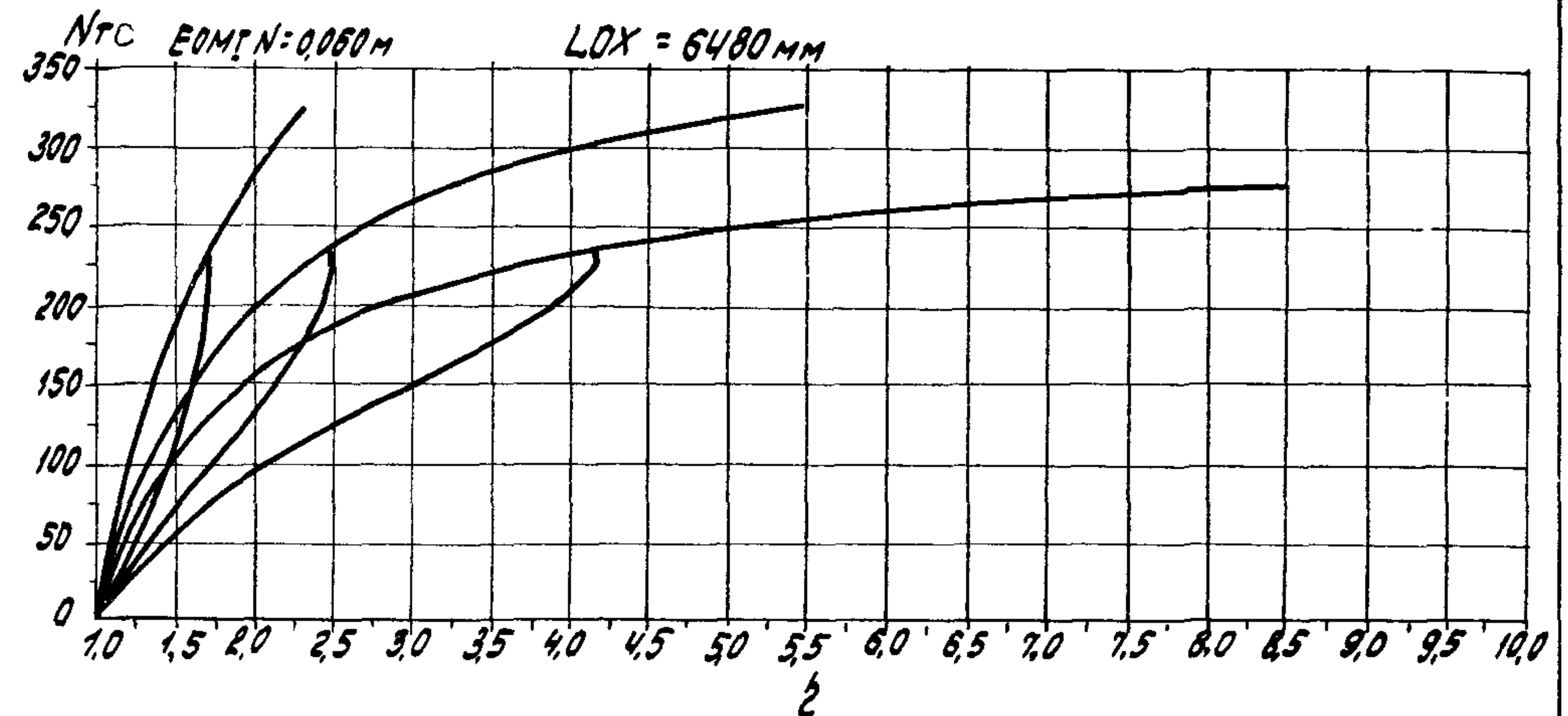
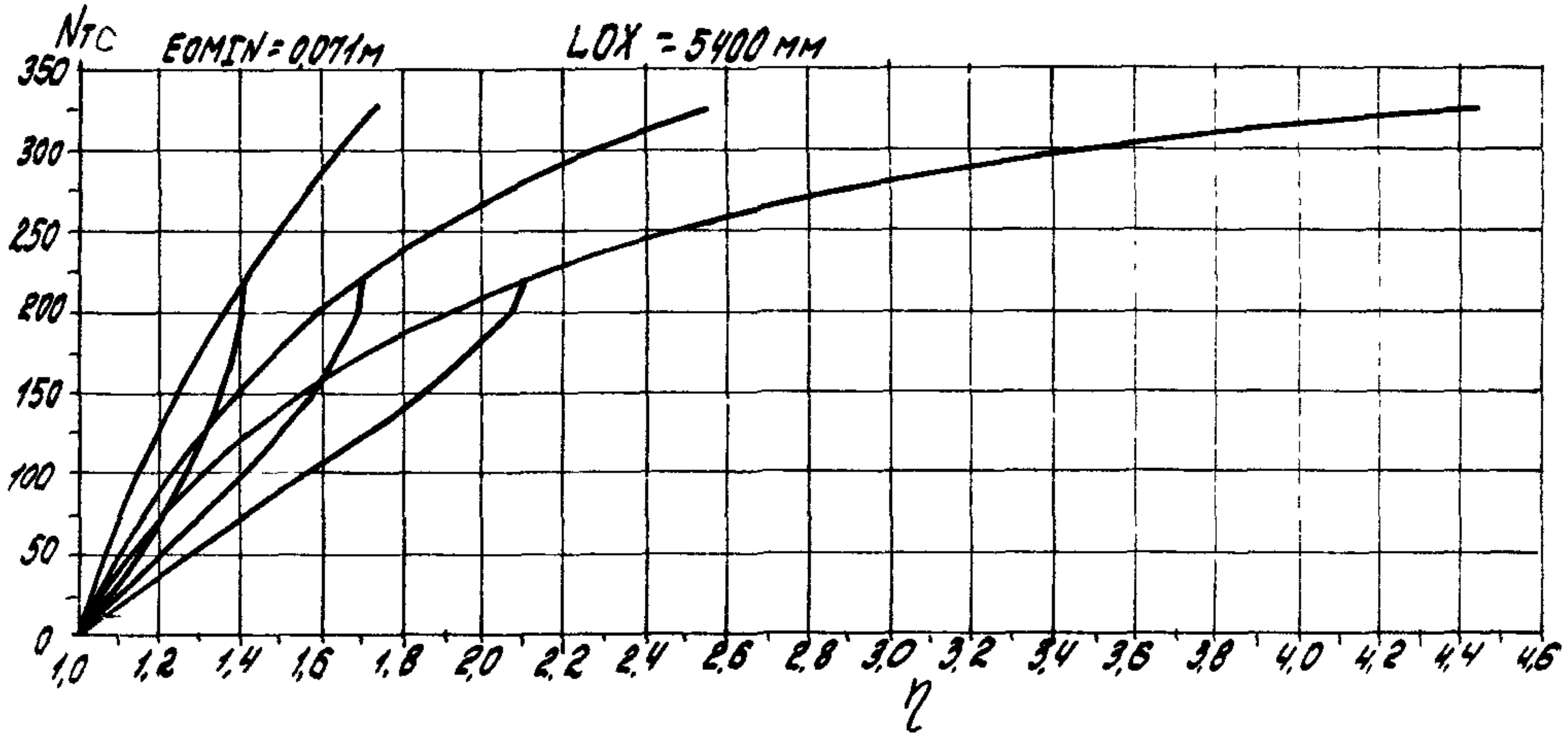
Учб. Порядок. Подпись и дата. Взам. лист №

1.020. 1-4 0-9 302

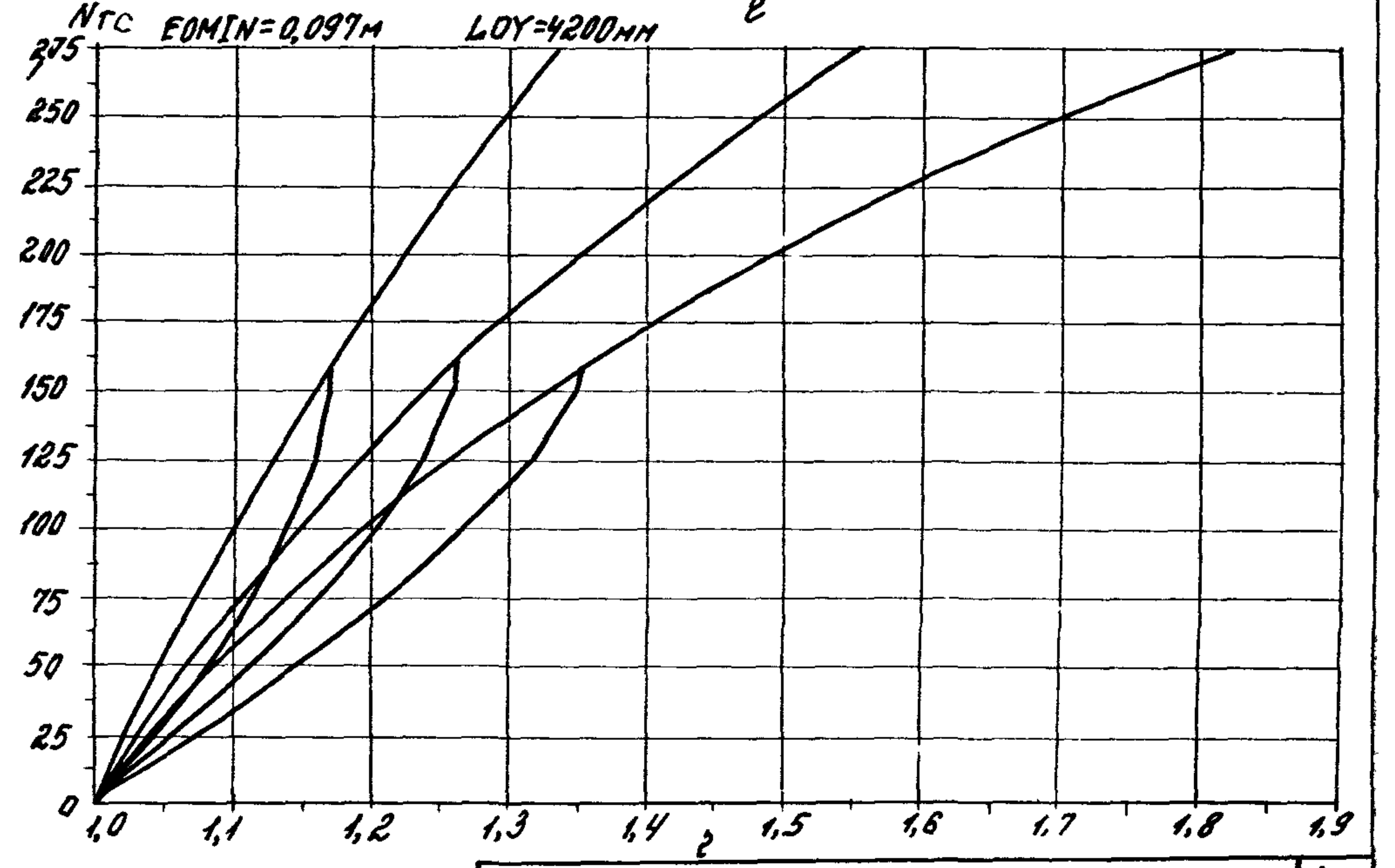
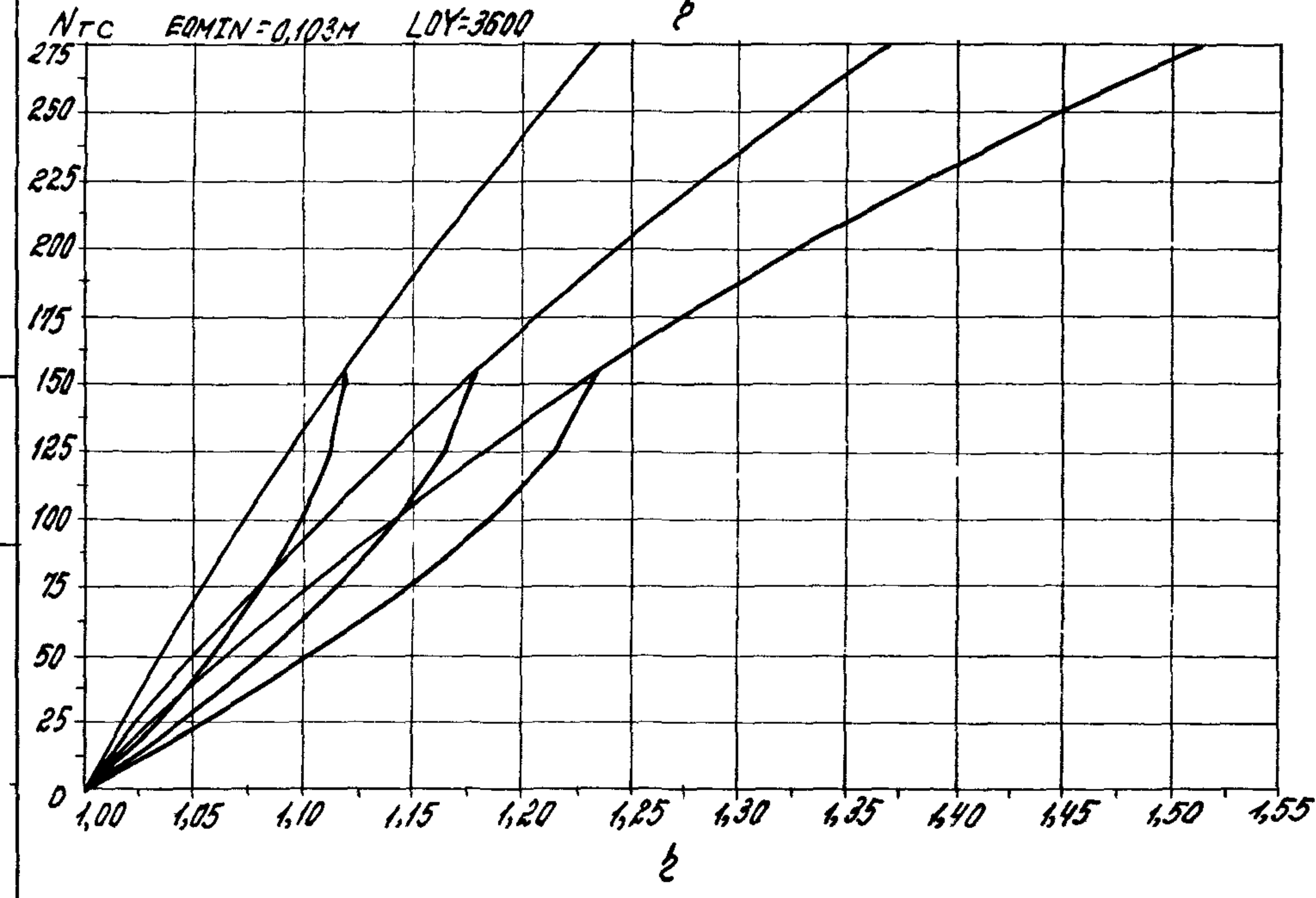
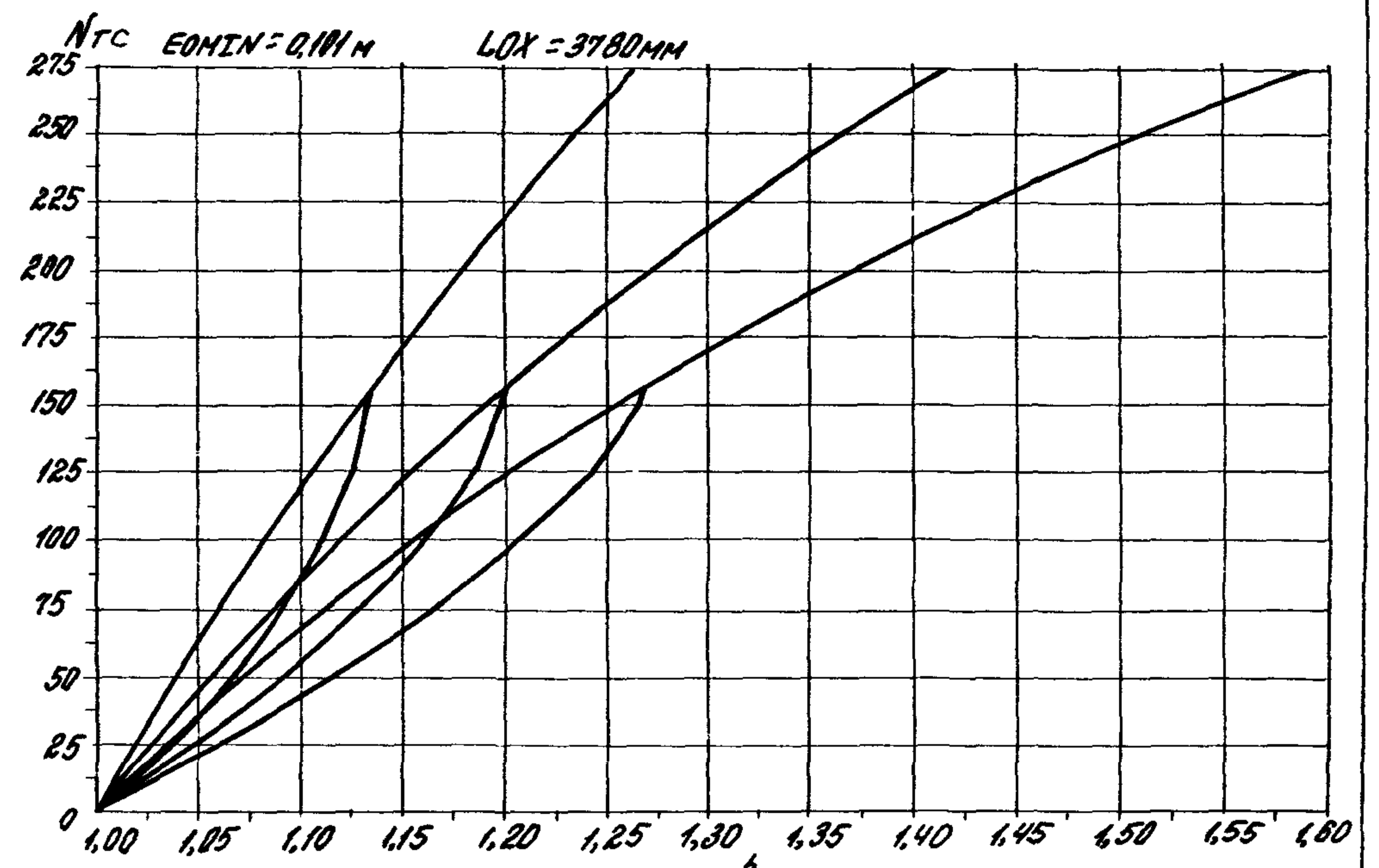
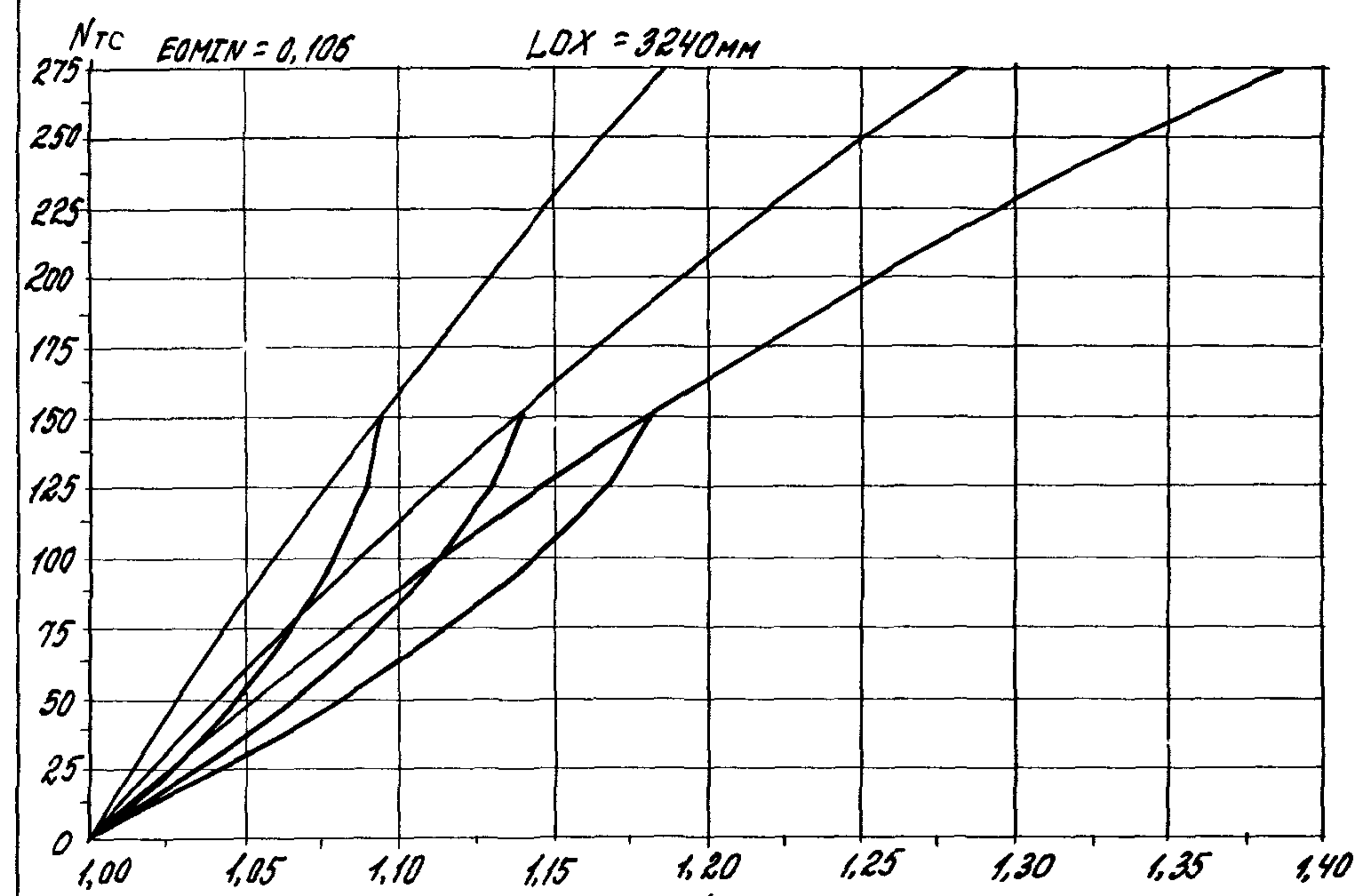
Лист
9



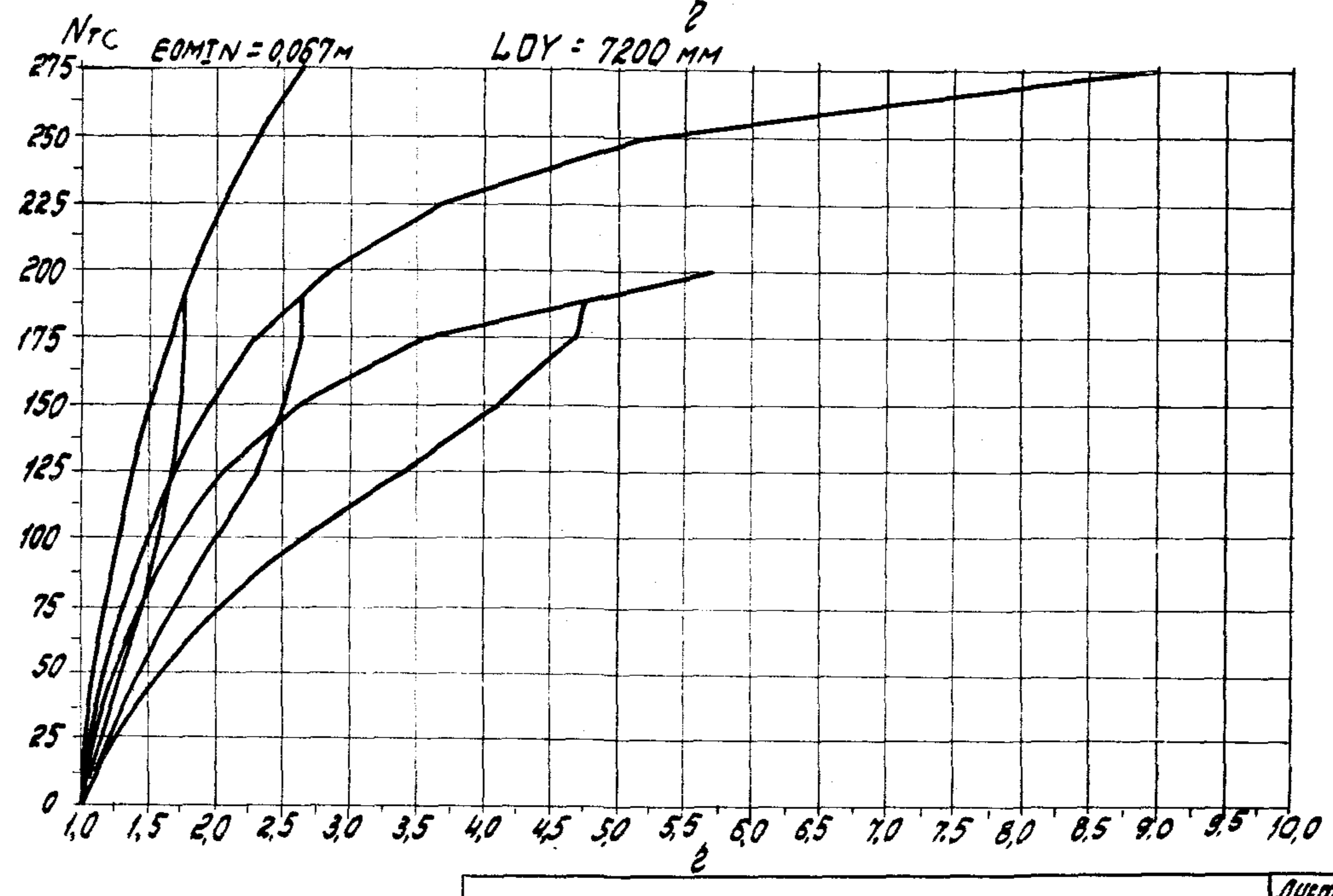
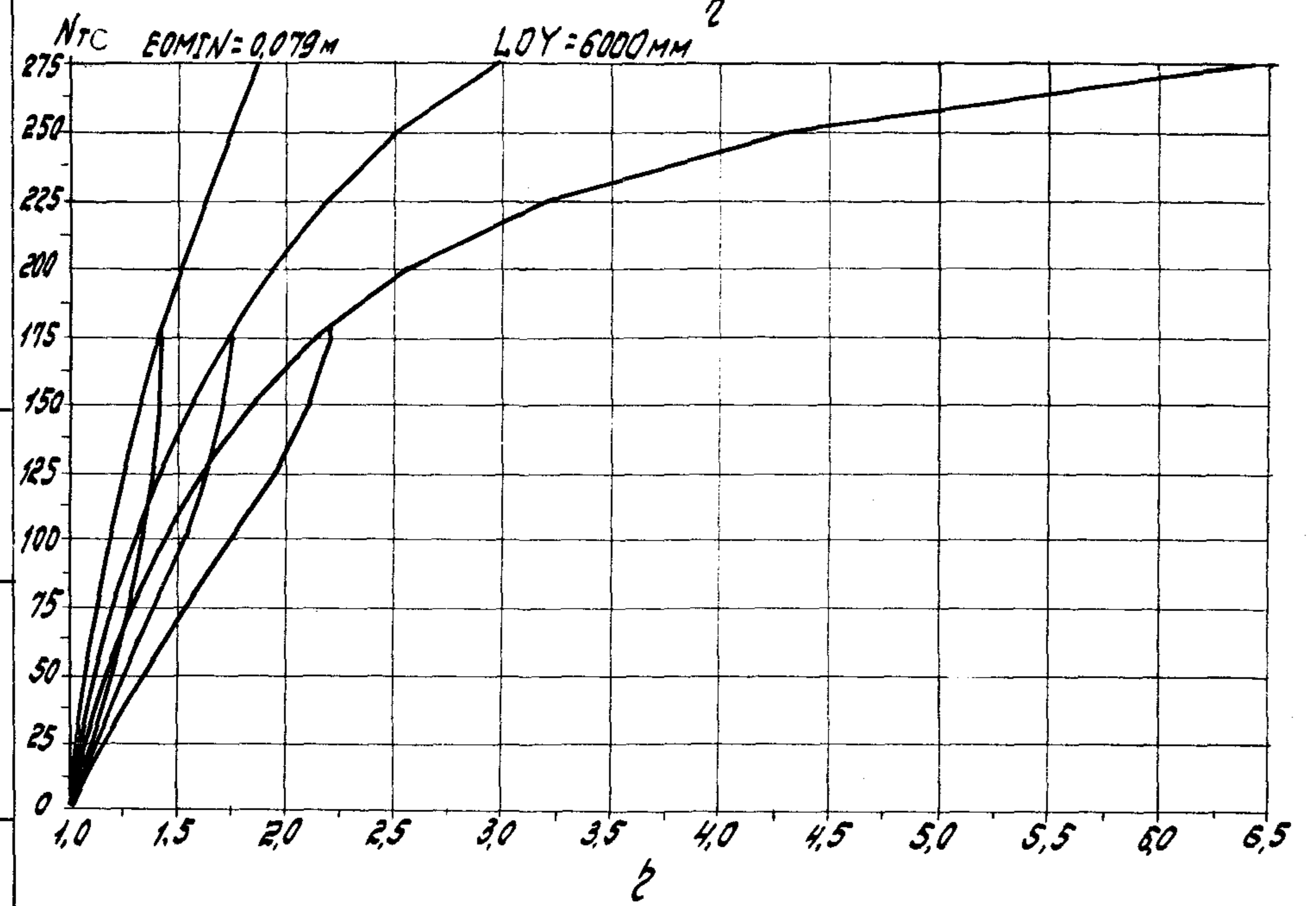
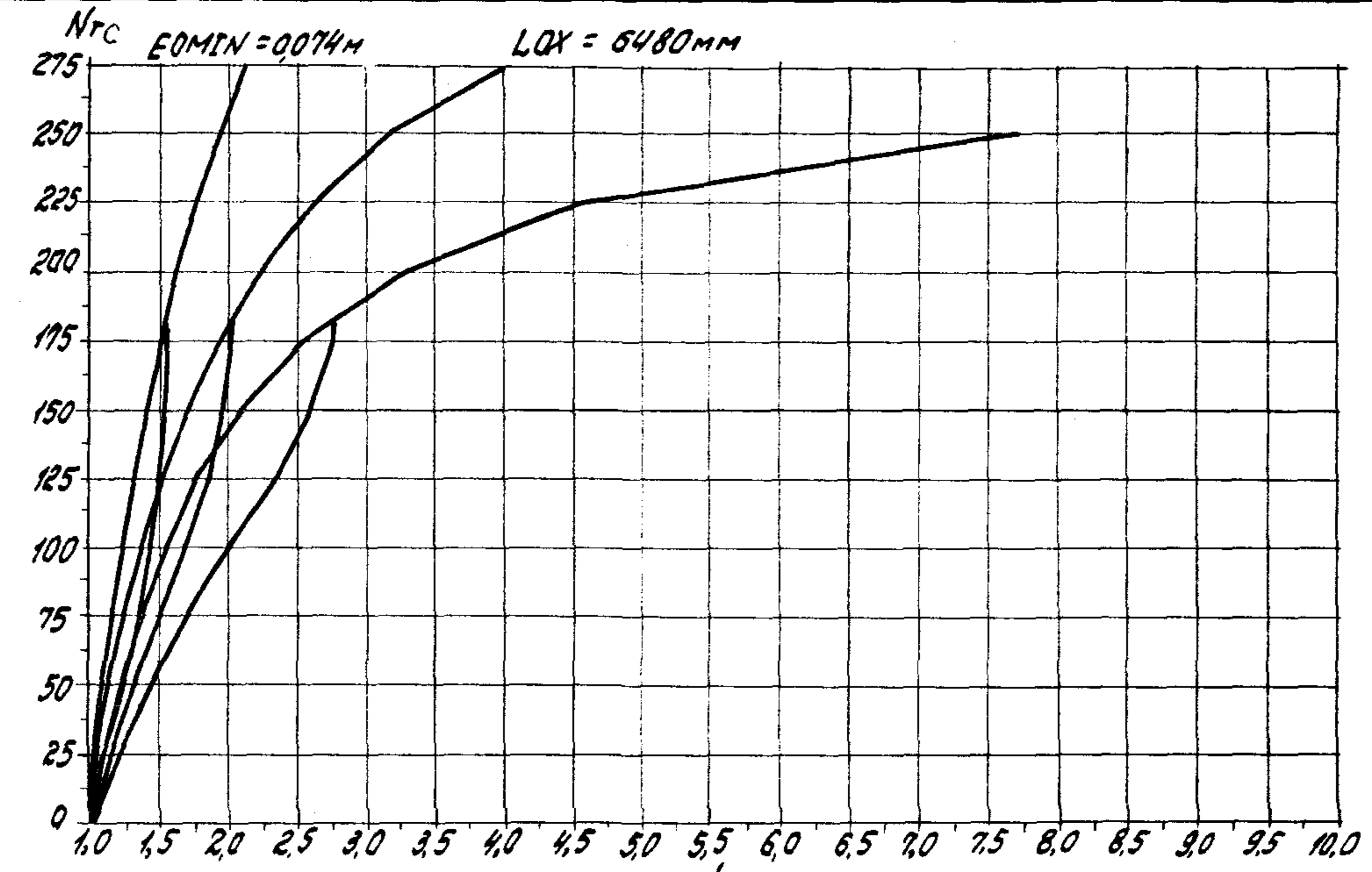
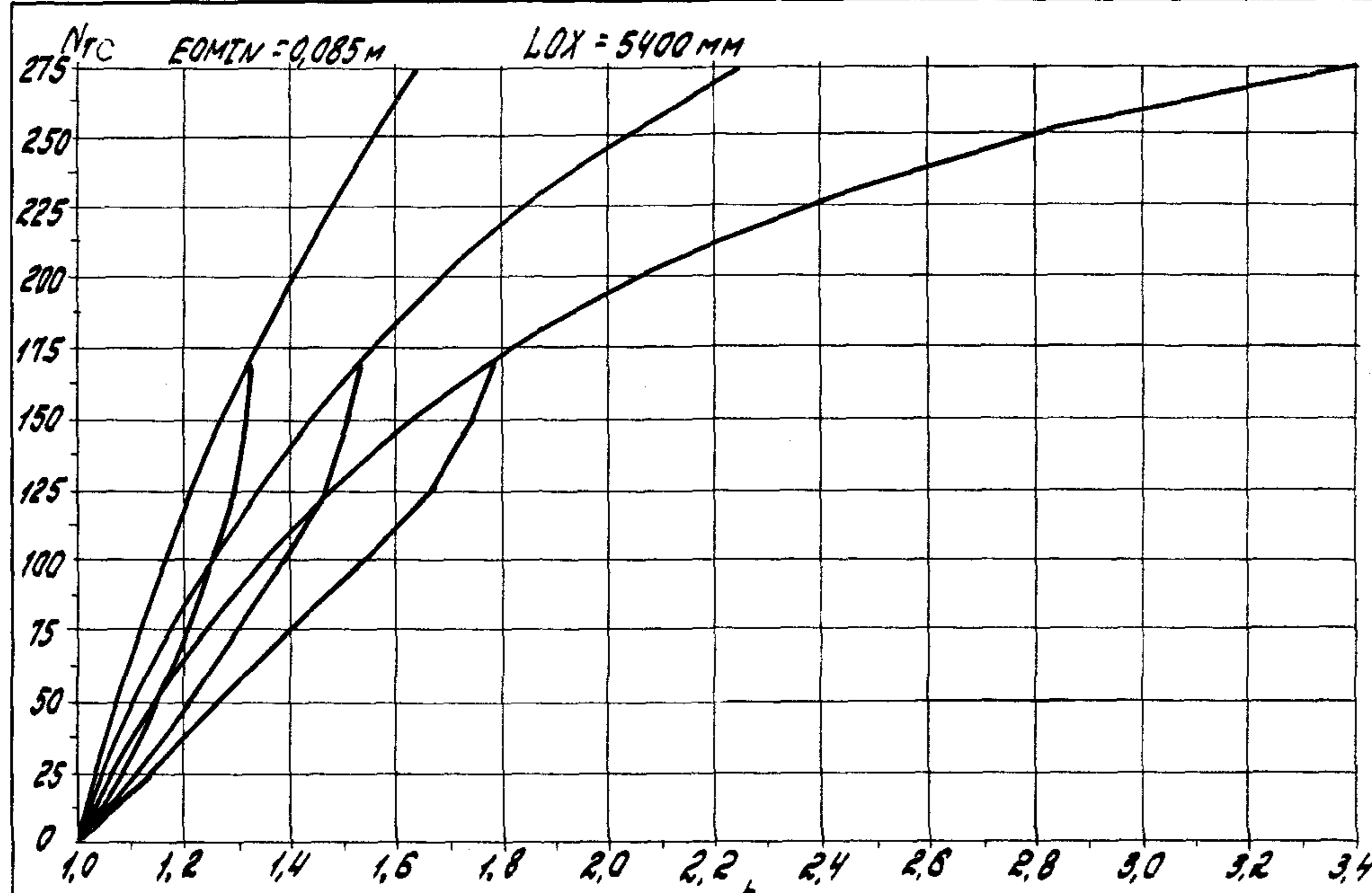




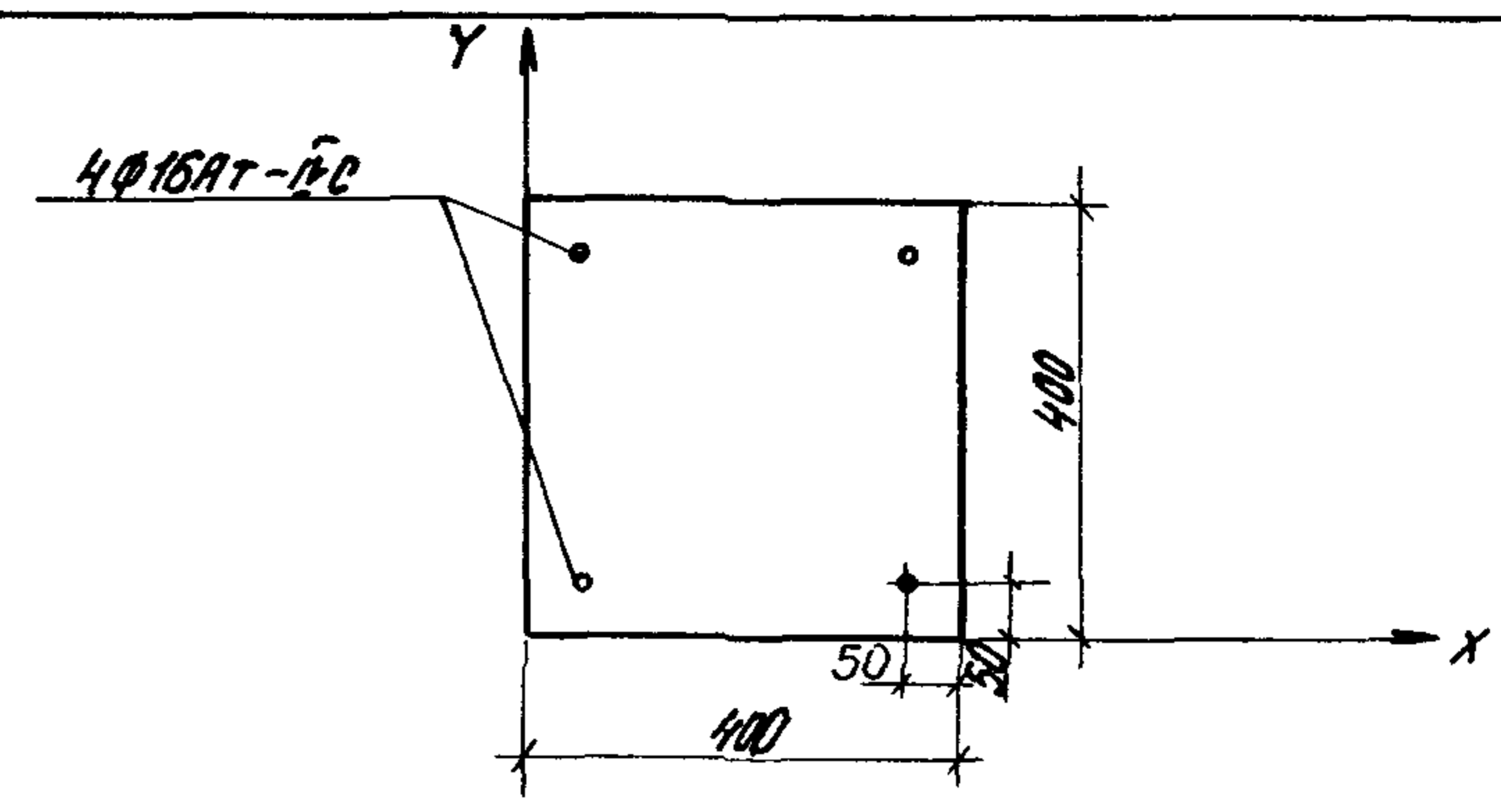
Учр. № 000000. Подпись и дата. 0000. 00.00.00



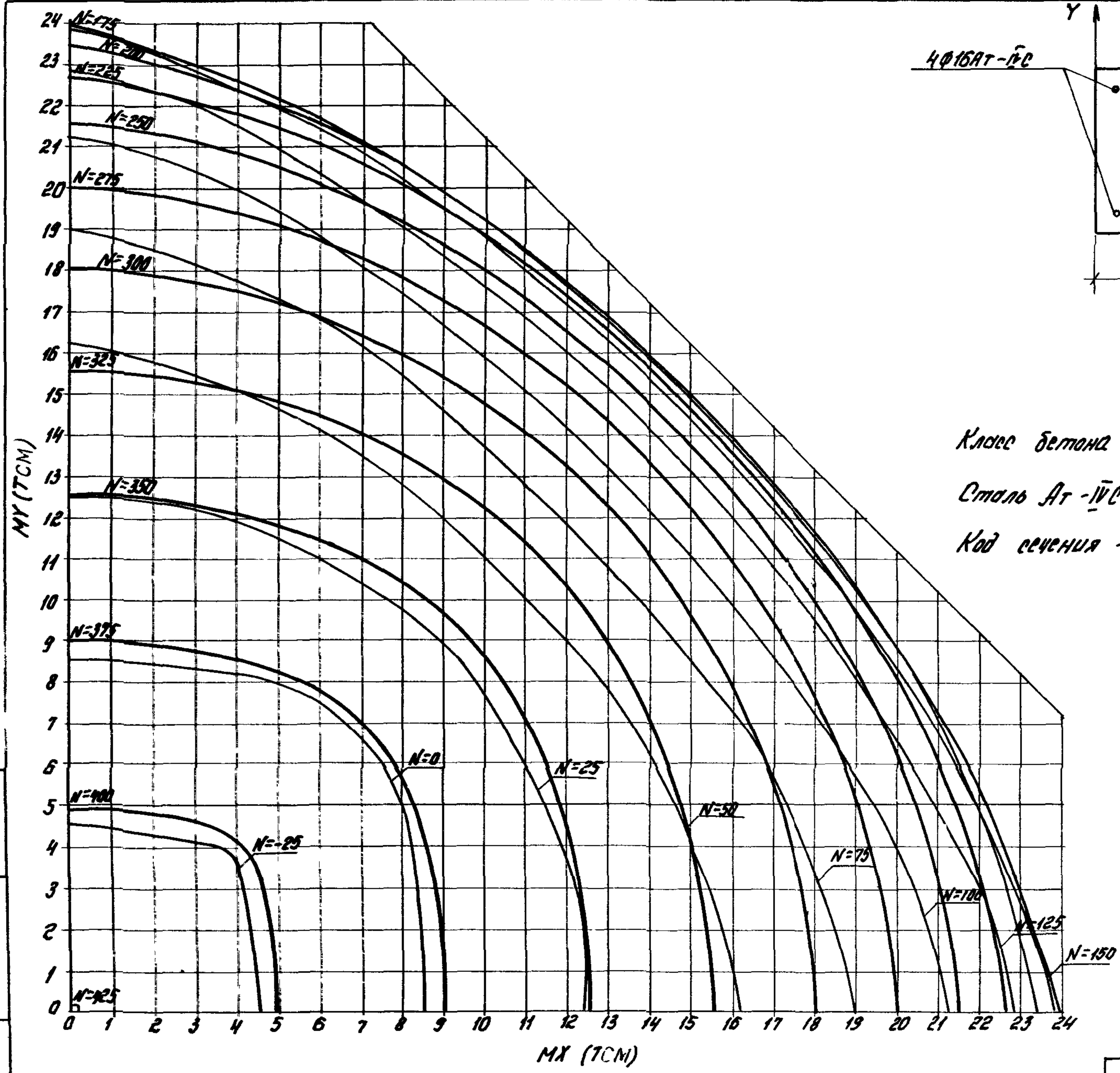
Лит. № 0001 / Подпись и дата



LAKIN P. 1700000 u bama 8300M URB. NO



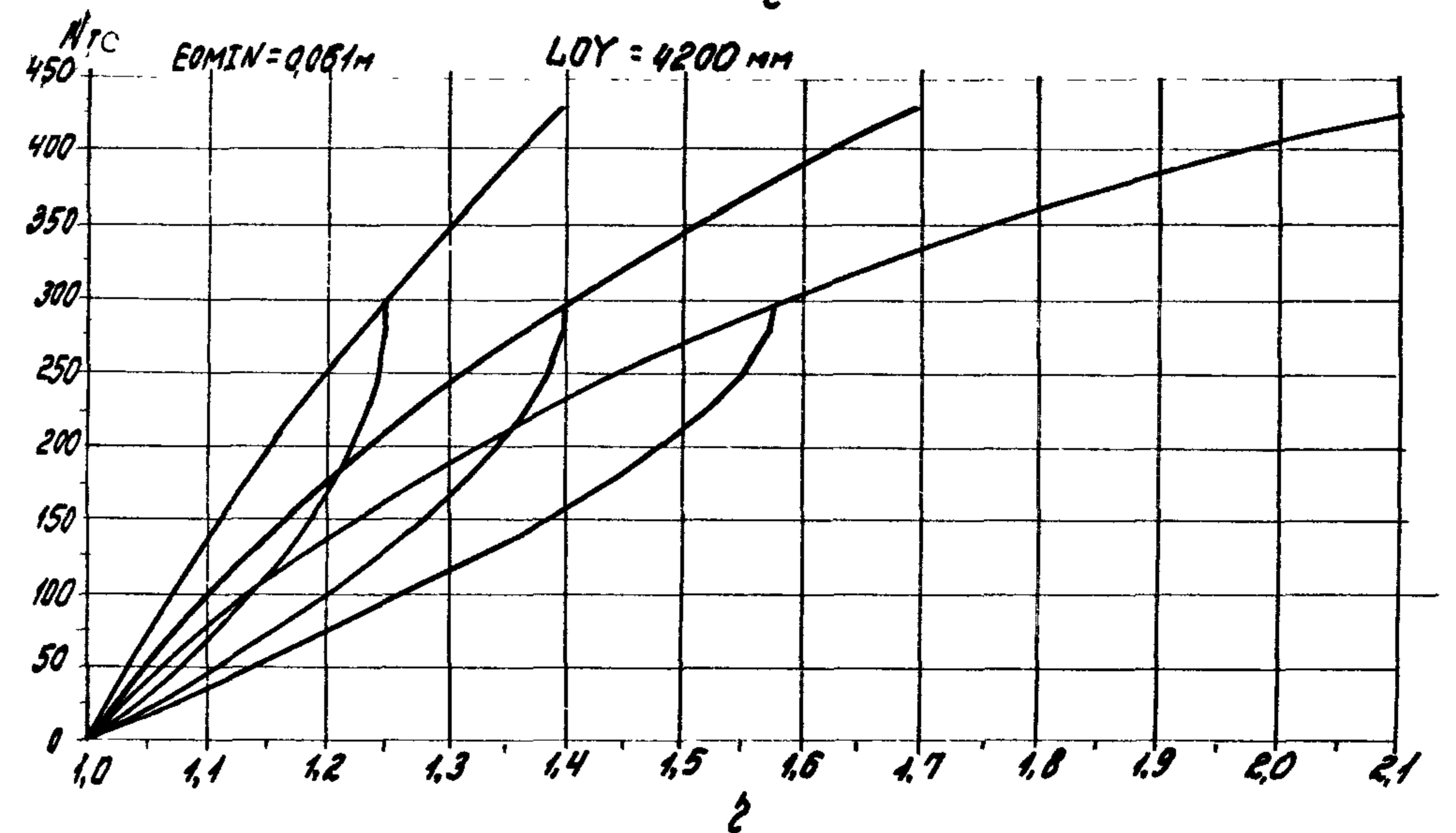
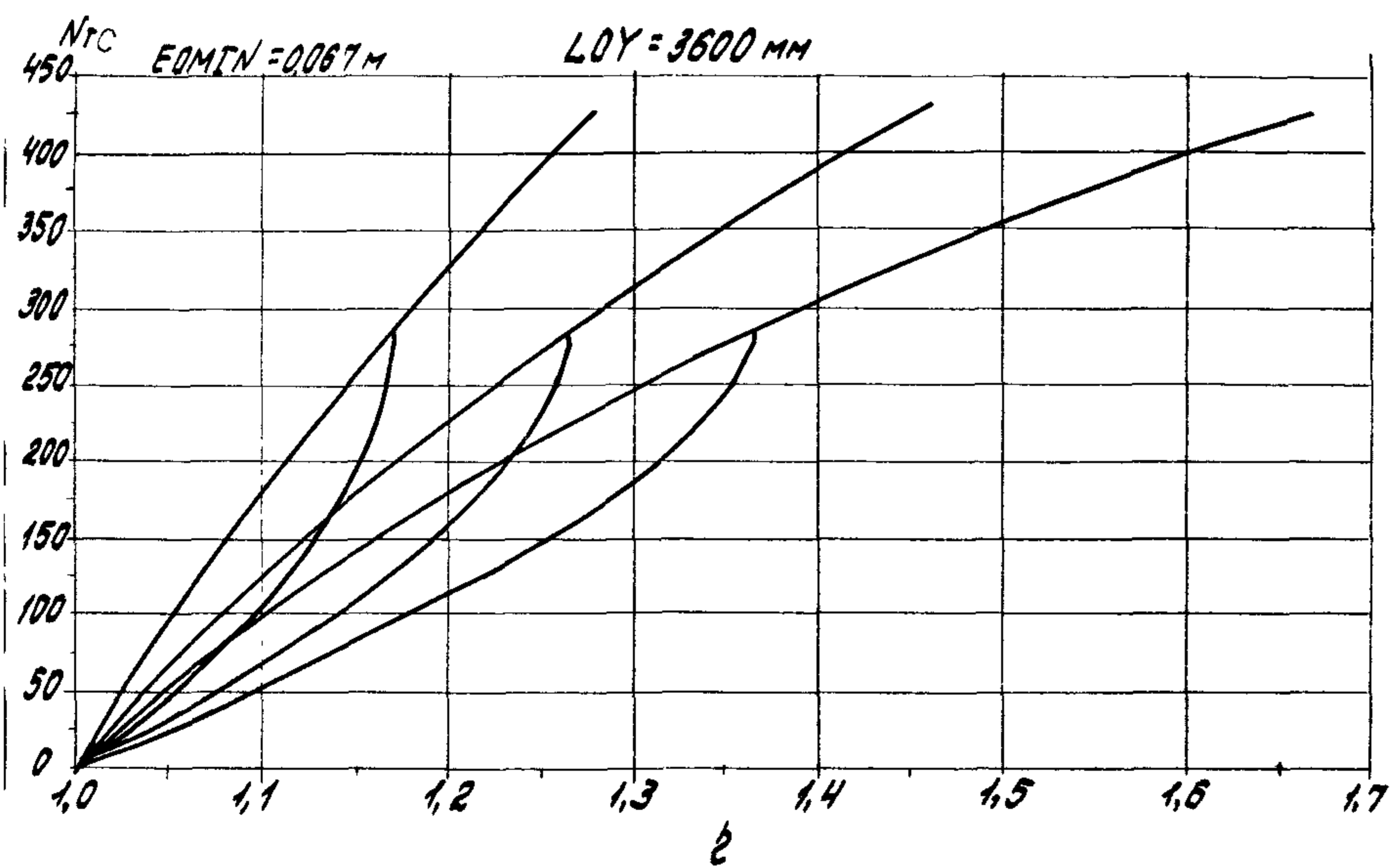
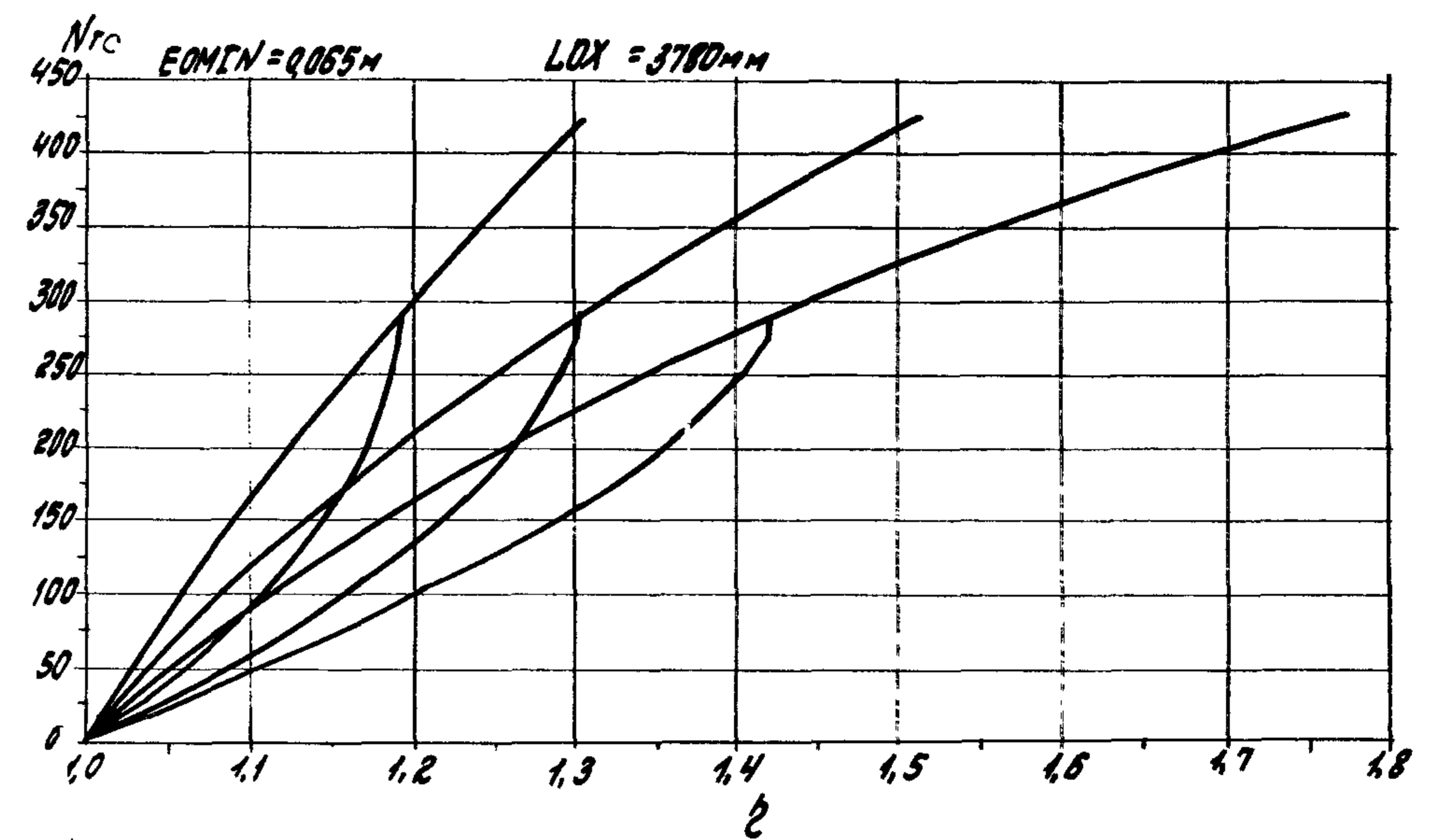
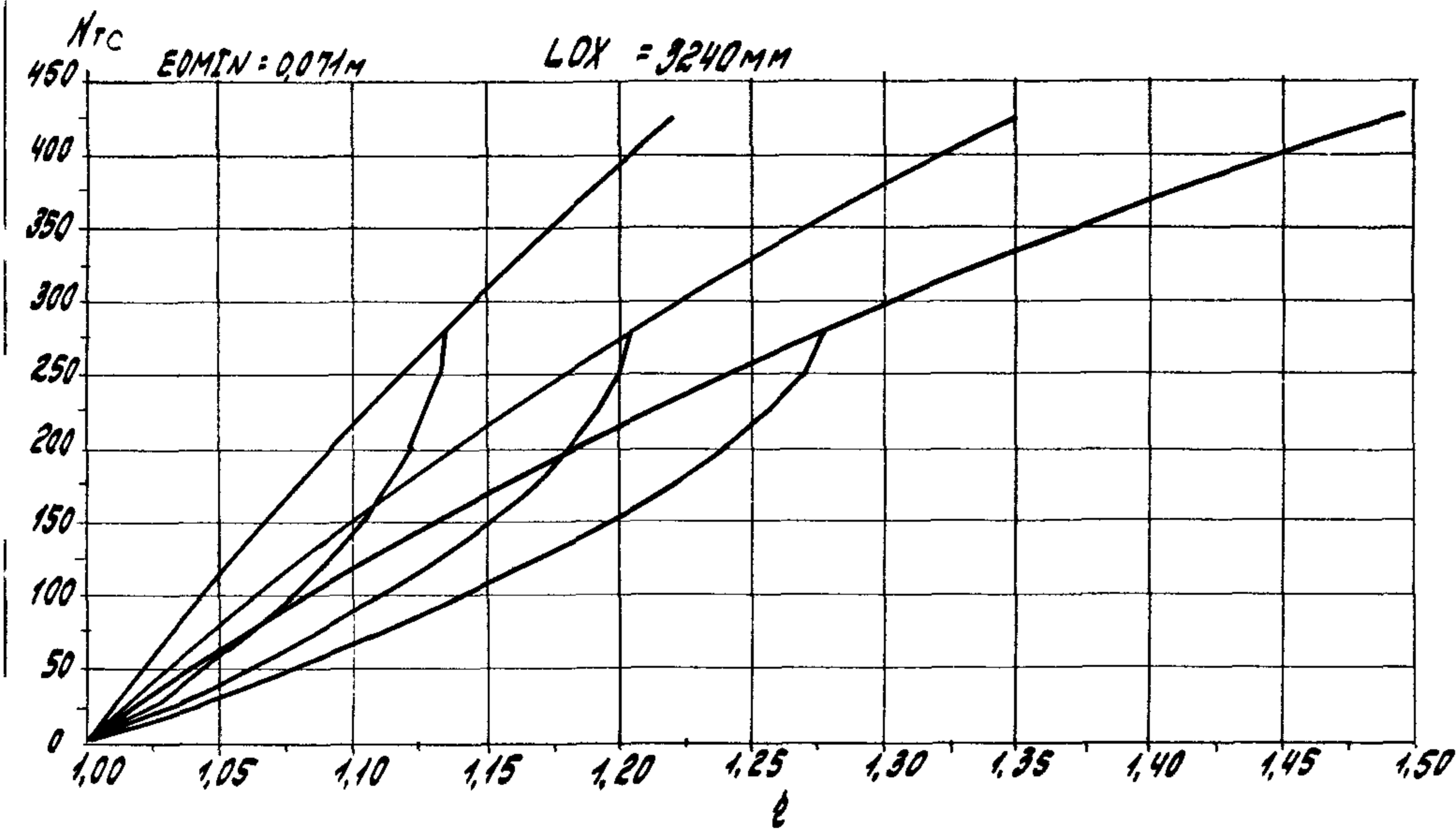
Класс бетона В40,0 ($R_b = 24,2 \text{ МПа}$ при учете $\gamma_{b2} = 1,10$)
 Сталь Ат-IVC
 Код сечения -103a

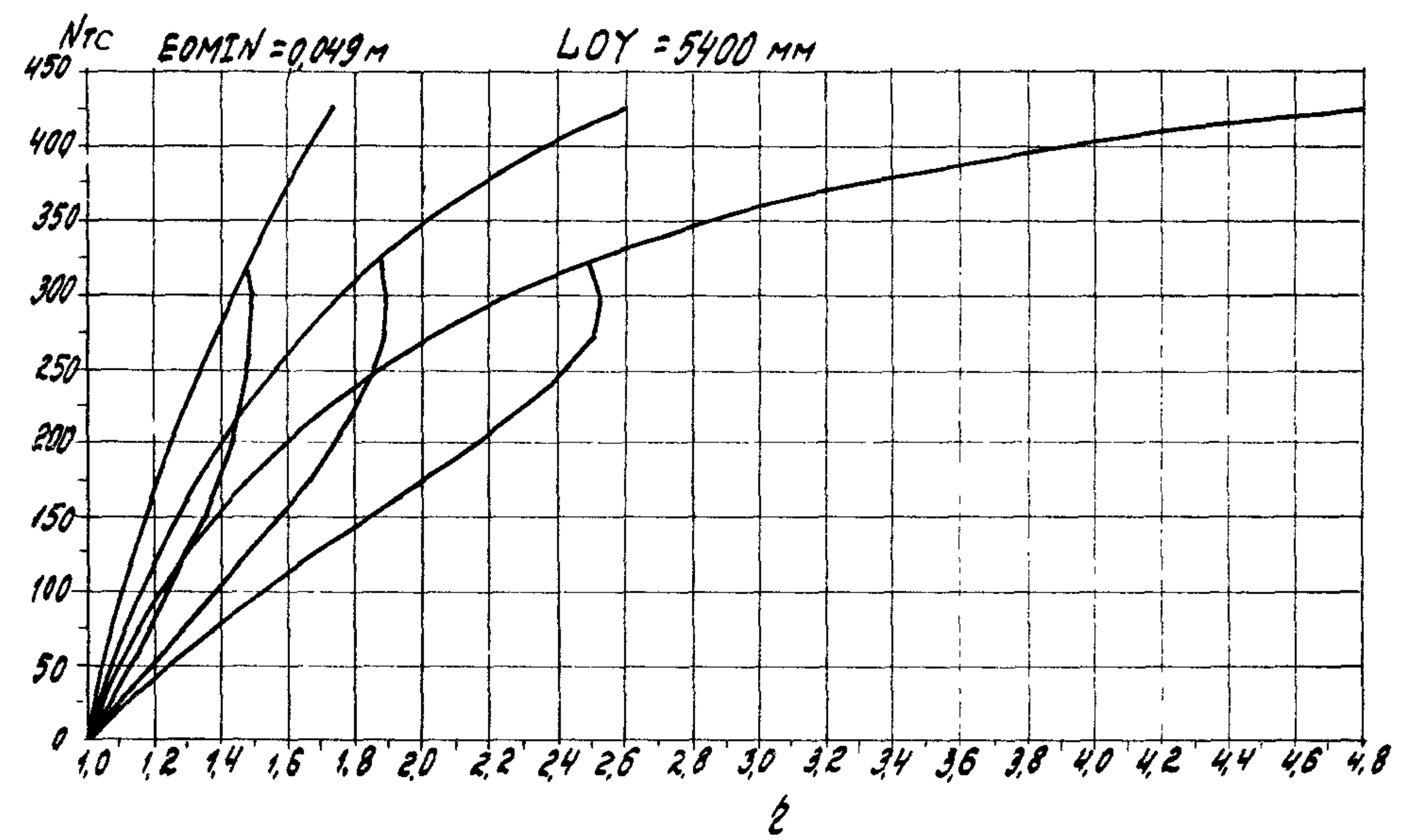
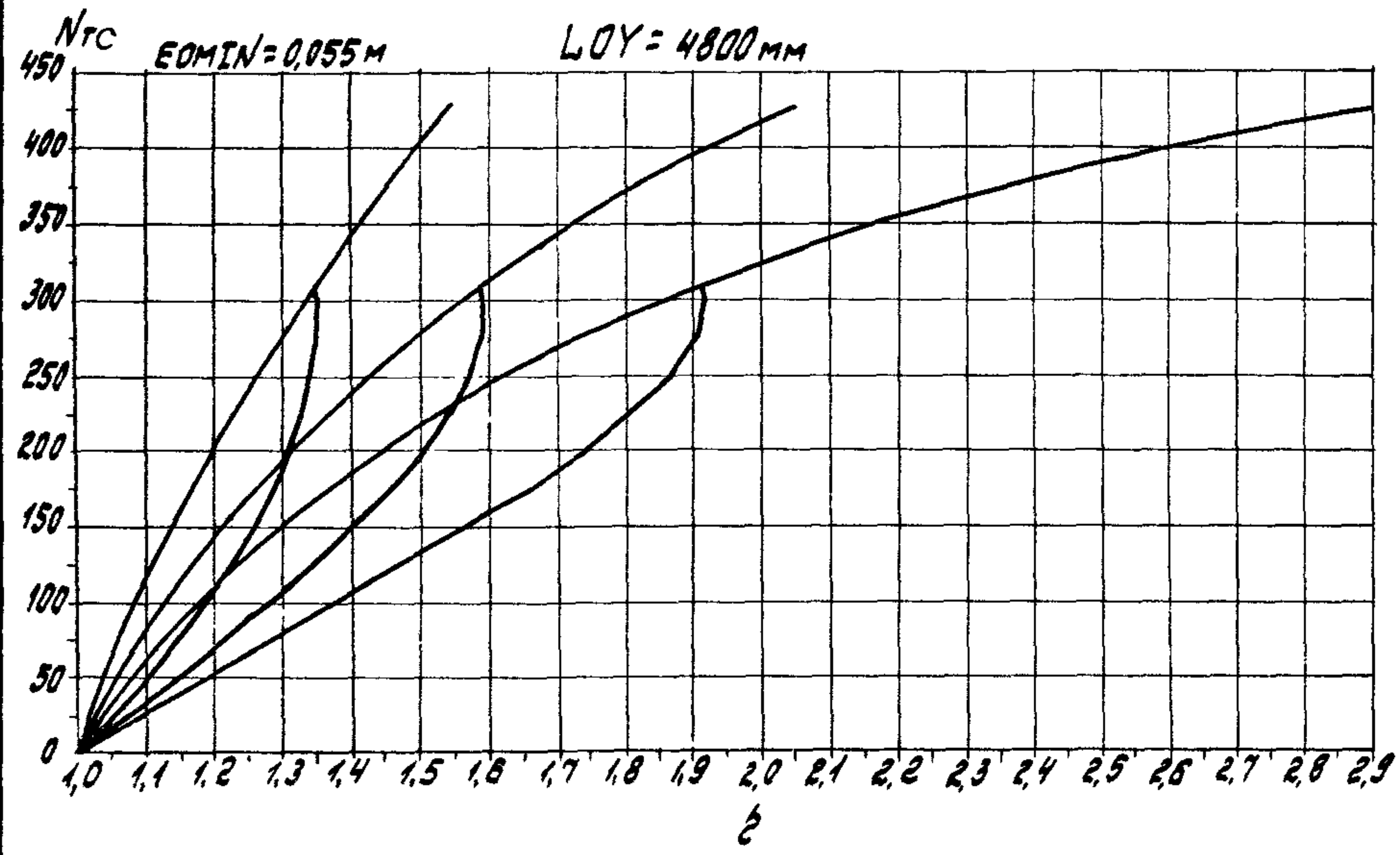
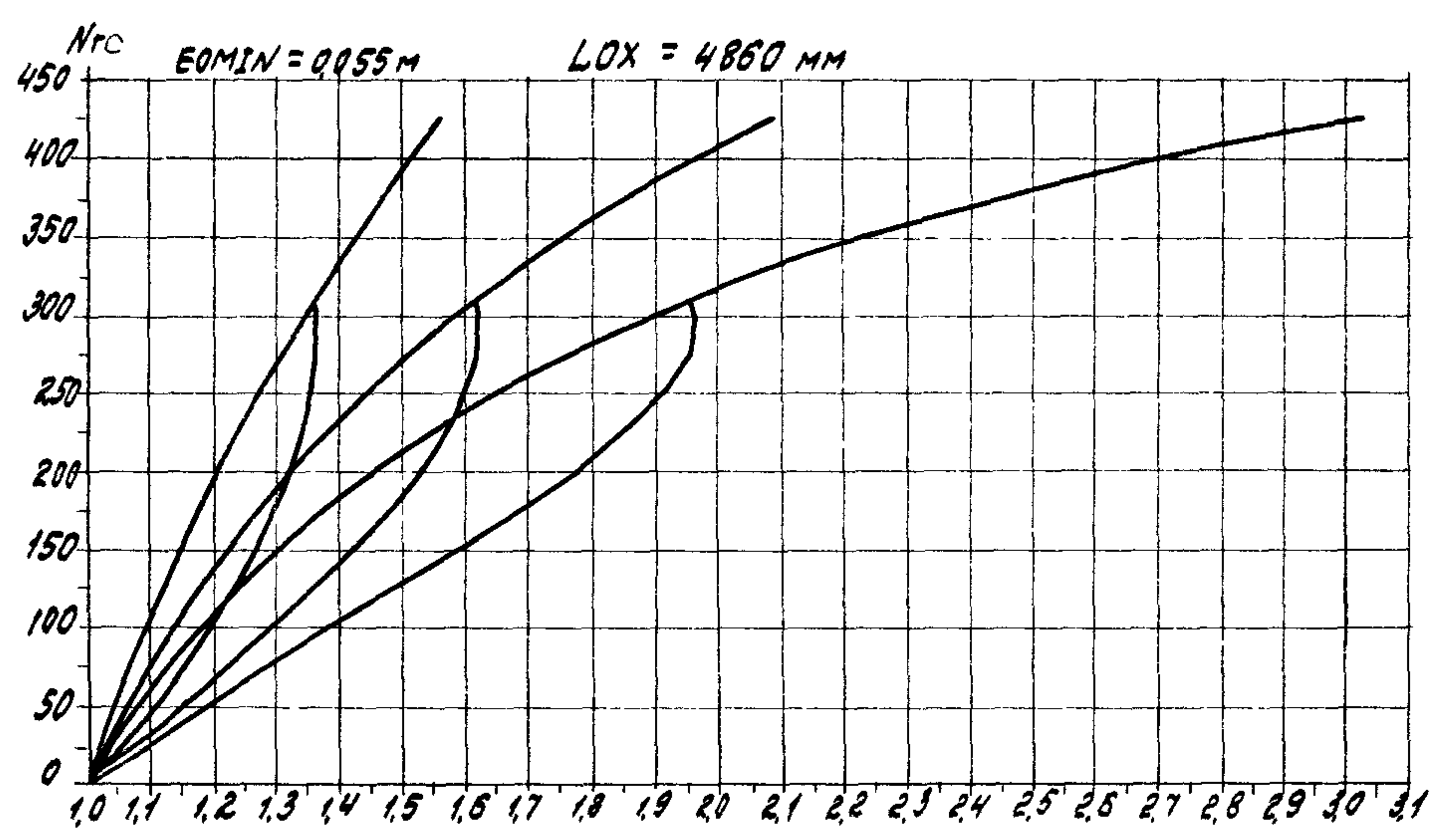
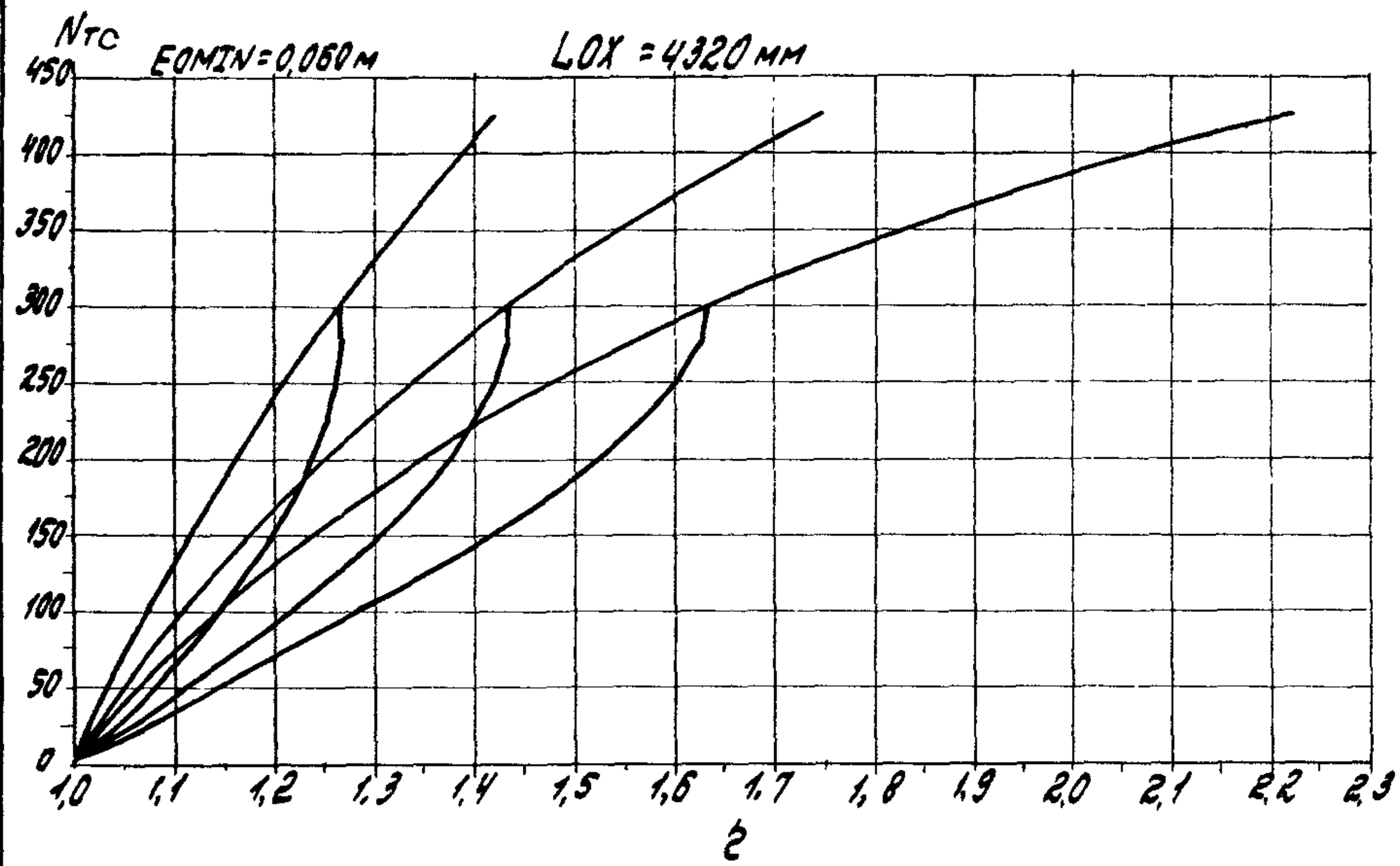


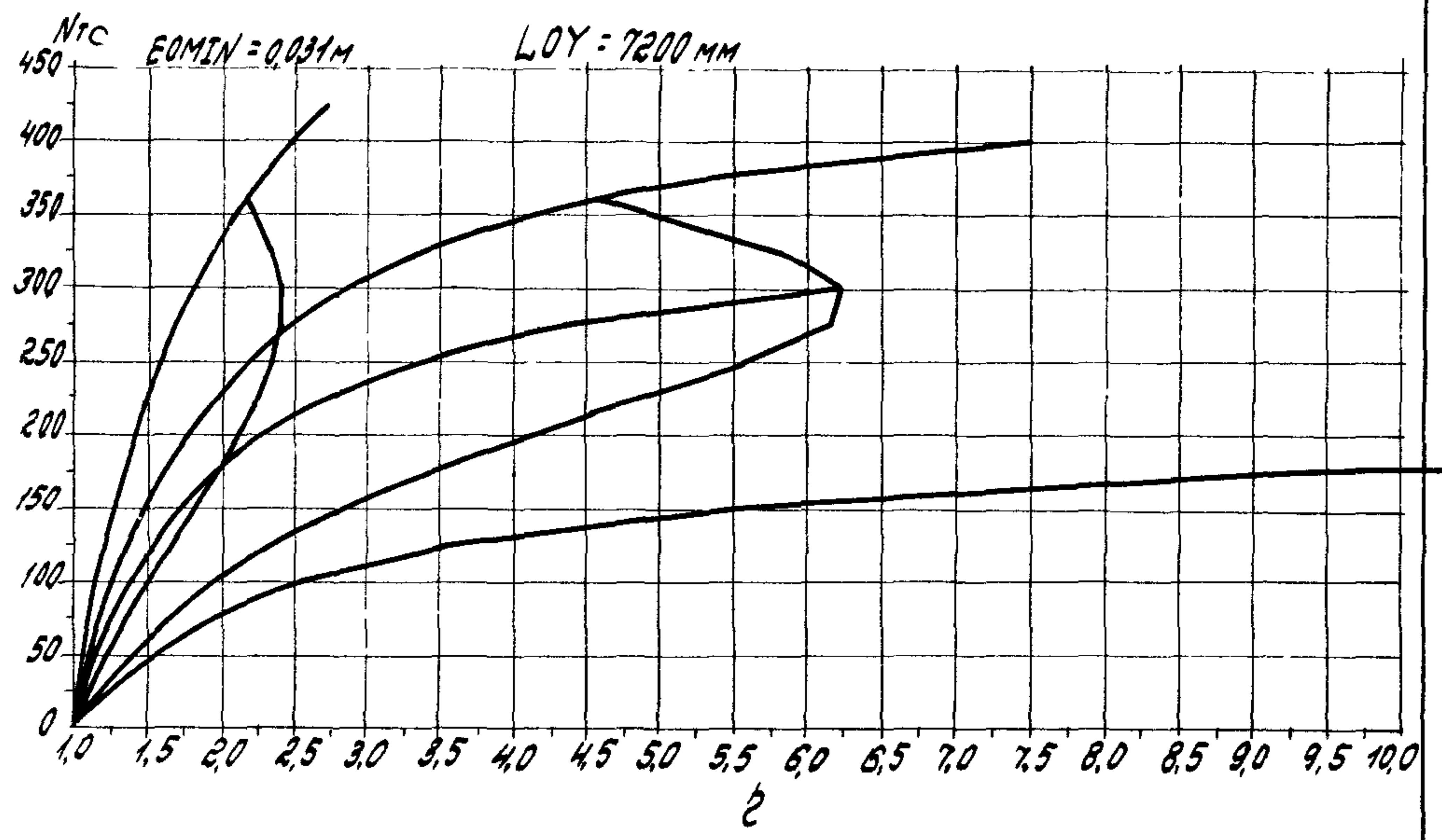
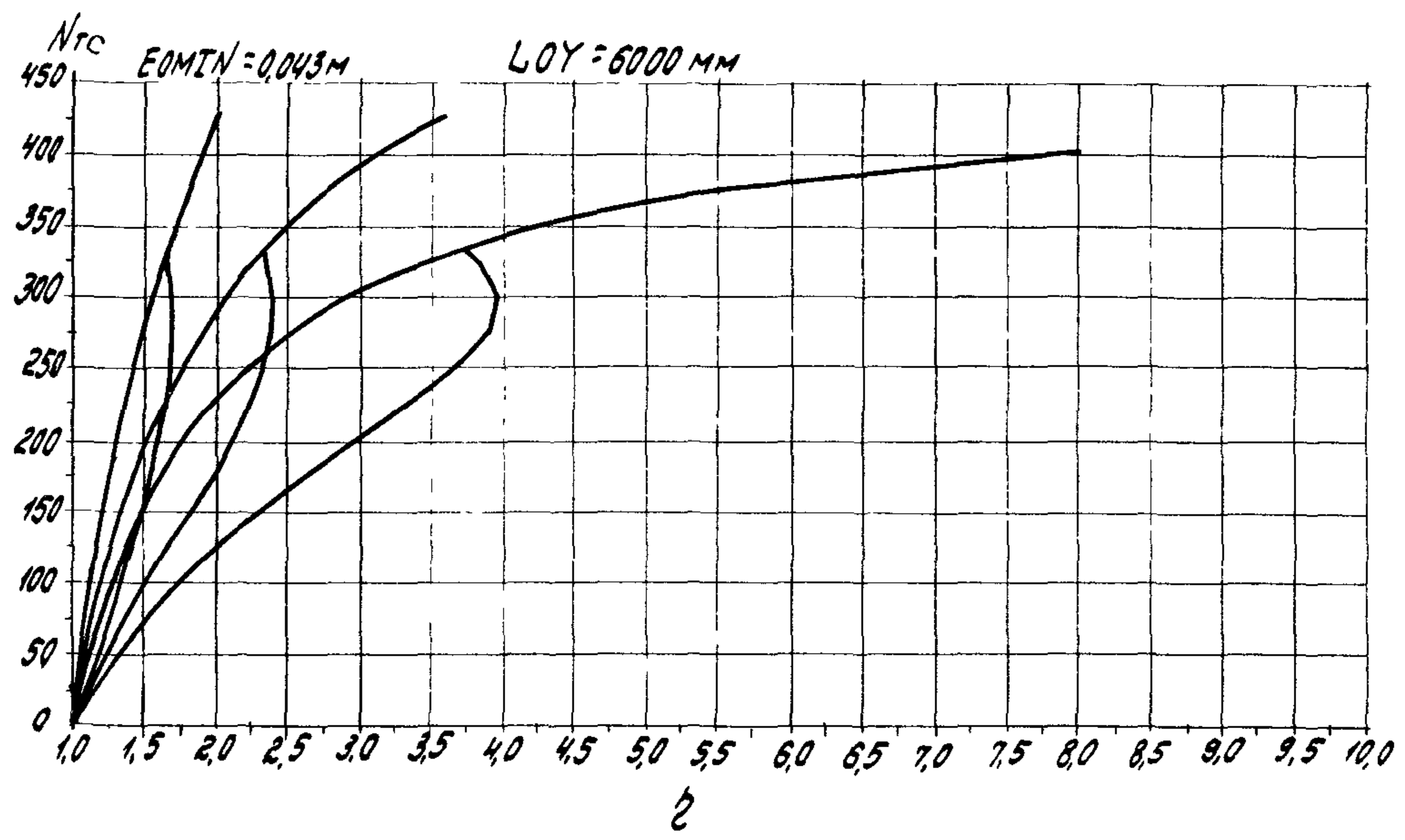
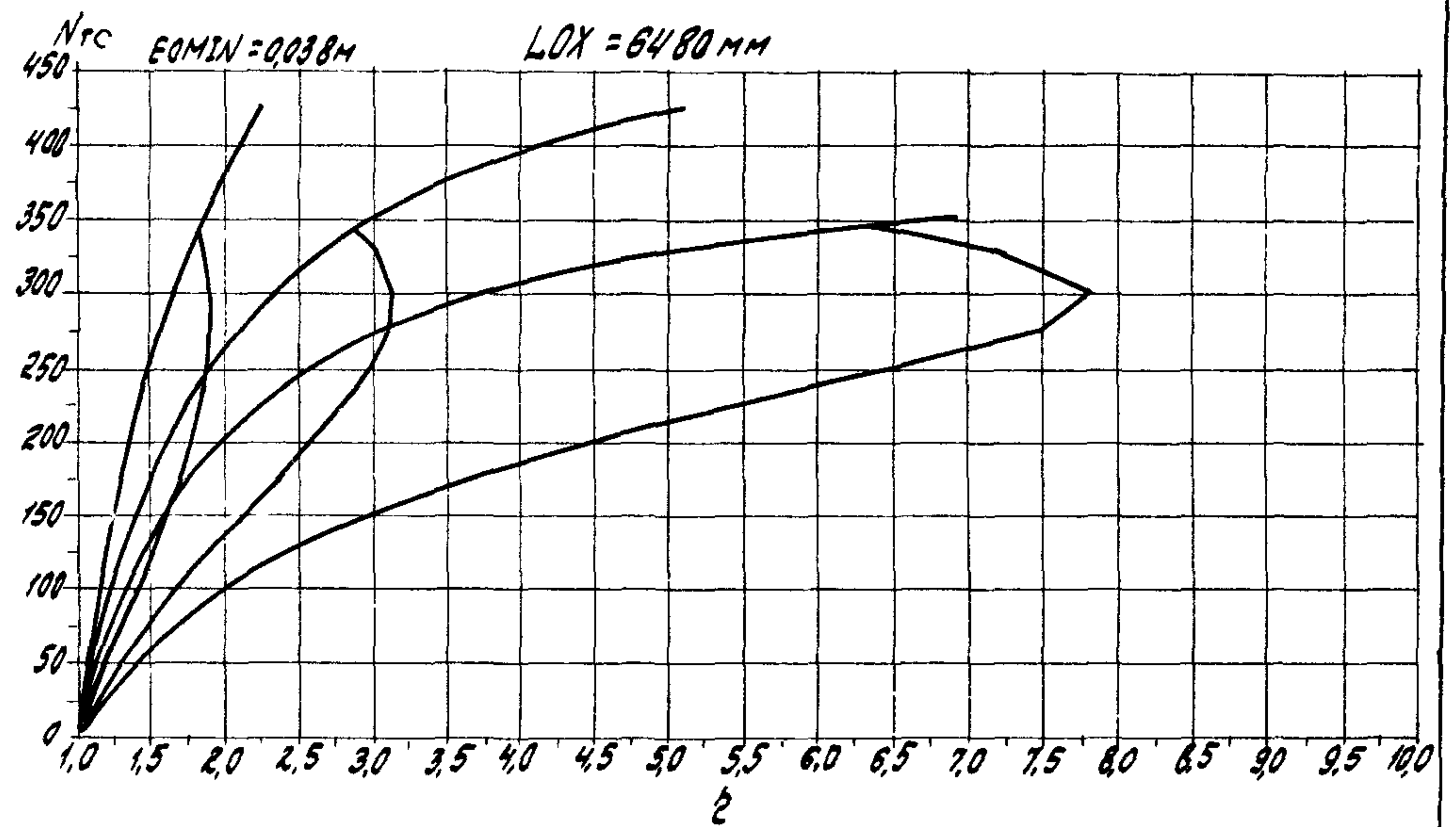
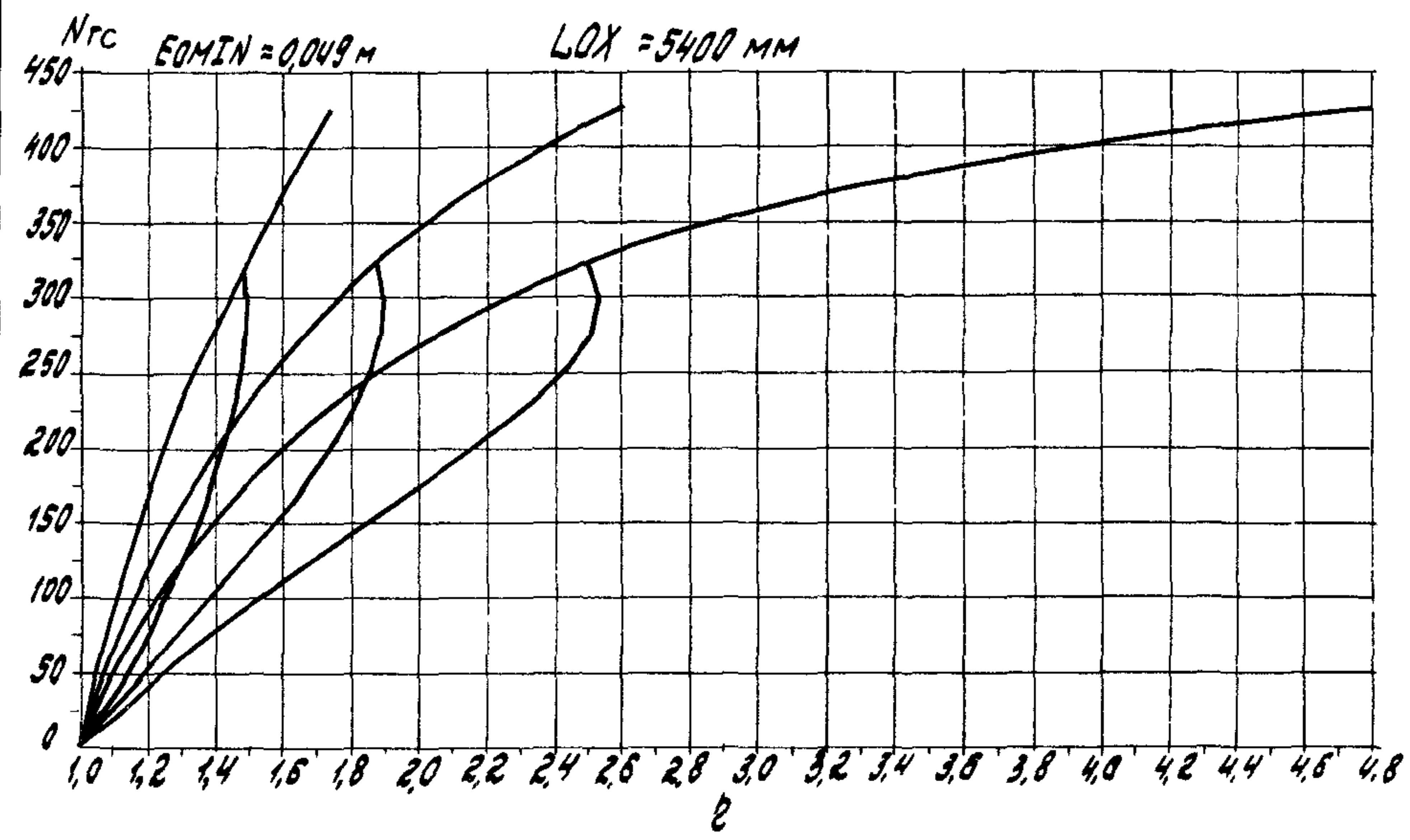
Лист № 17 от 17.08.2017

1.020.1-4 0-9 002

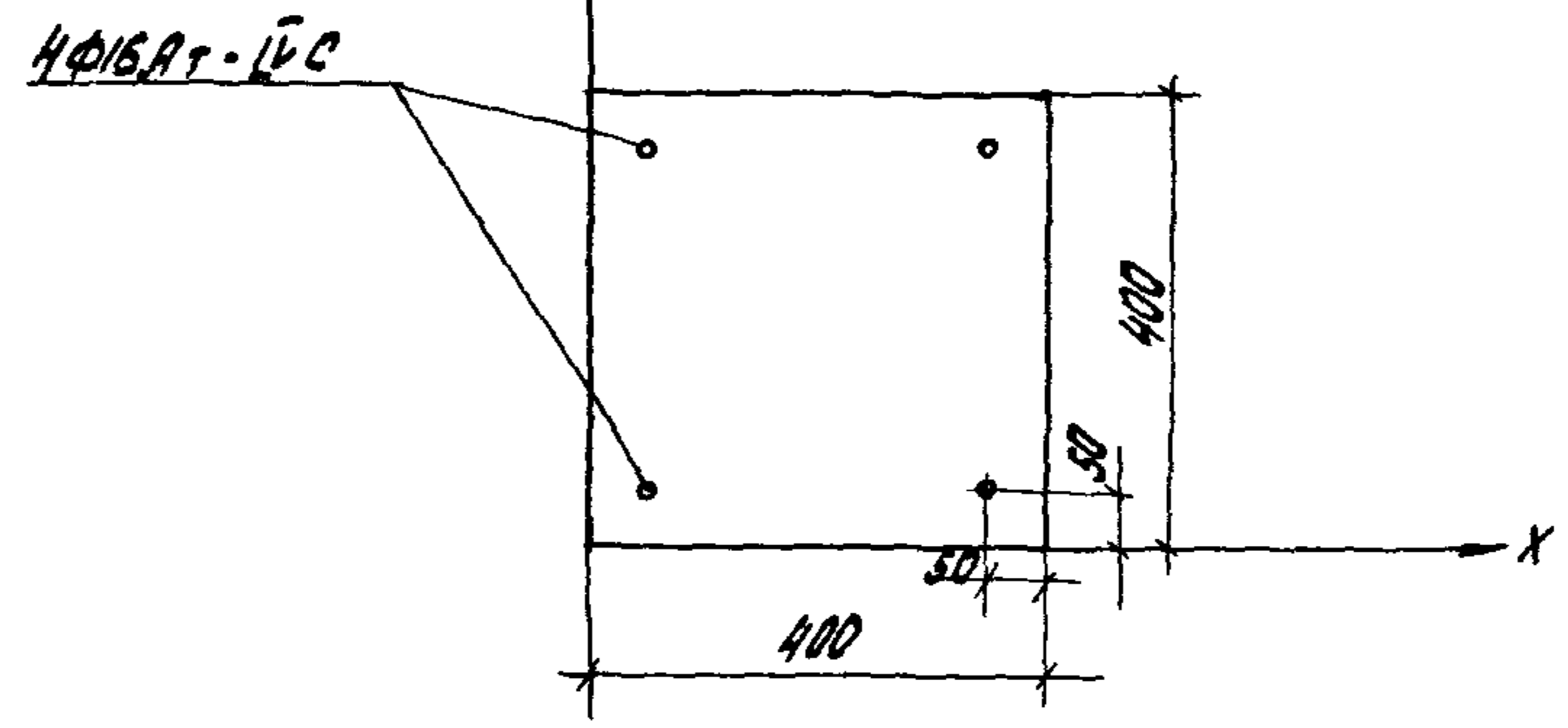
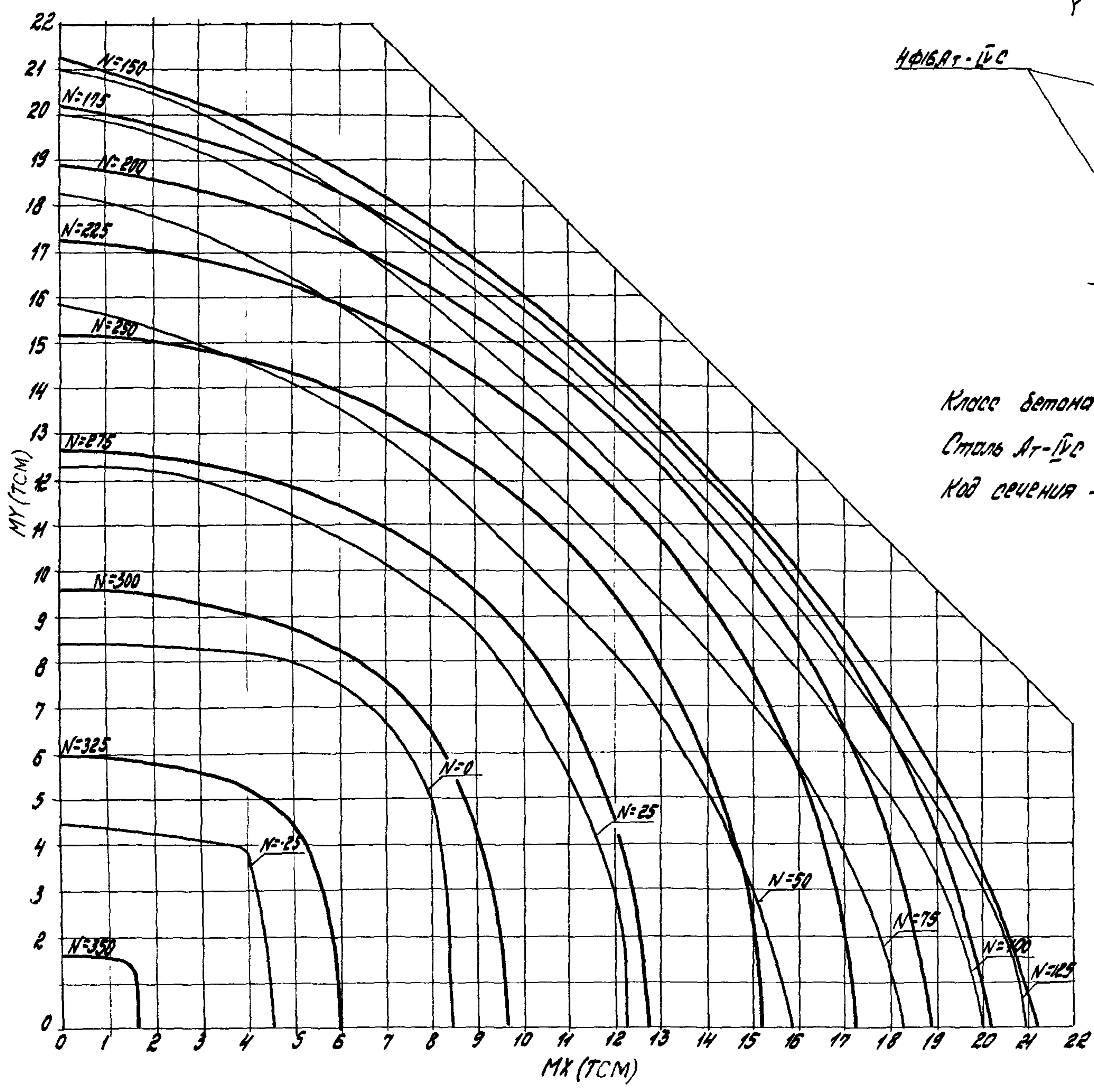
Лист	17
------	----







Лит. № подл. Подпись и дата. 830М. УИВ. №



Класс бетона В40,0 ($R_b = 19,8 \text{ МПа}$ при учете $\gamma_{b2} = 0,90$)
 Сталь Ар-IvC
 Код серии - 1035

УМО-11-700/11. УМО-11-700/11. УМО-11-700/11. УМО-11-700/11.

1.020.1-4	0-9 002	Лист
		21

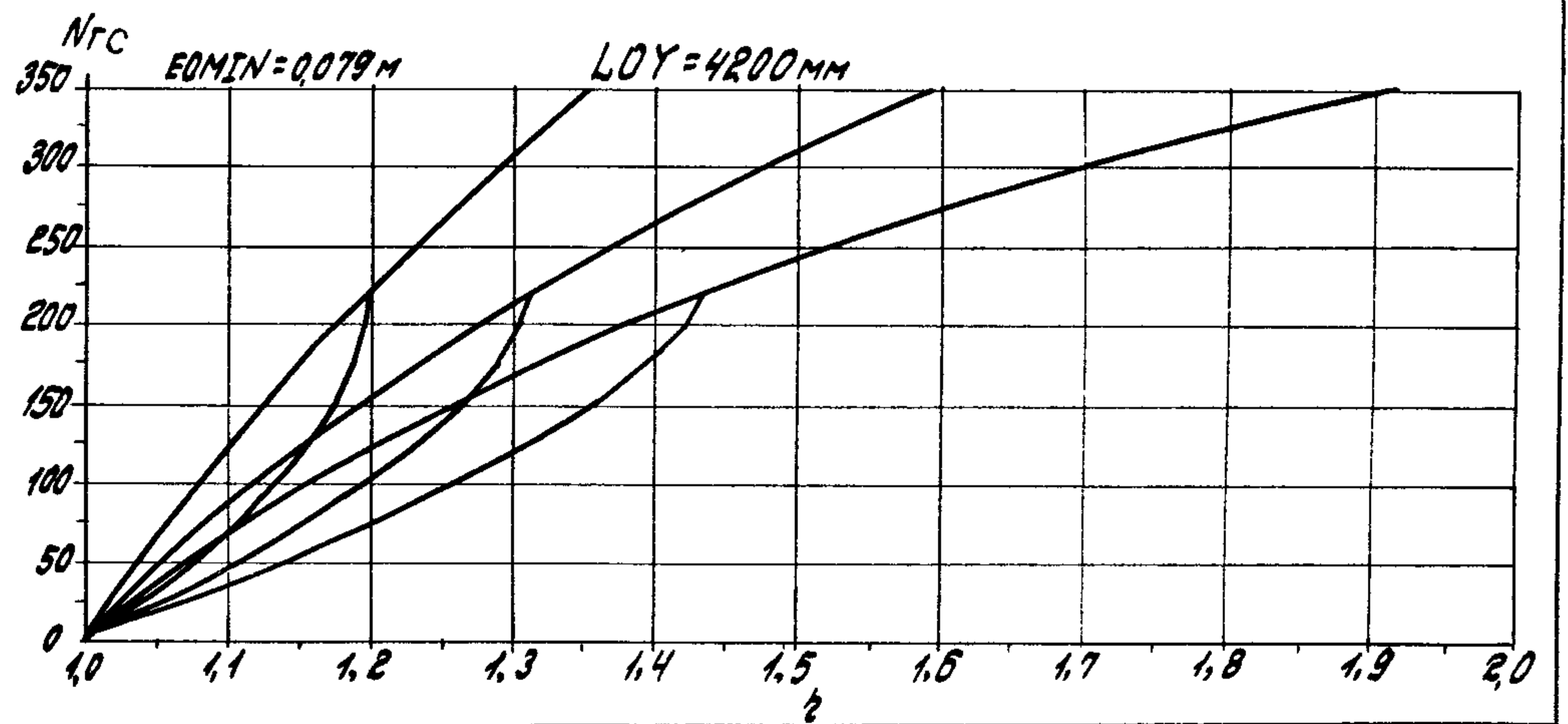
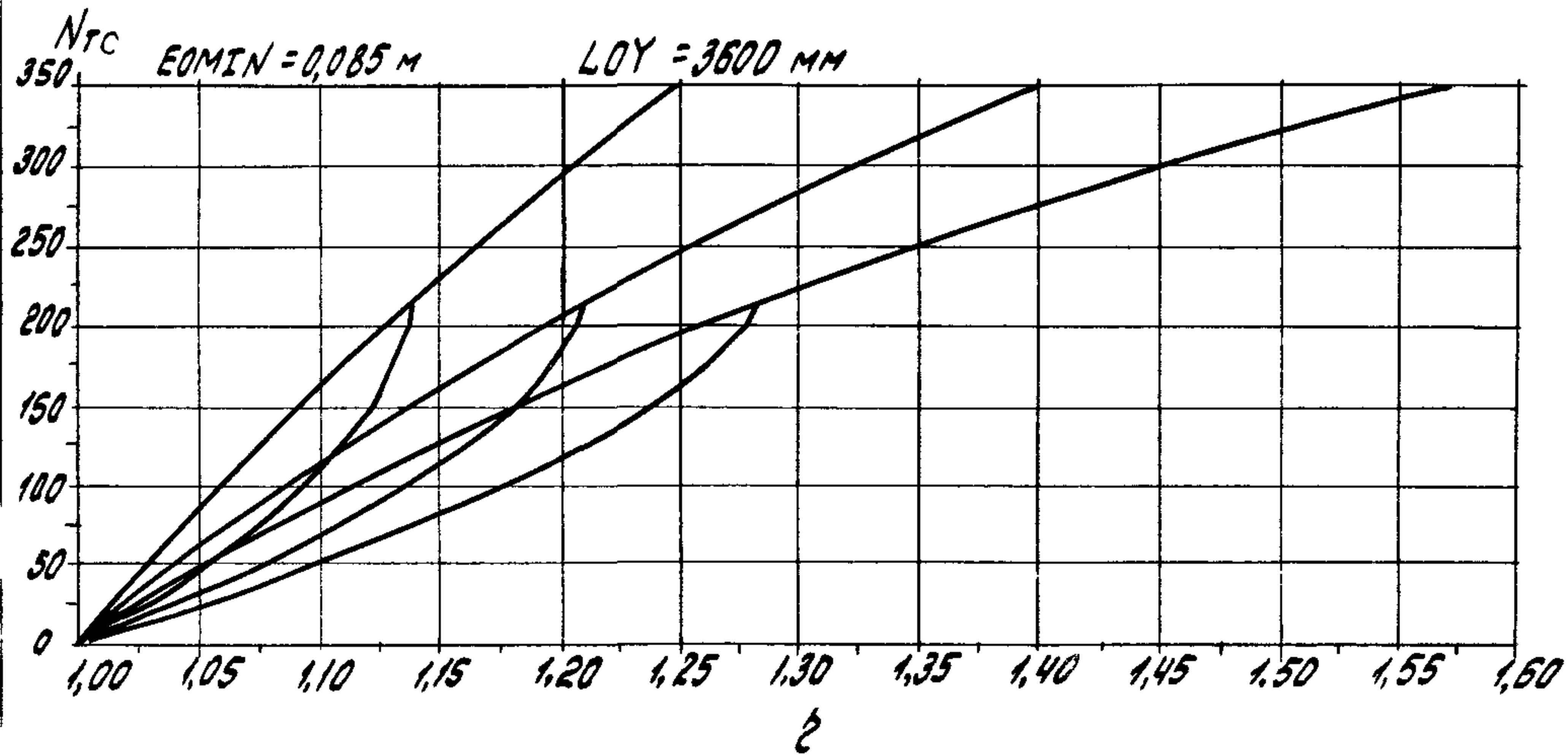
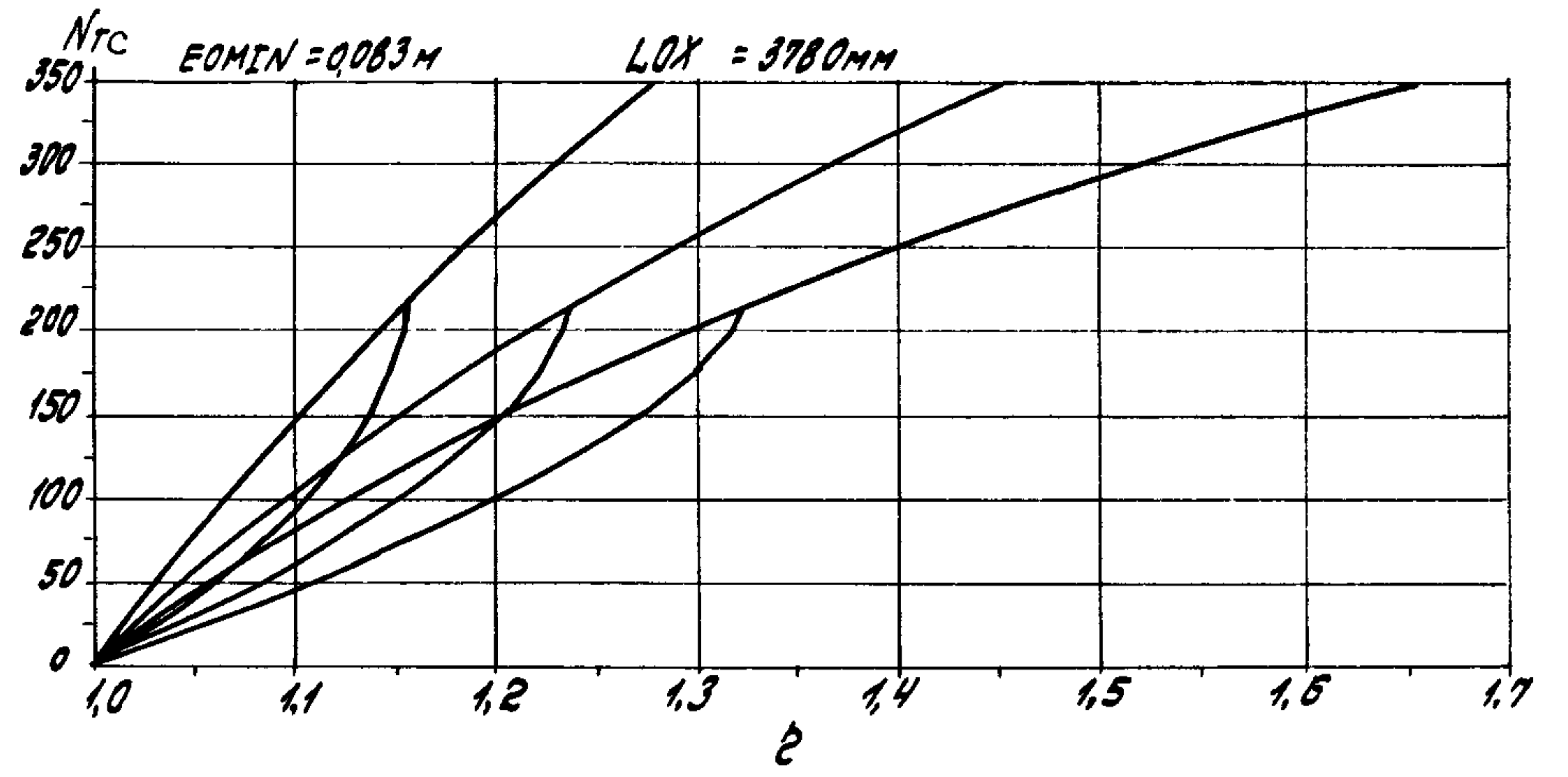
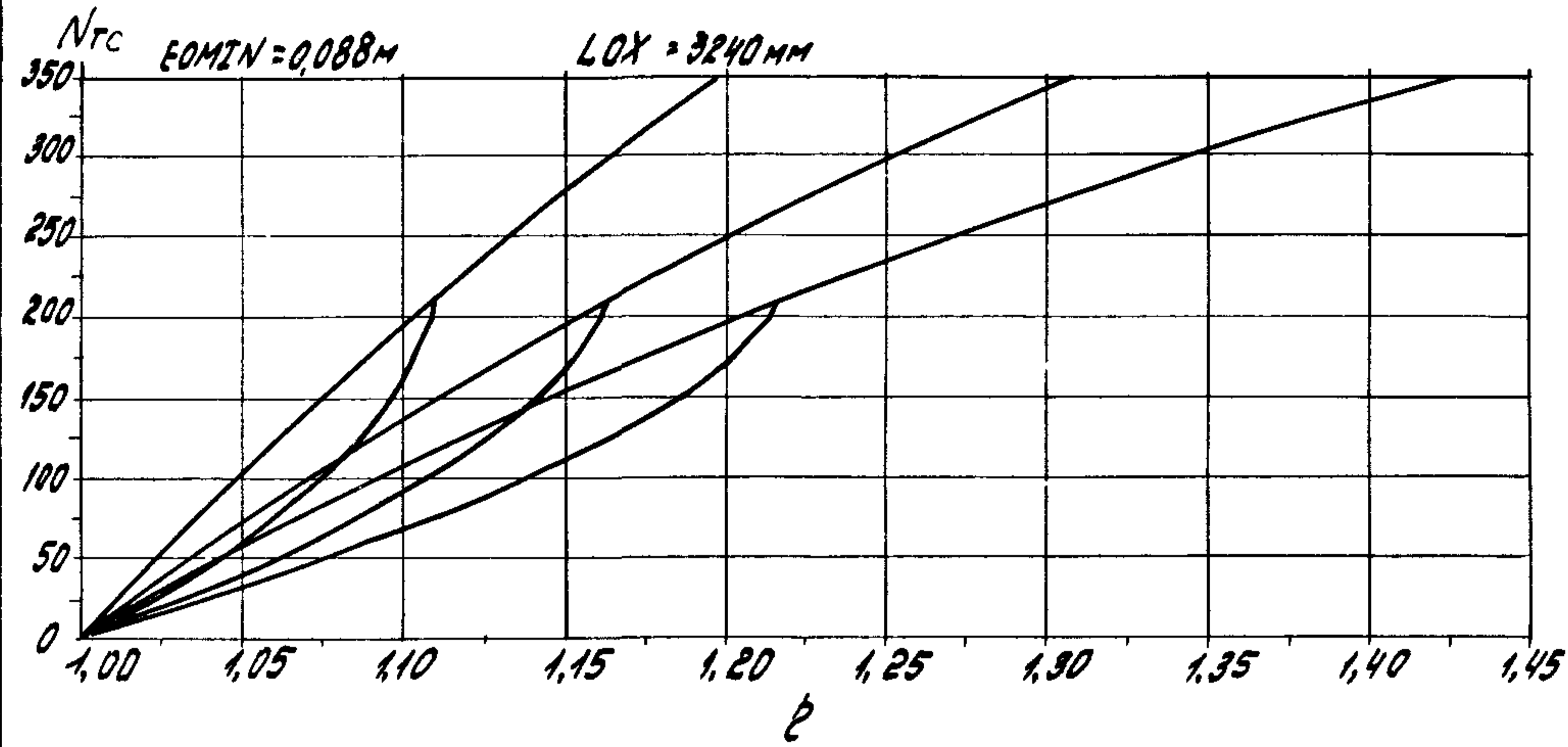
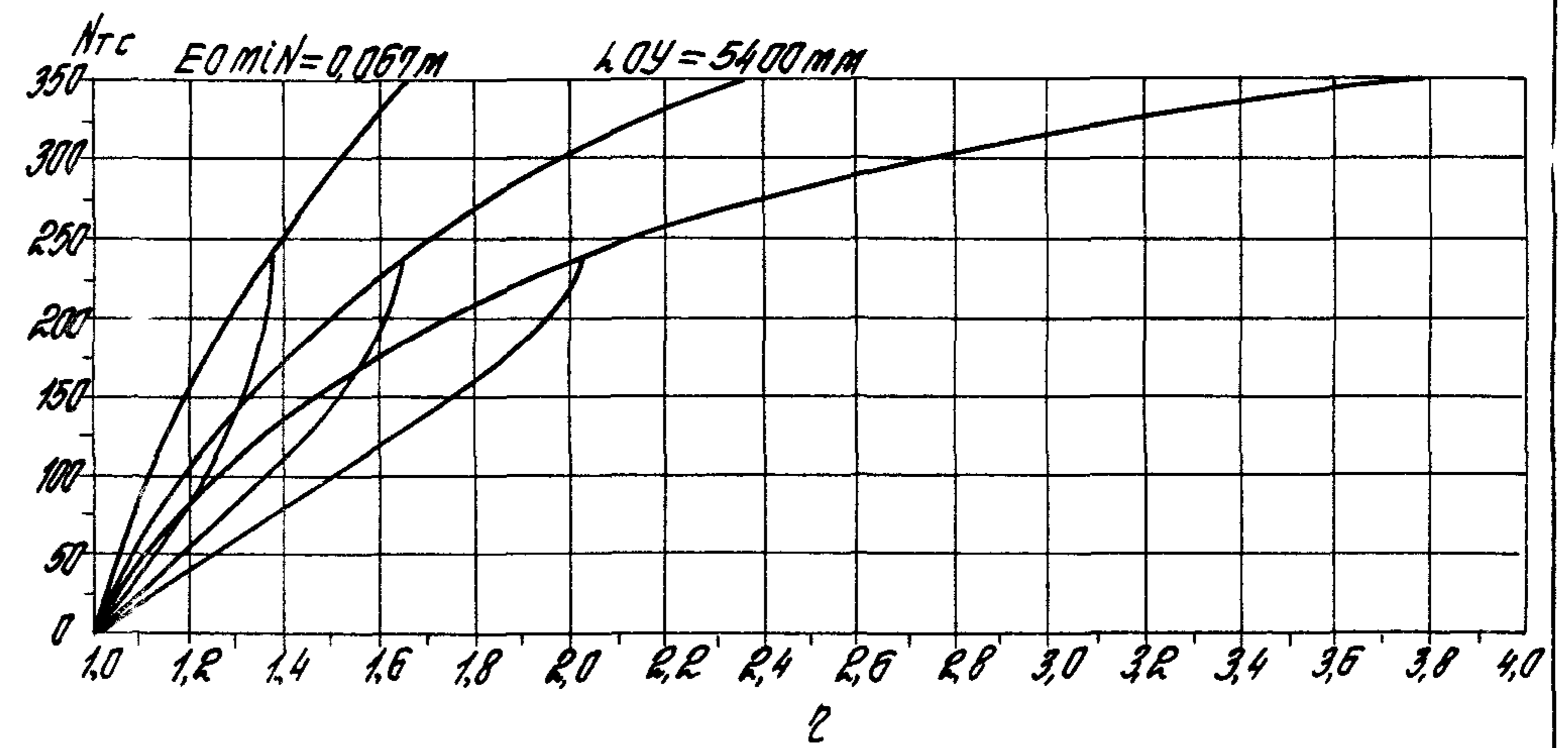
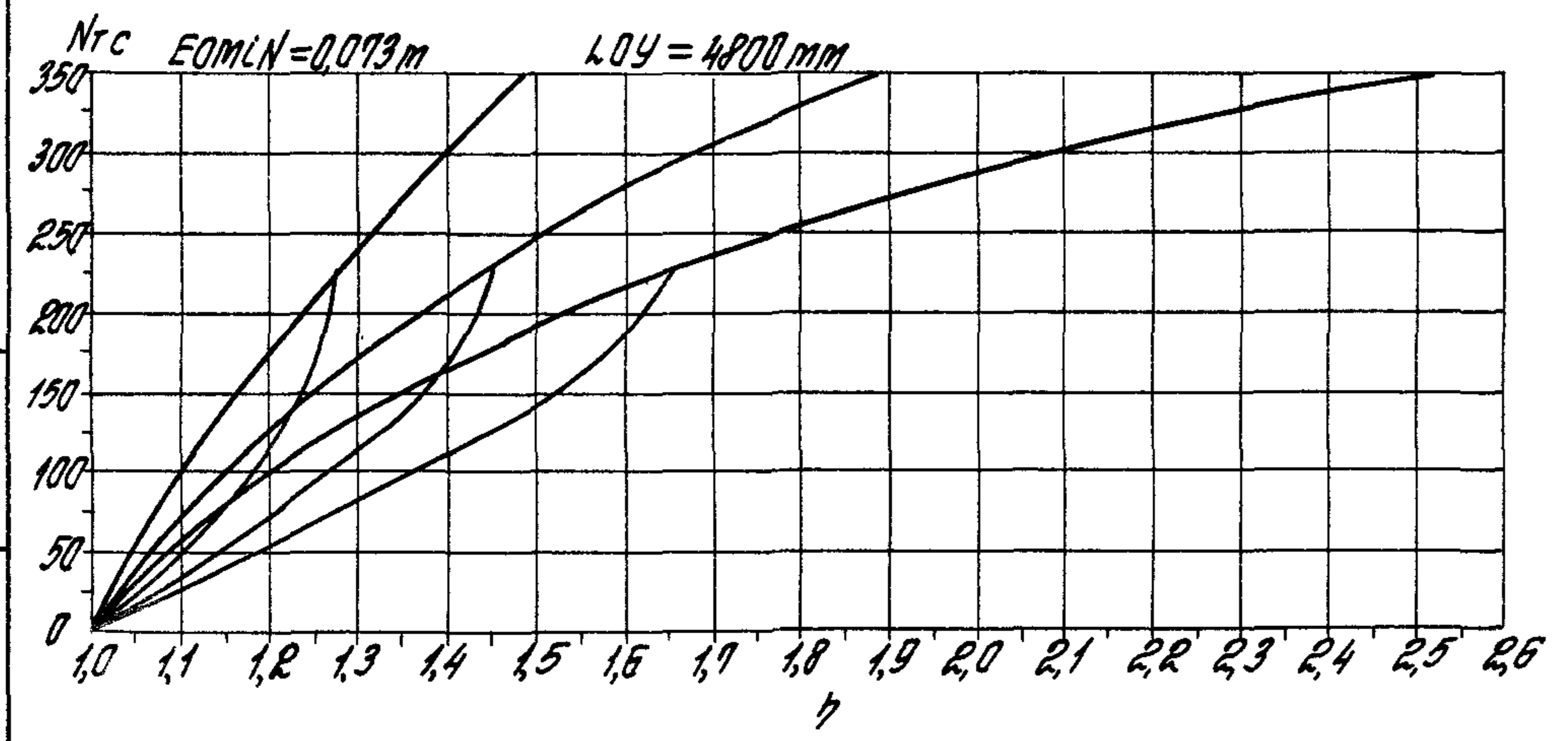
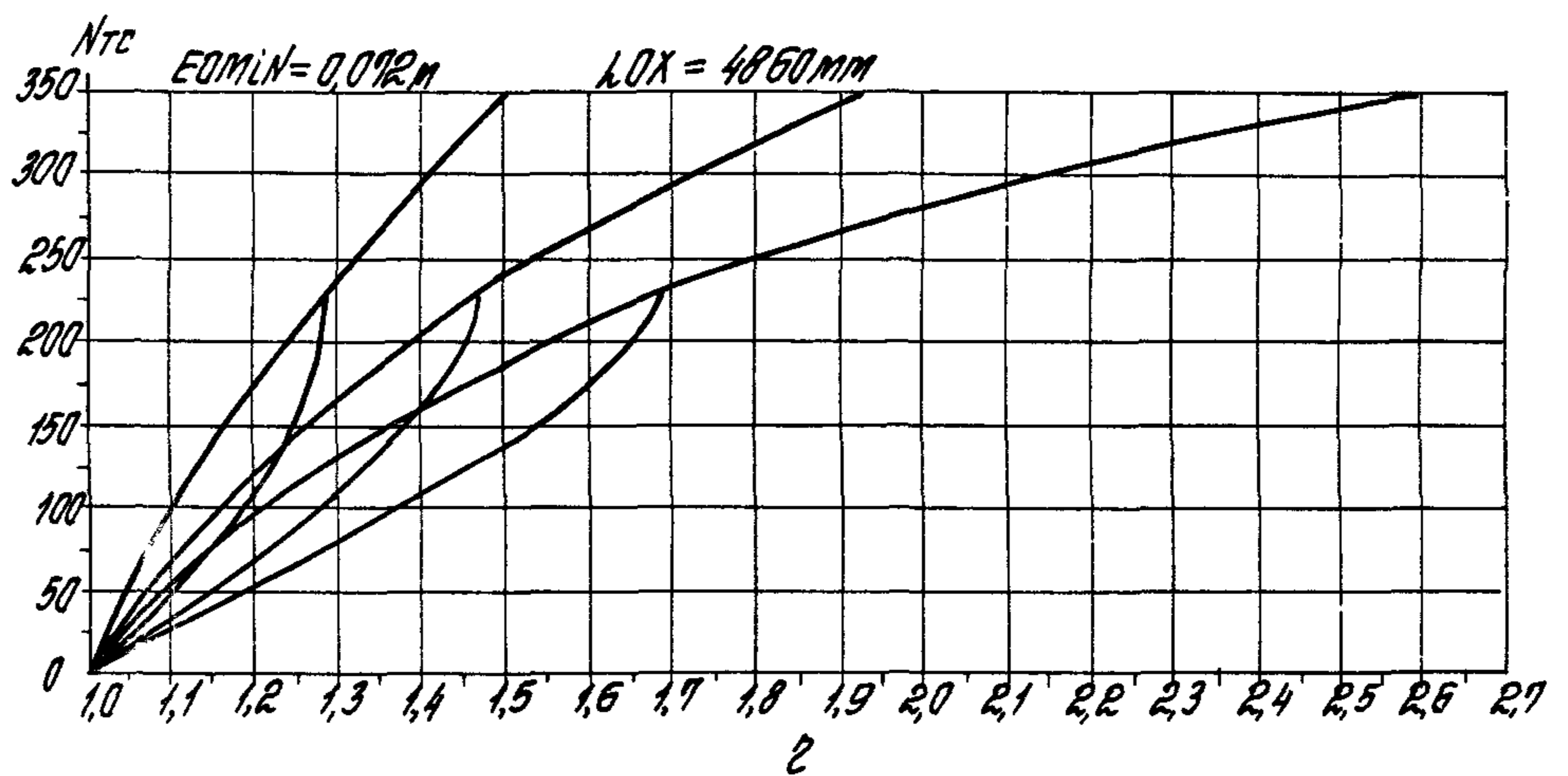
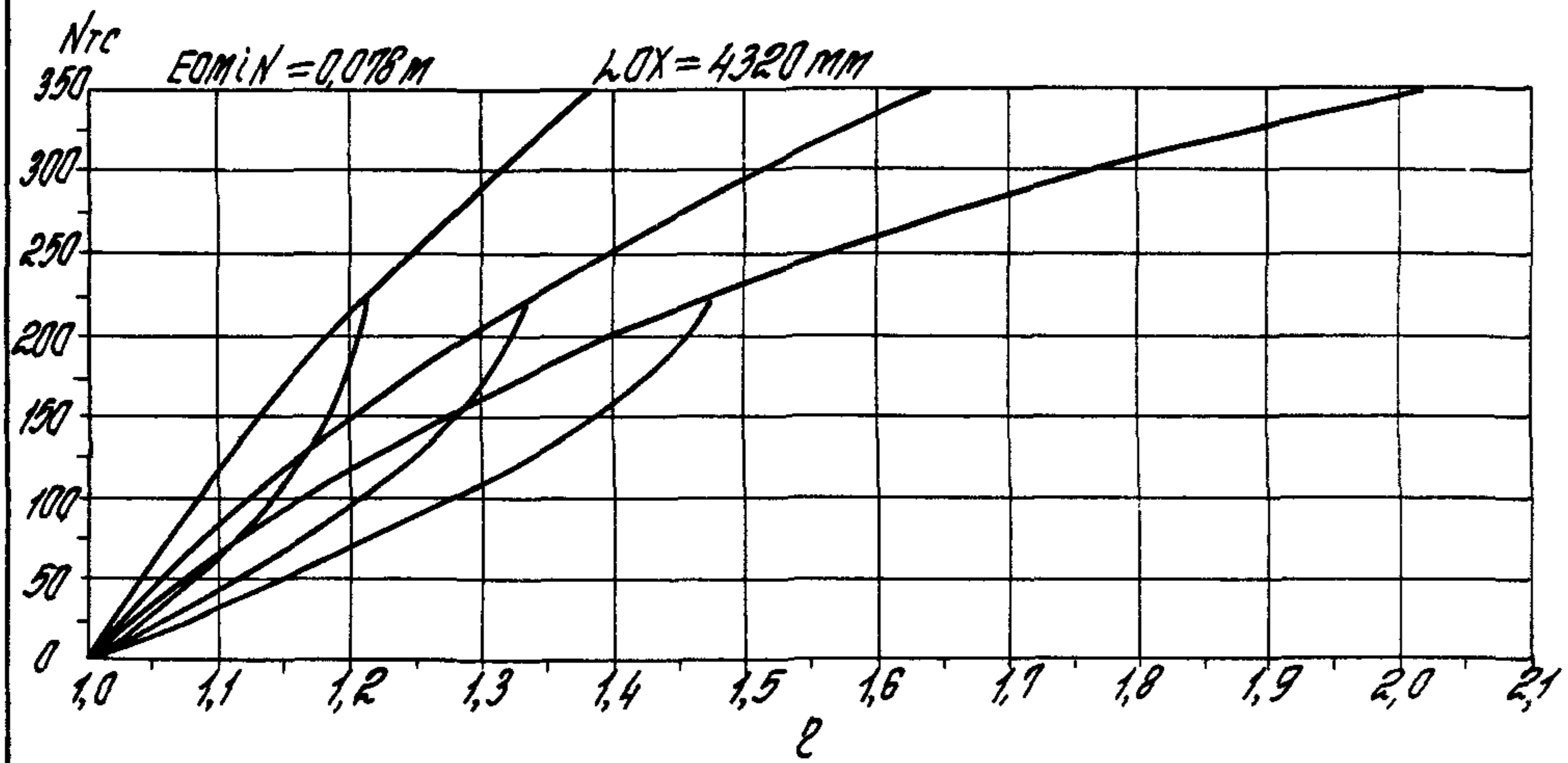
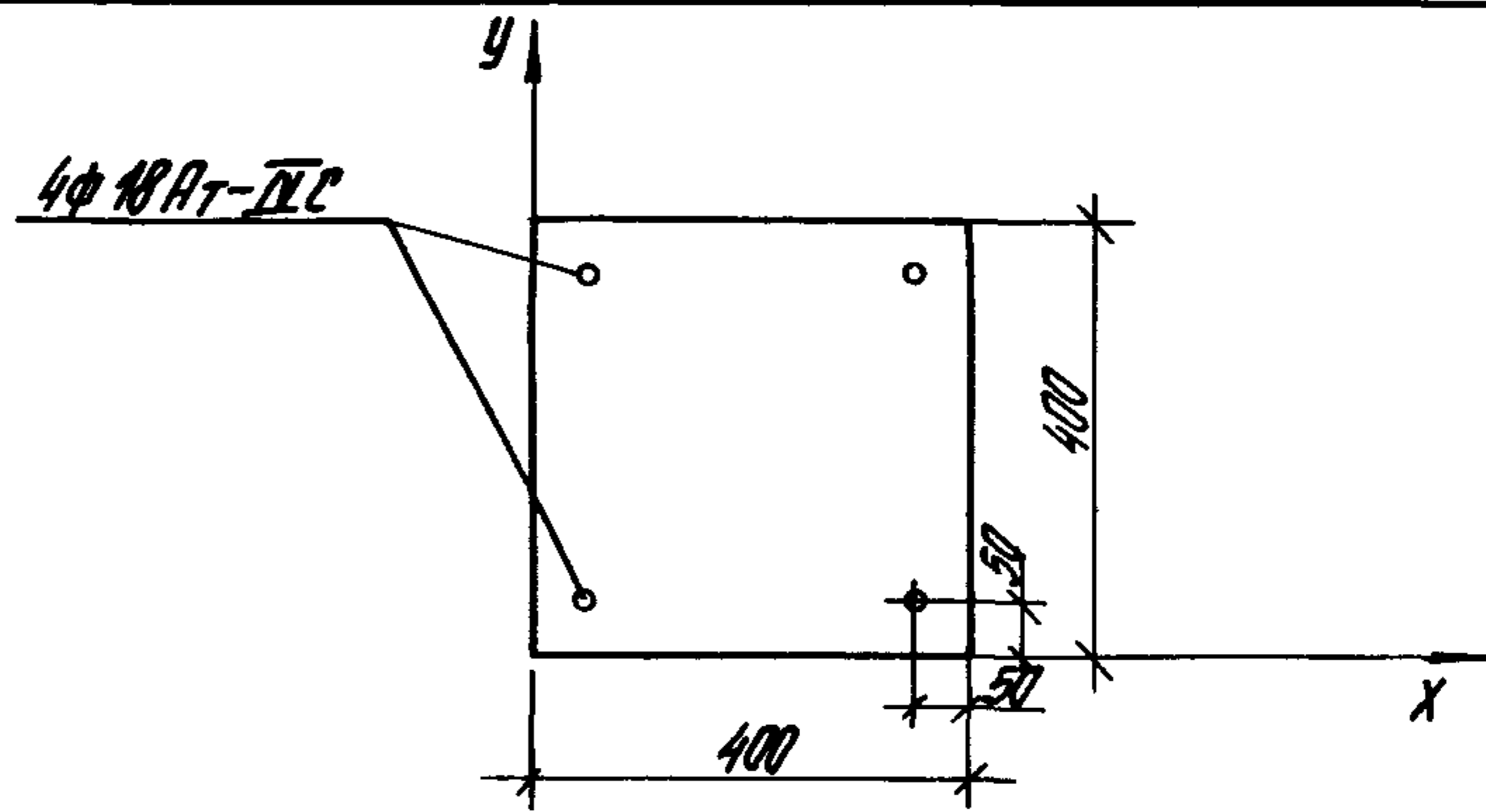
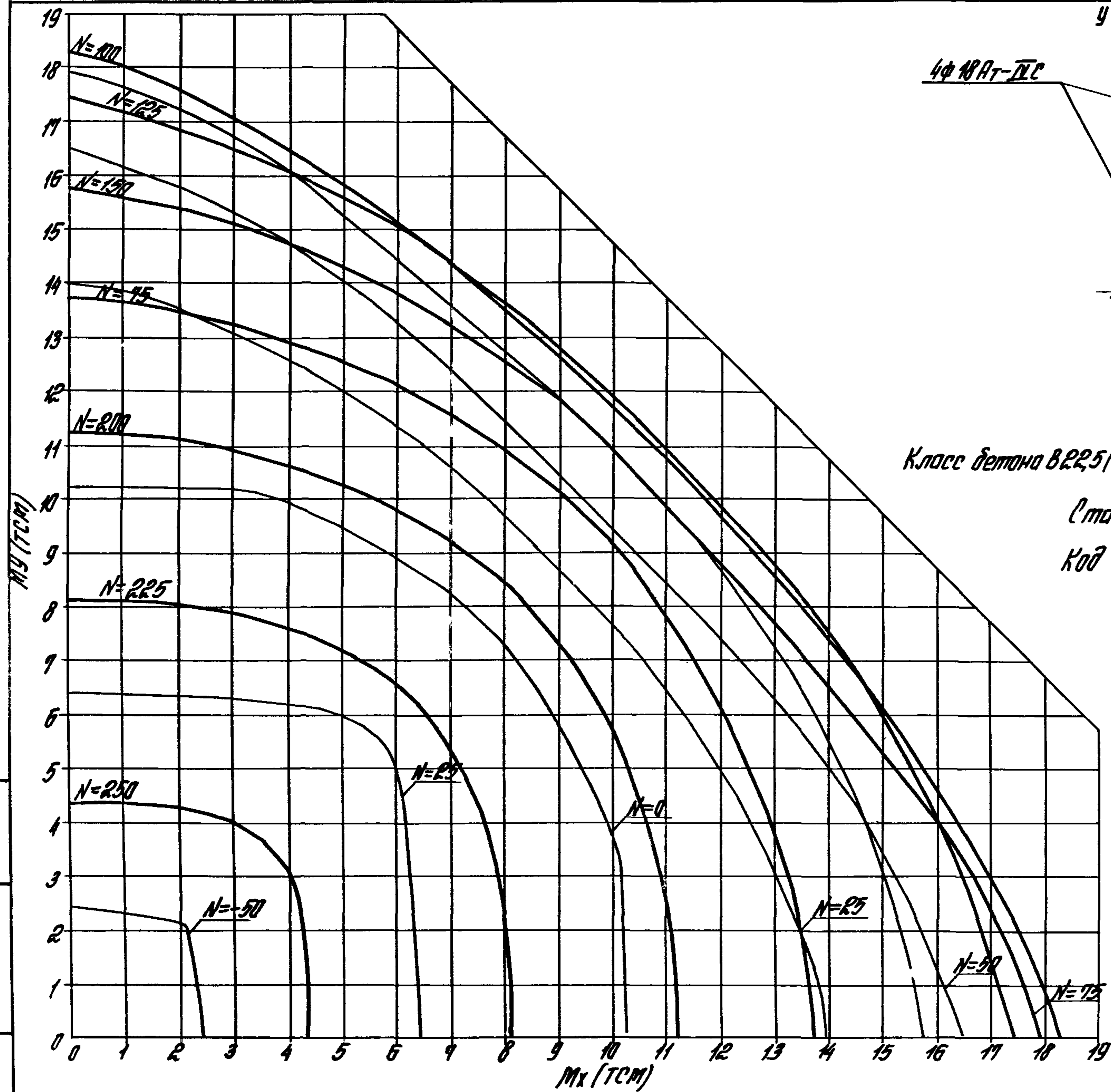


Таблица значений N_{TC} для E_{MIN} и LOX



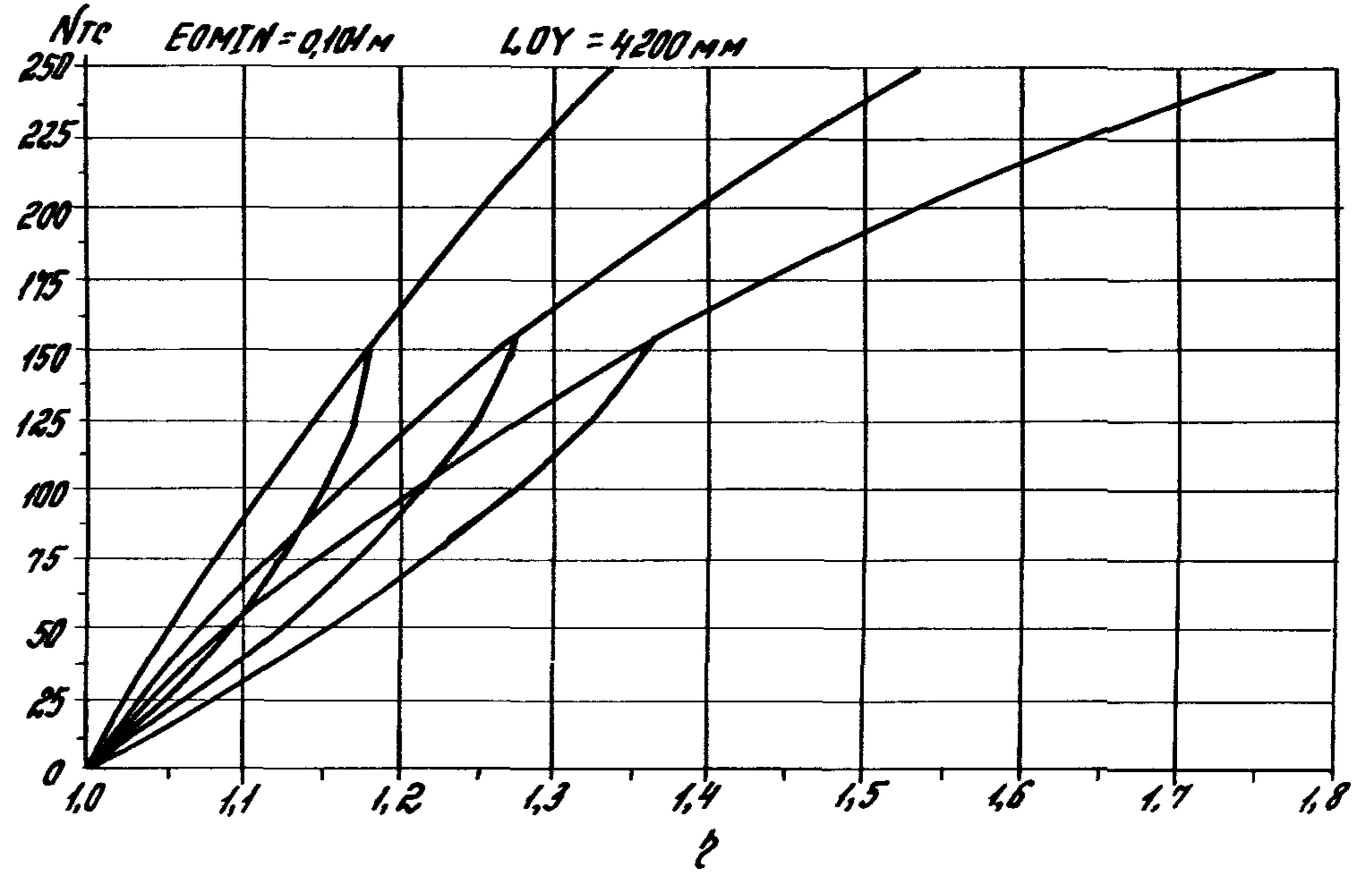
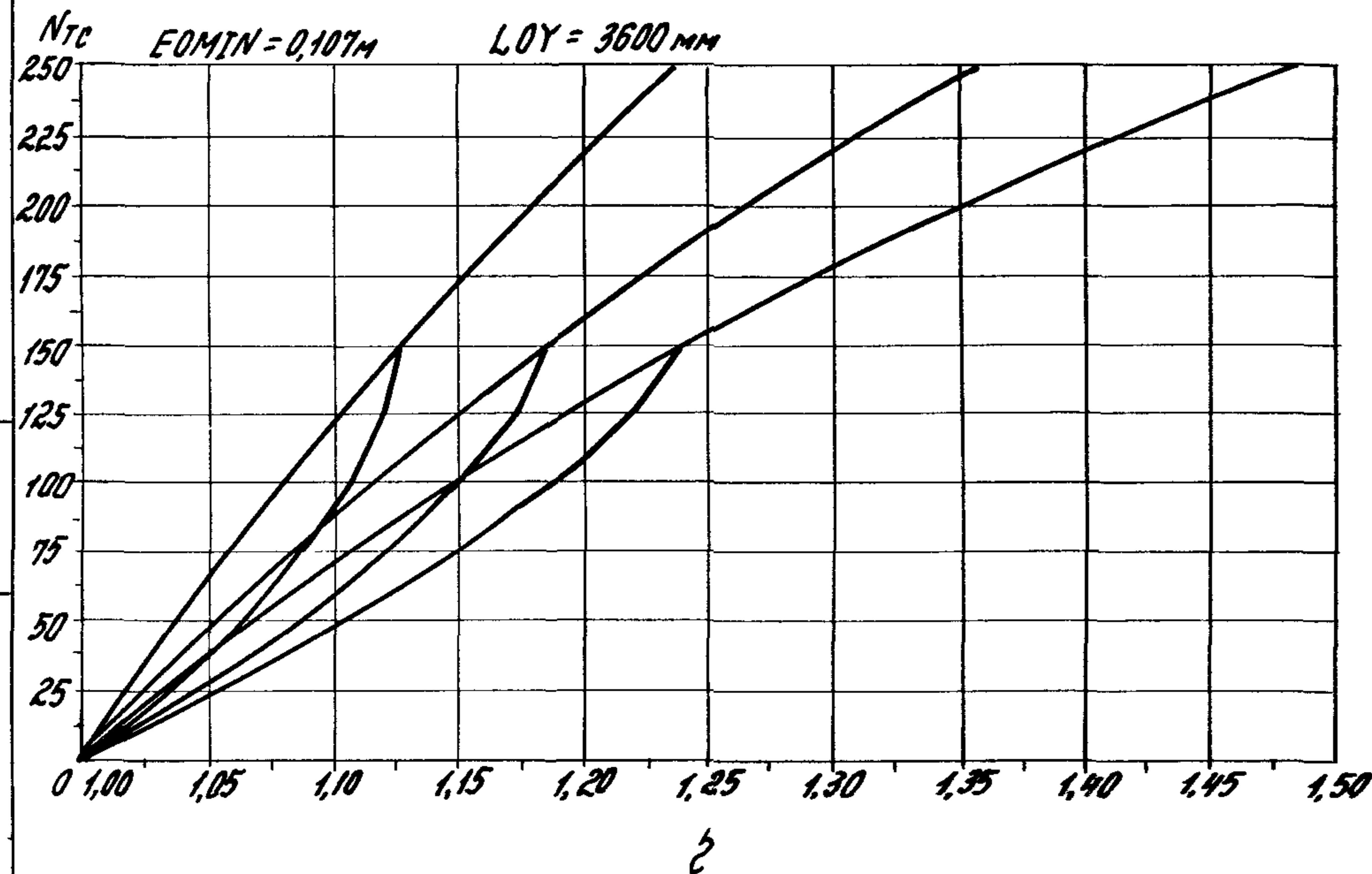
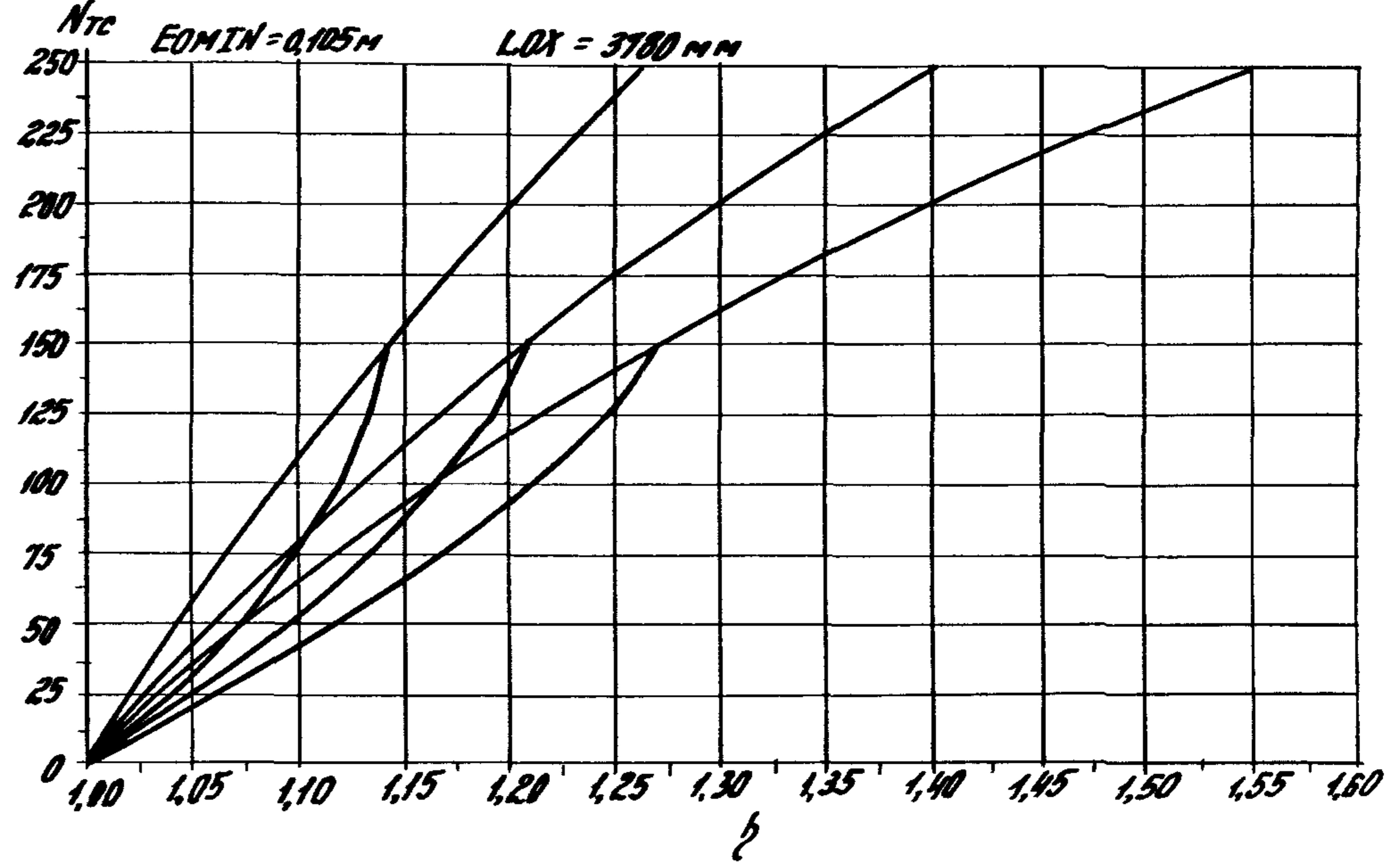
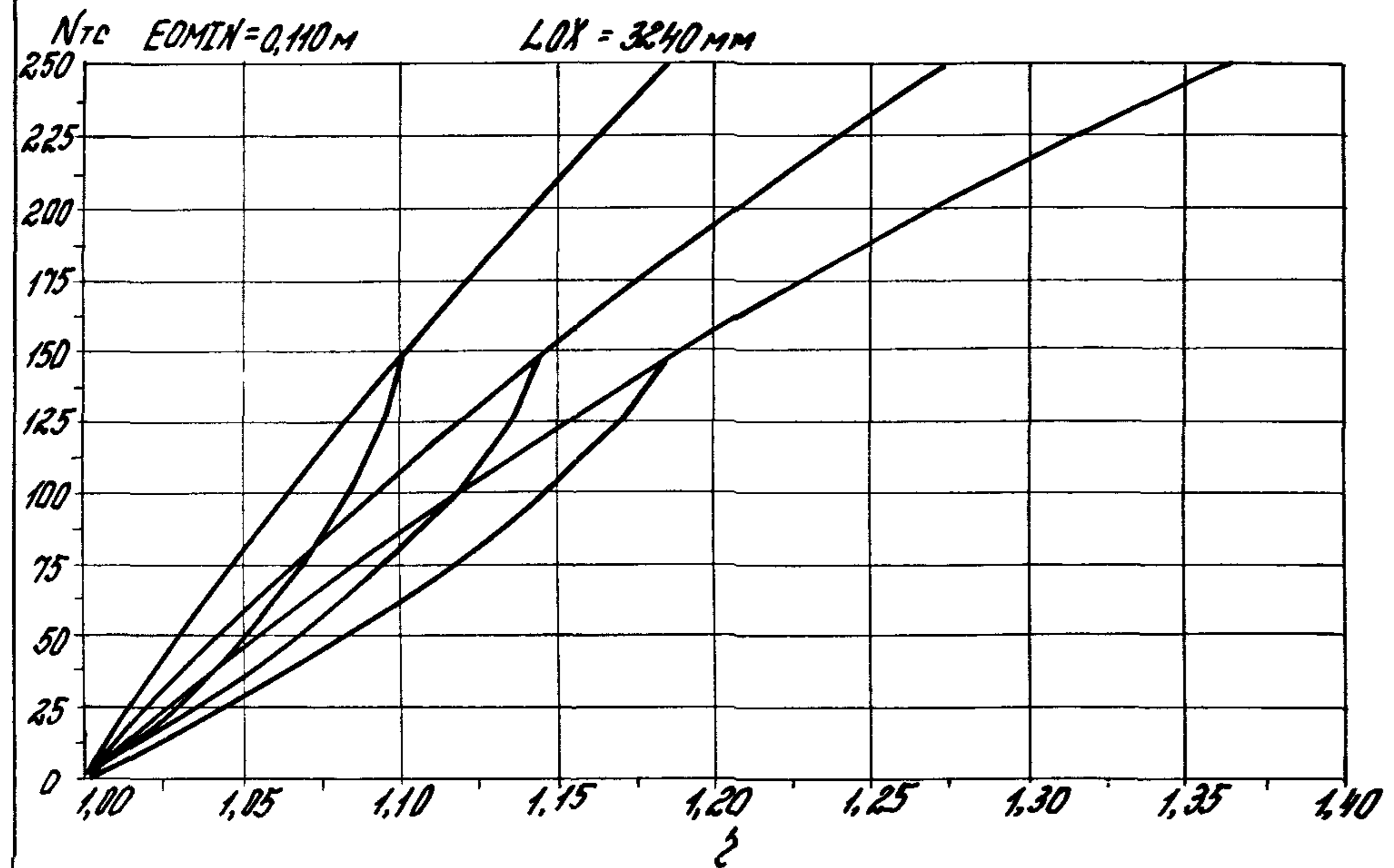
1020. 1-4 0-9 002 NCT
23



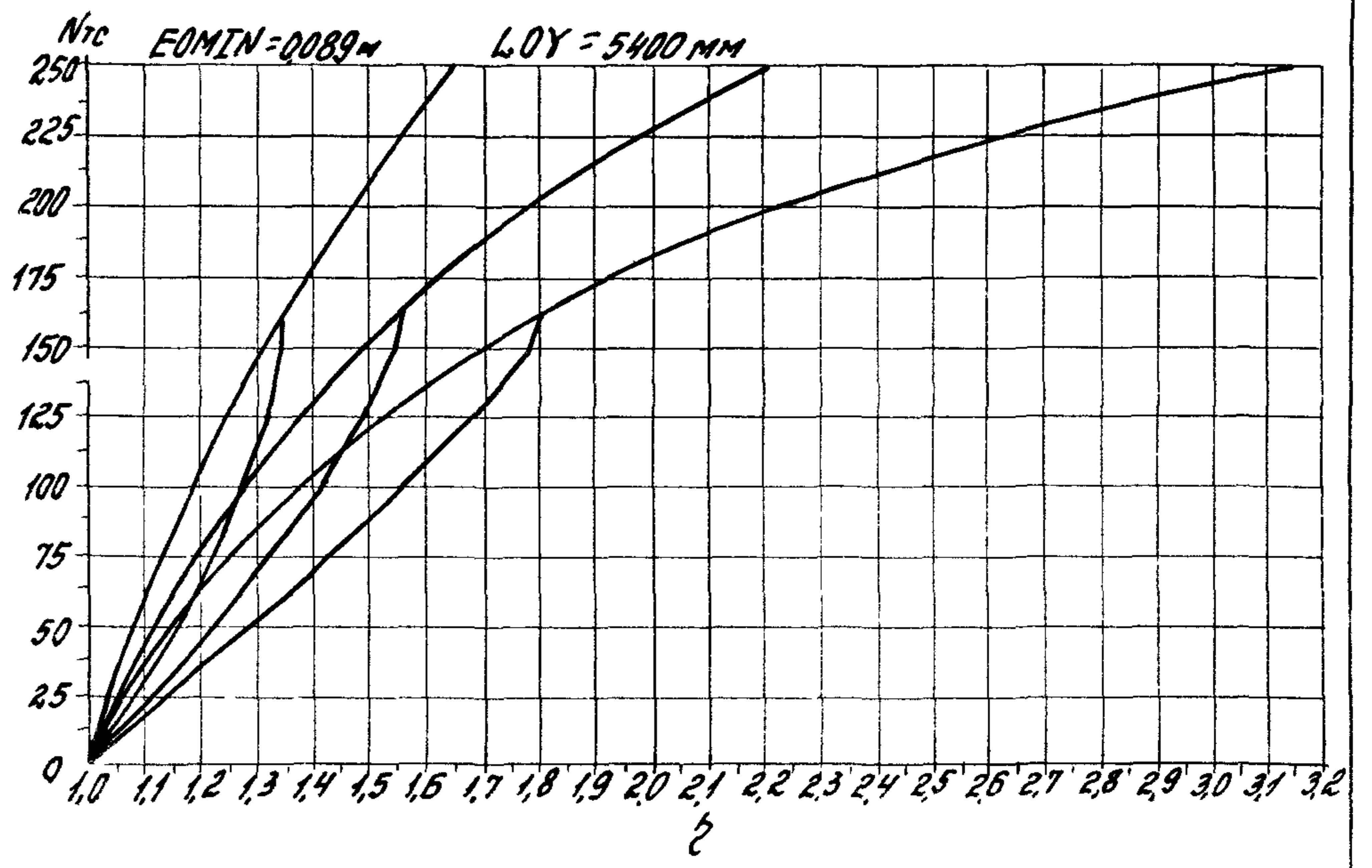
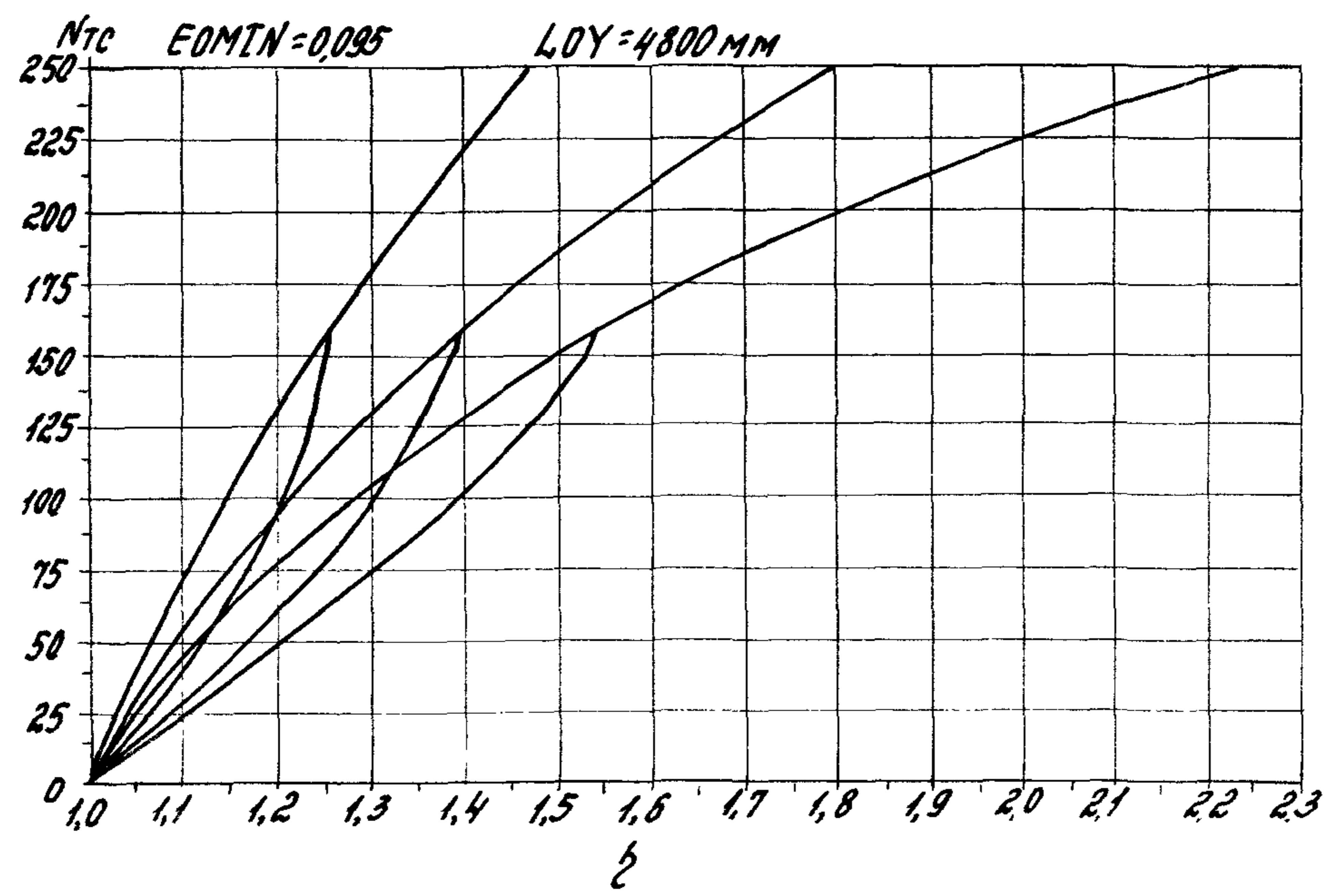
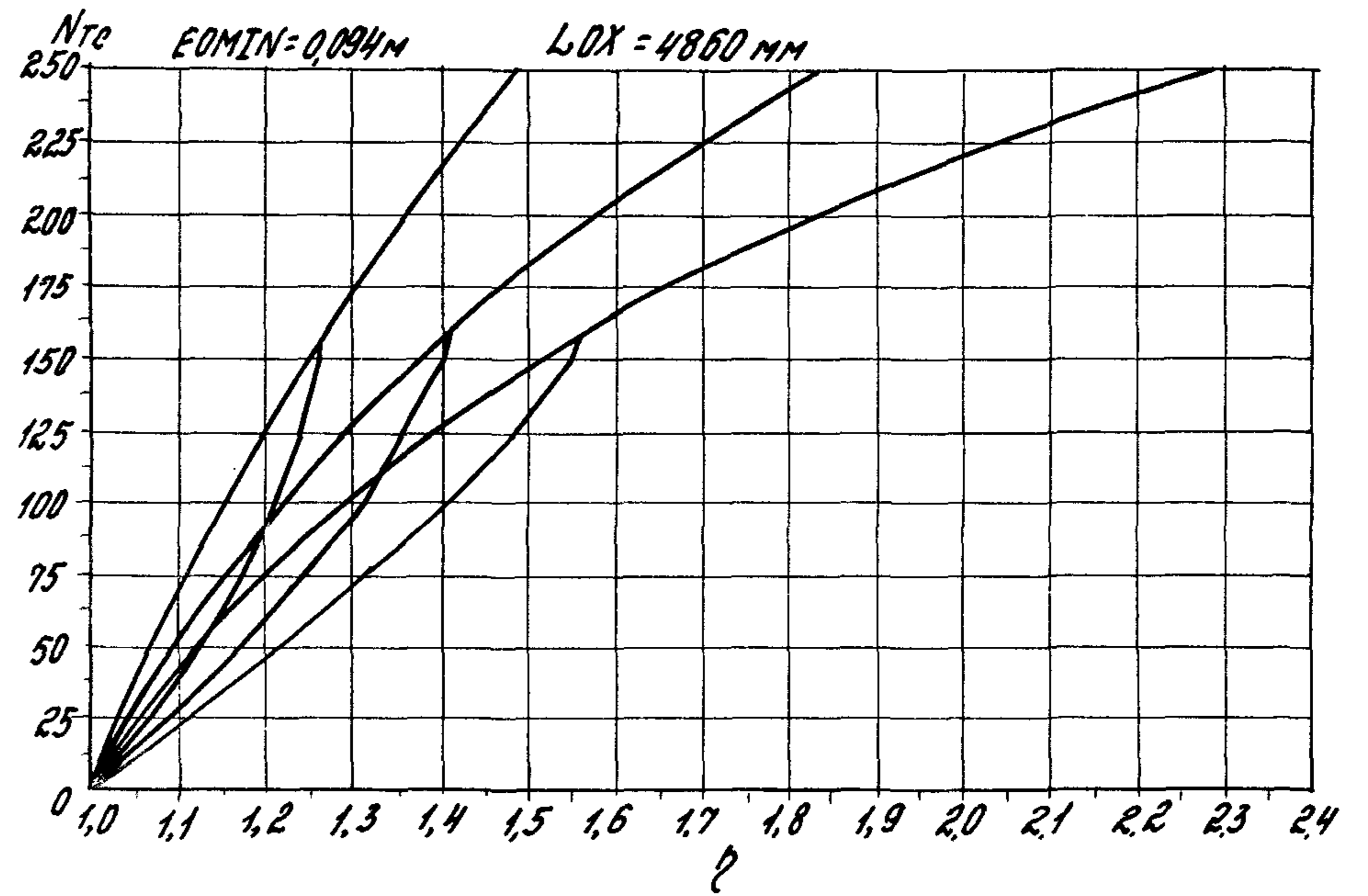
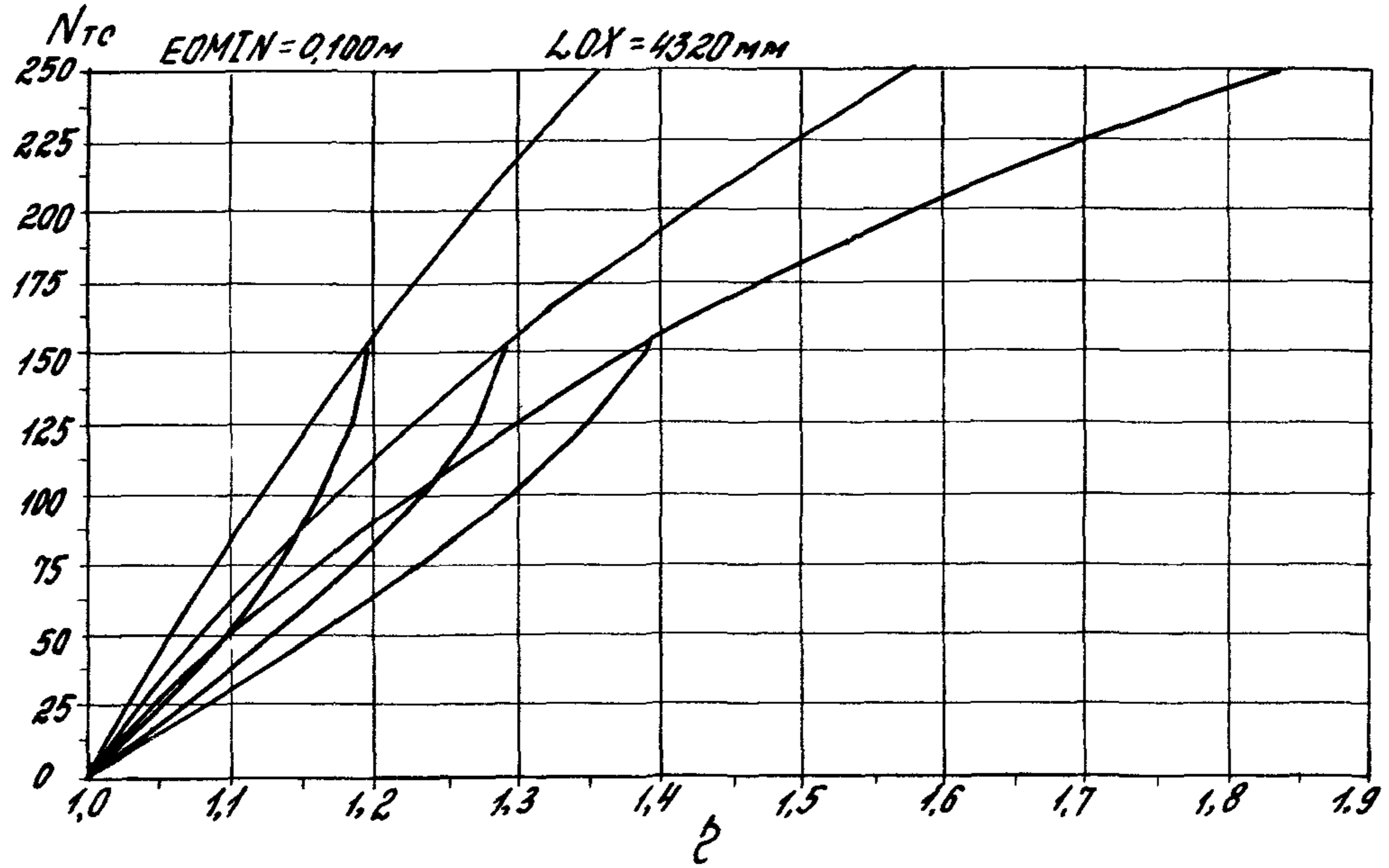
Класс бетона В22,5 ($R_b = 14,9 \text{ МПа}$ при учете $\gamma_{b2} = 1,10$)
 Сталь АТ-IVС
 Код сечения - 104а

Лист № 001 из 001

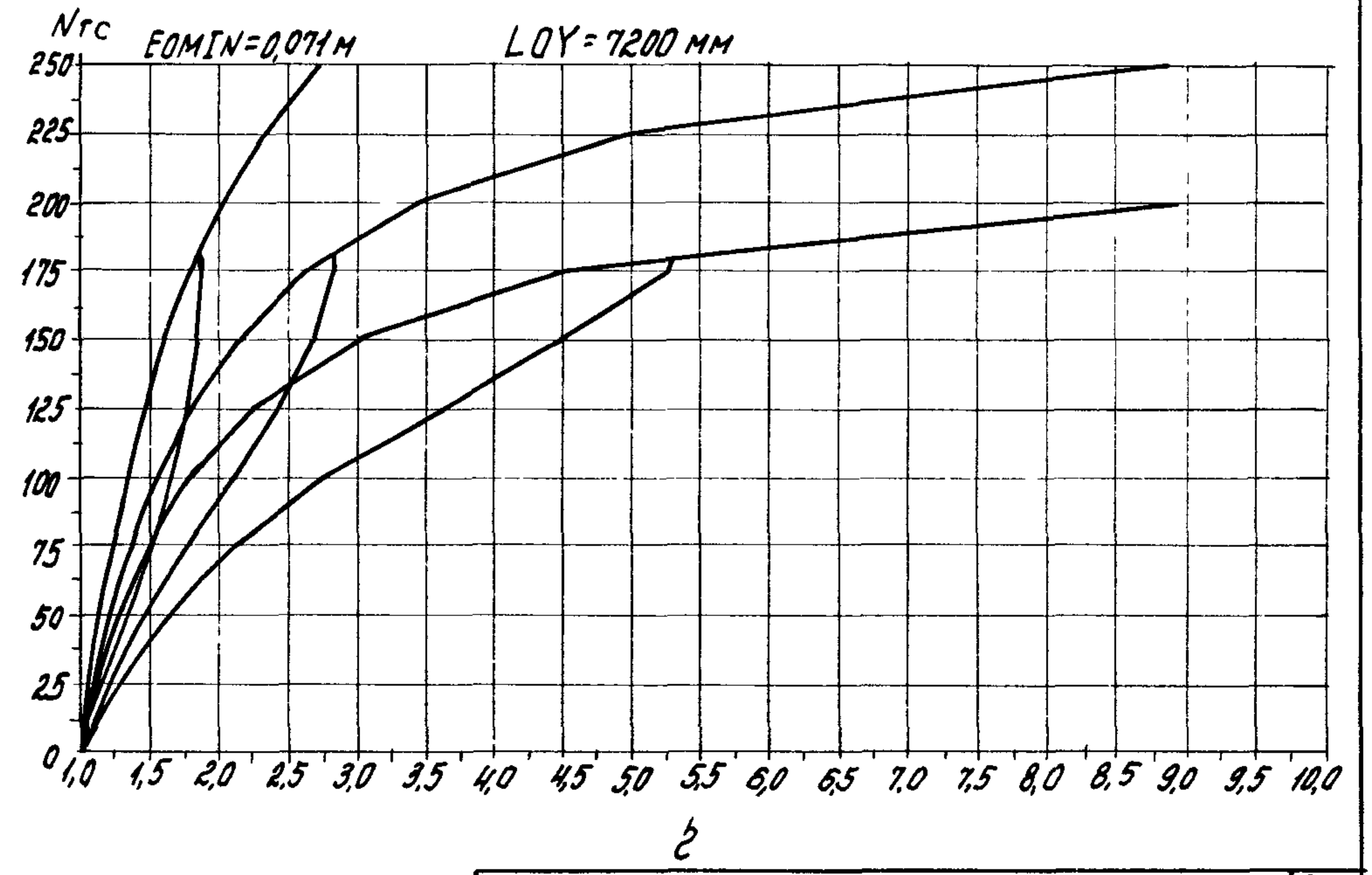
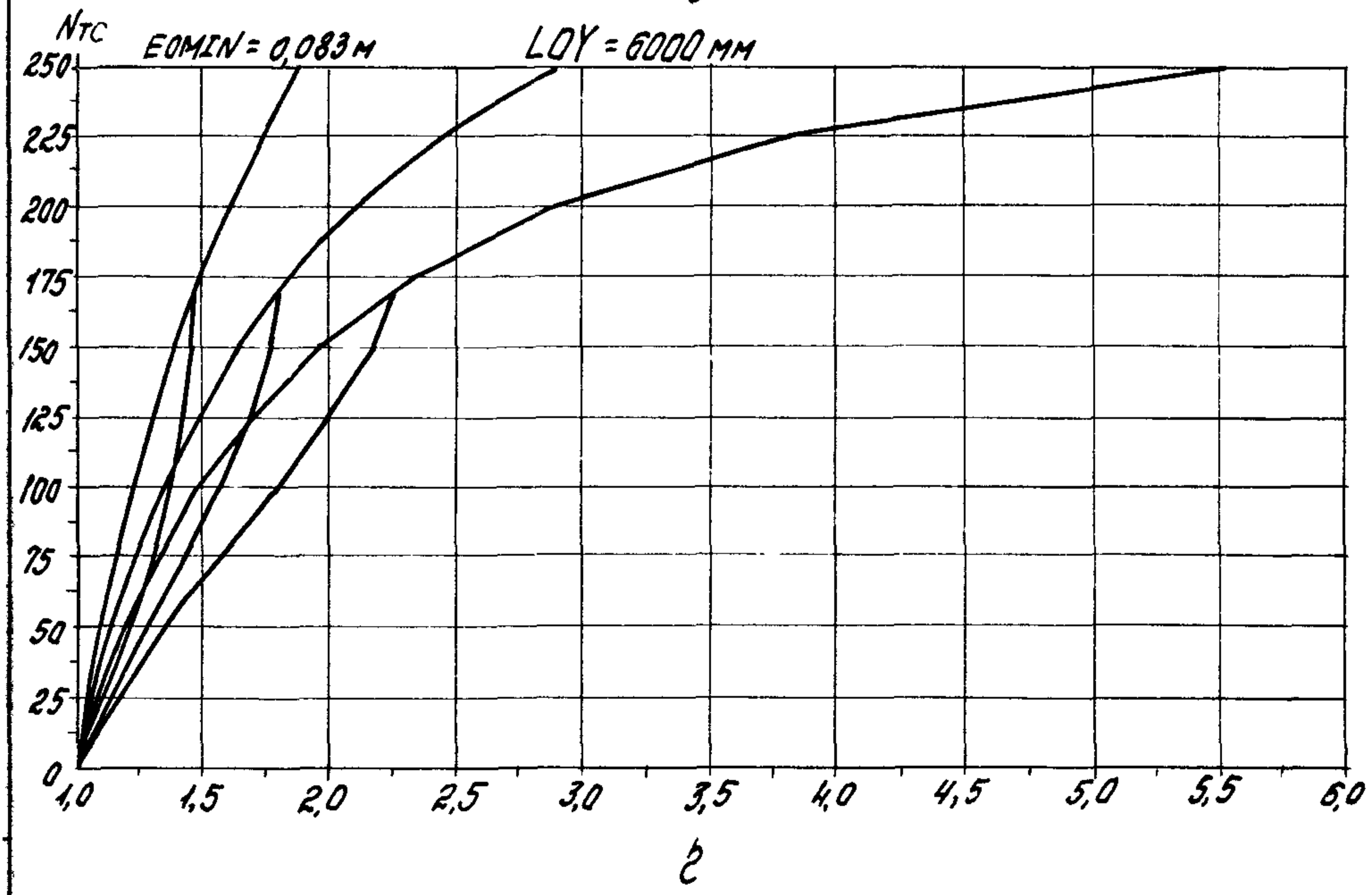
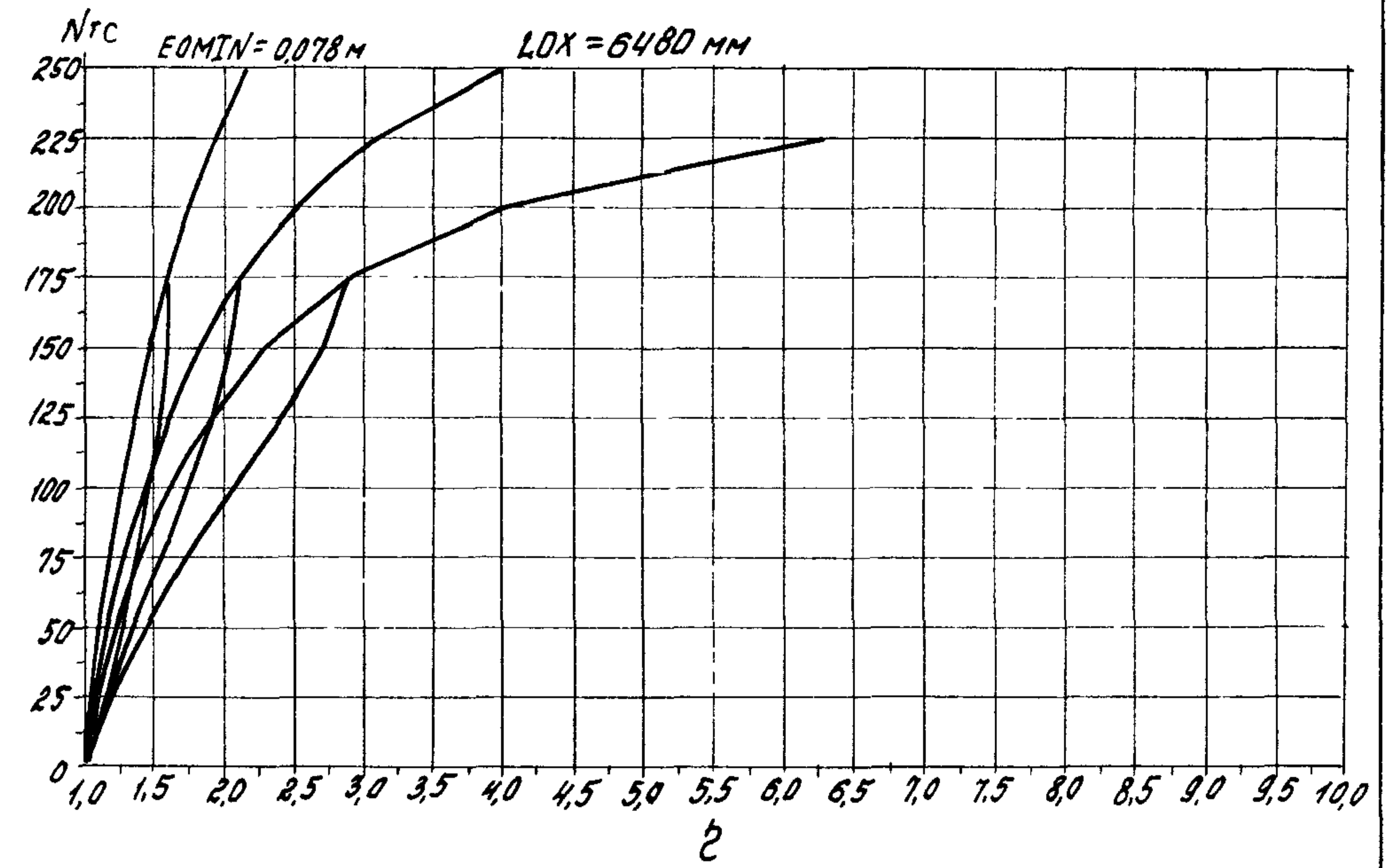
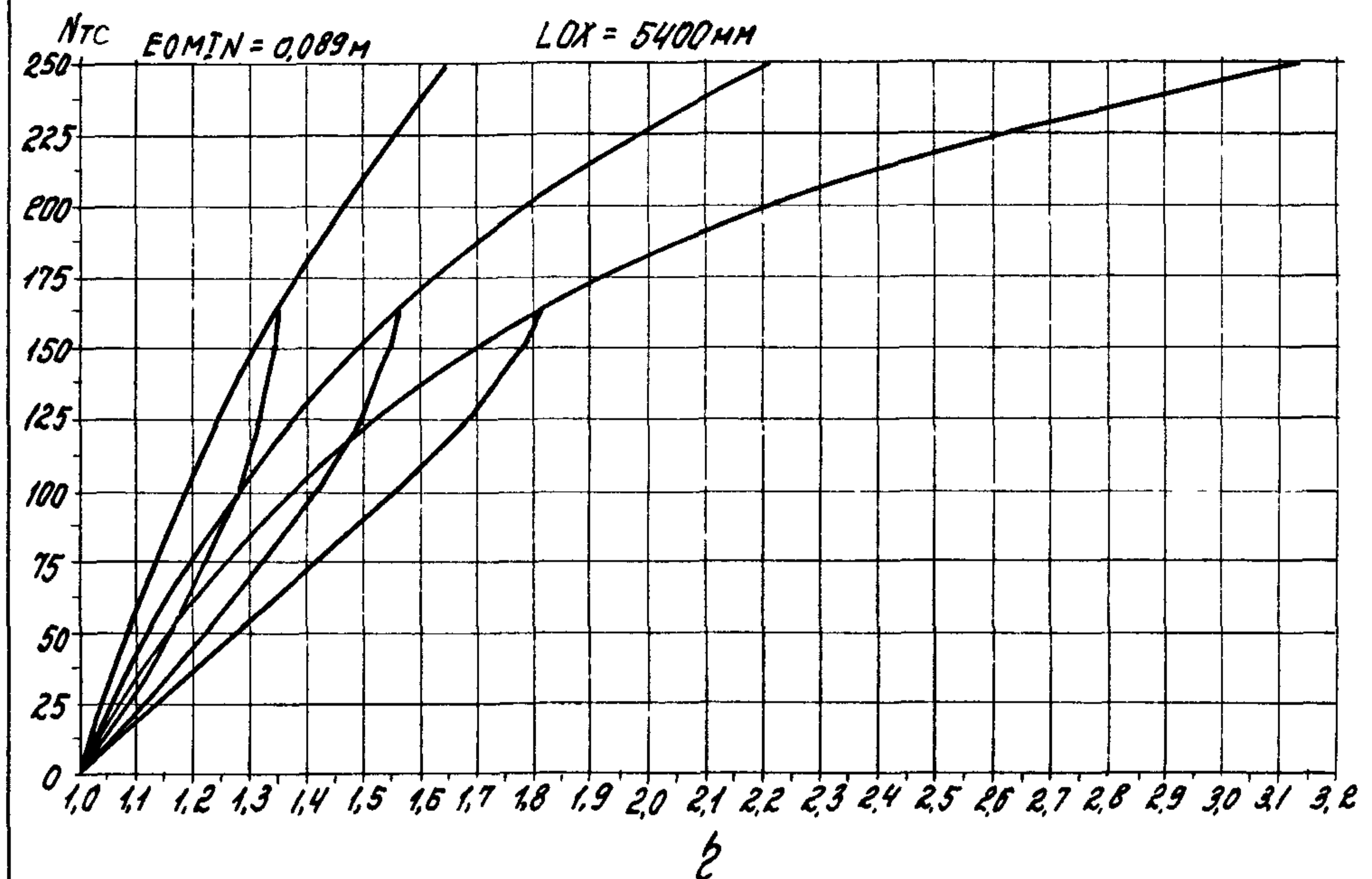
1.020.1-4	0-9 002	1007
		25

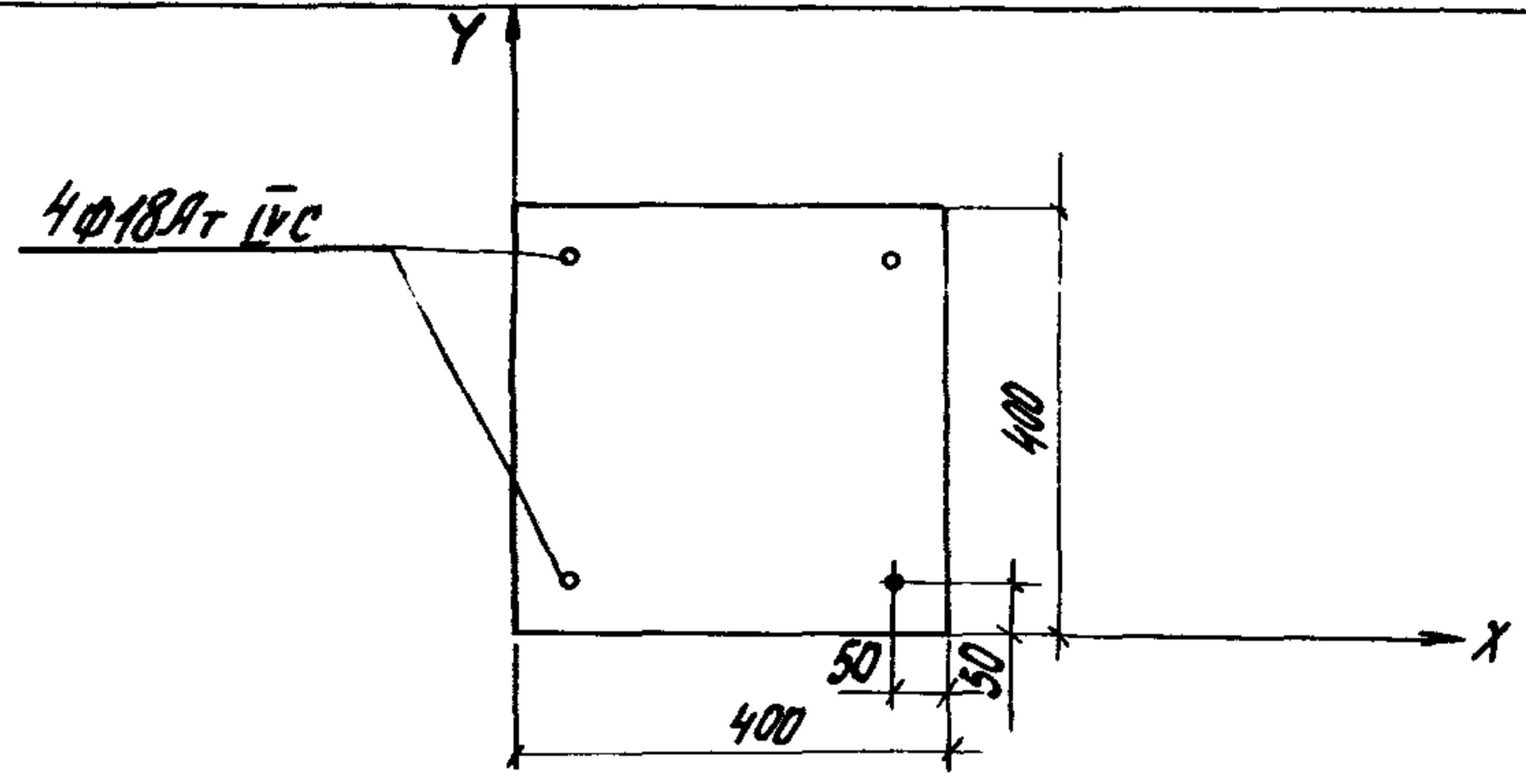
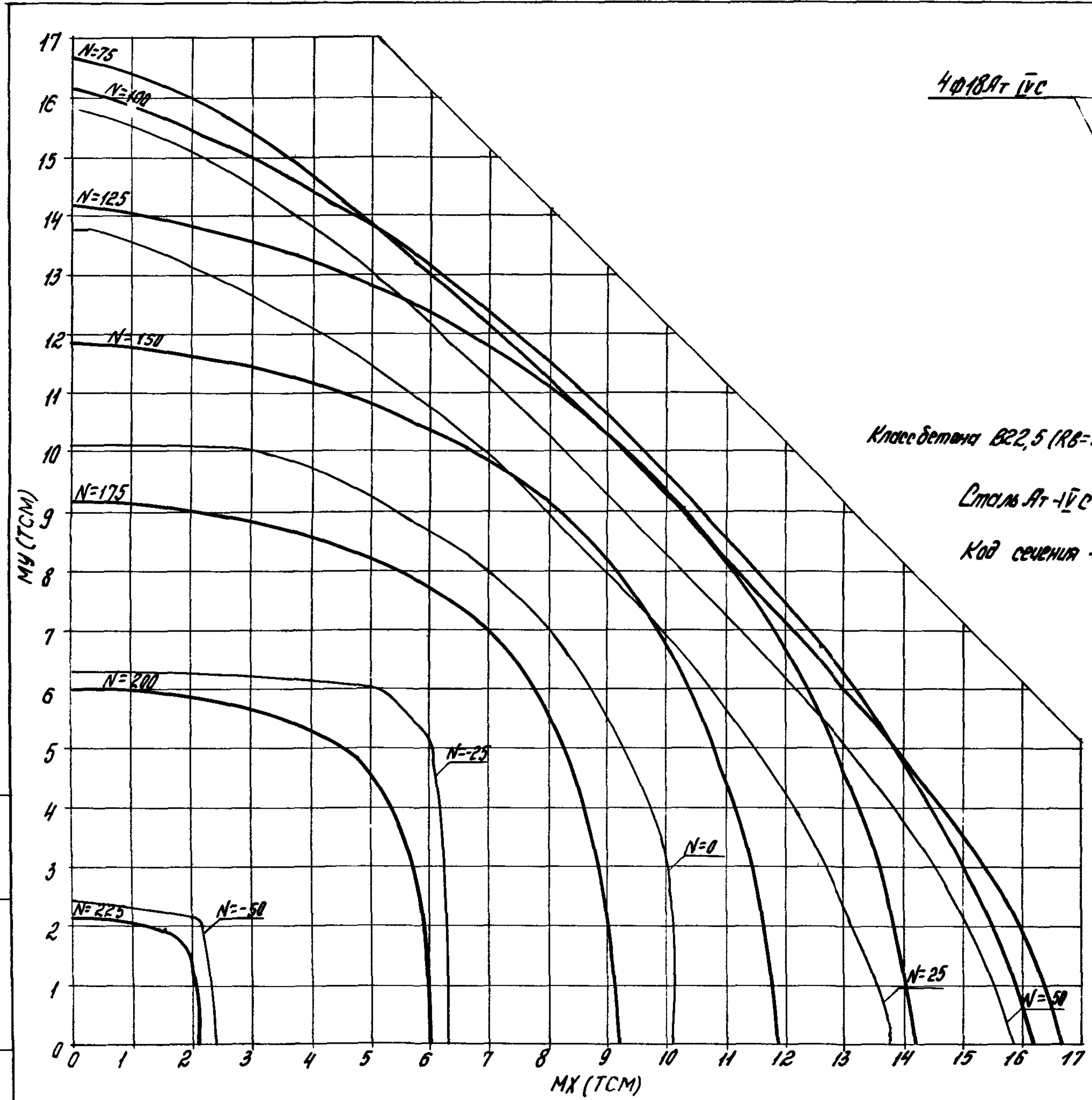


1.020.1-4
 0-9 002
 25



Упр. № 1000. Подпись и дата. ВЗРОМ УИРЕНА

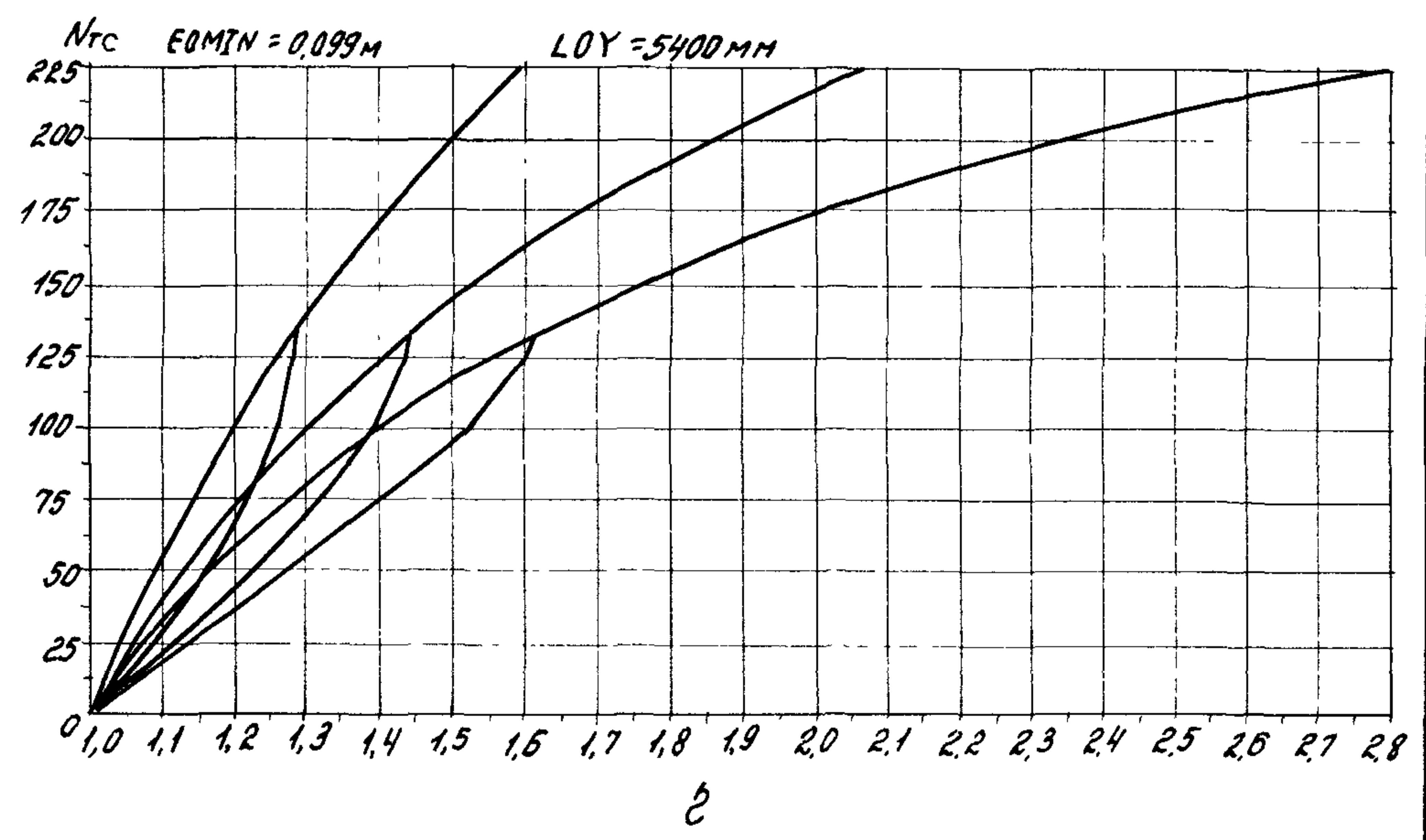
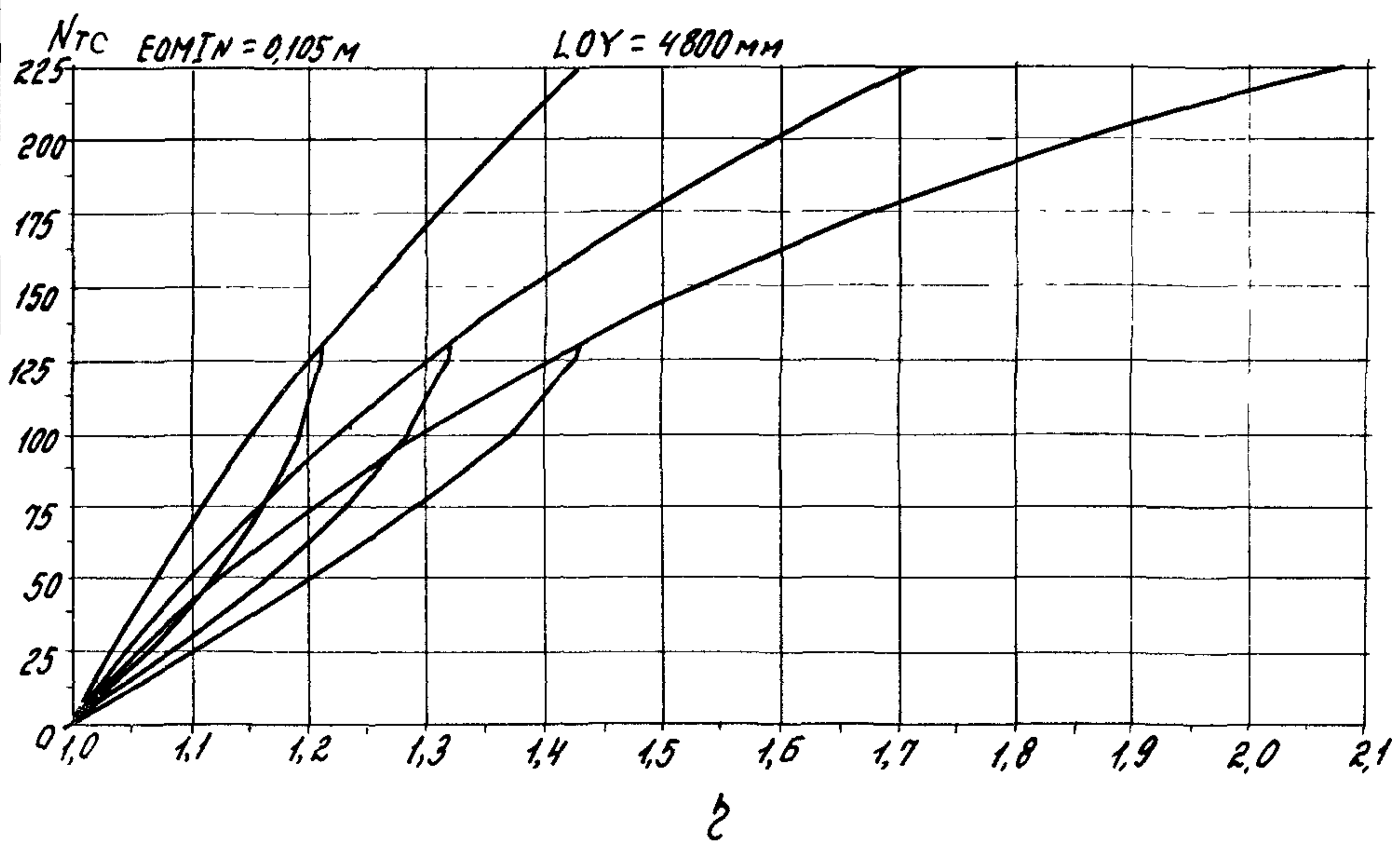
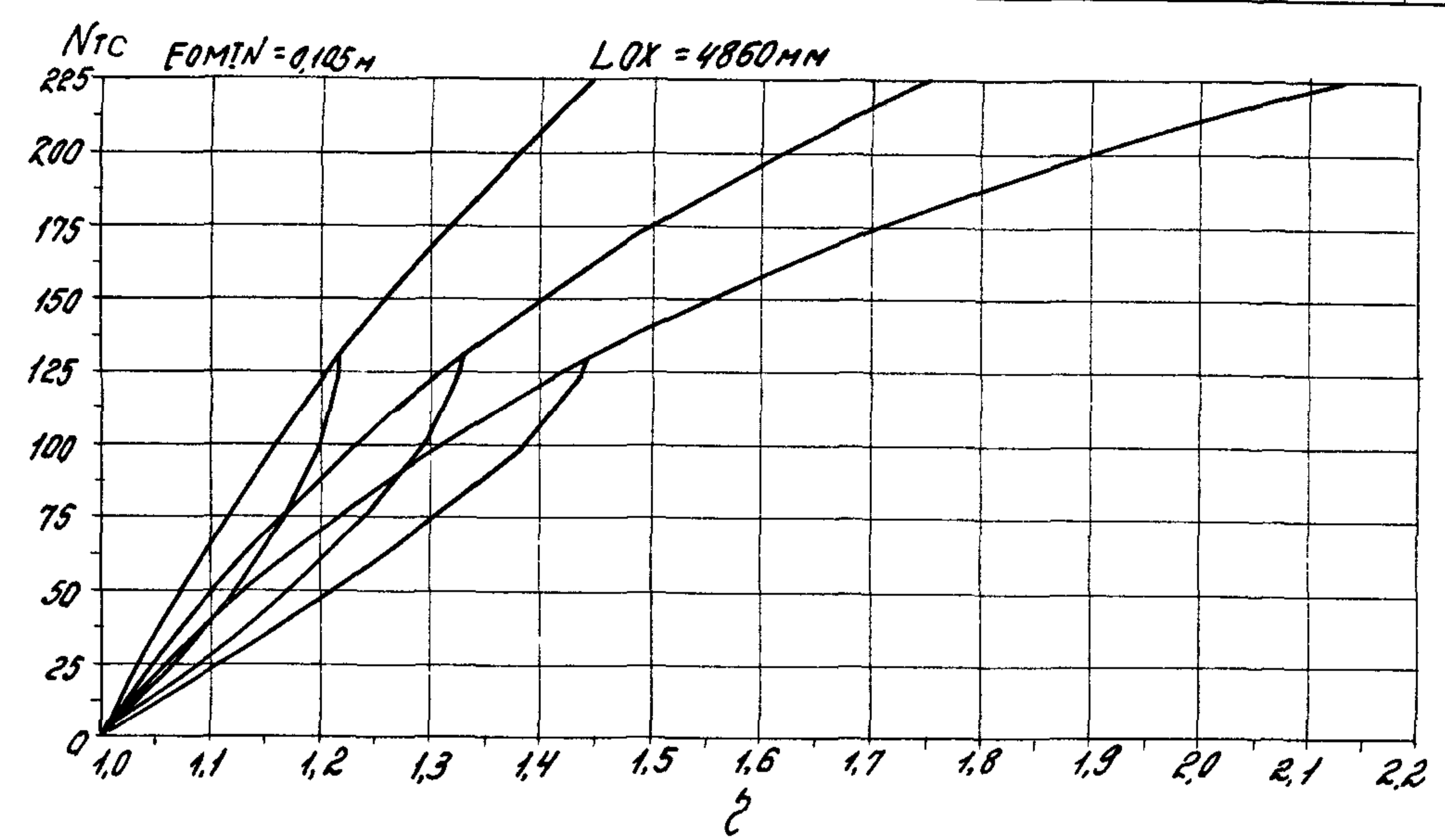
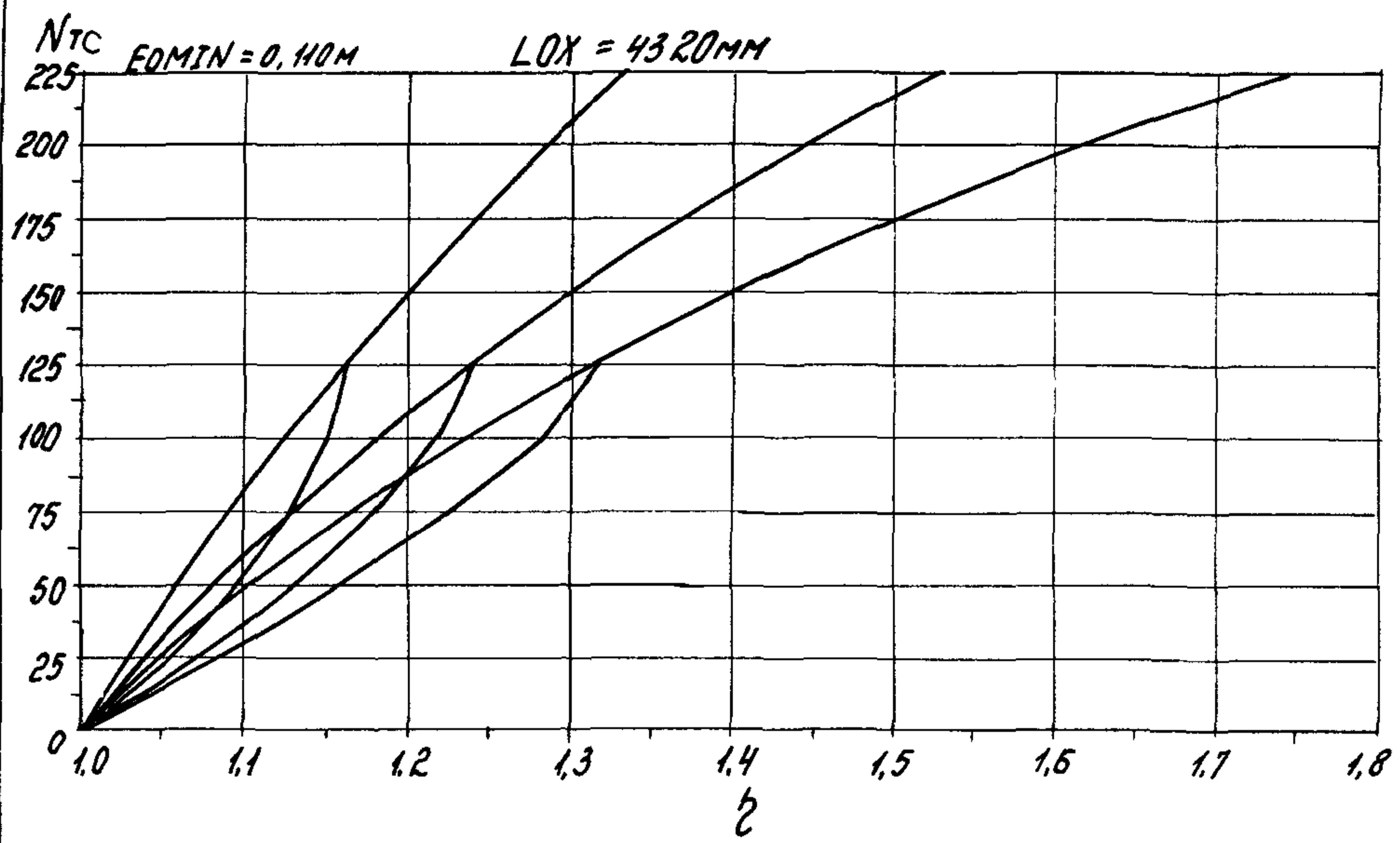




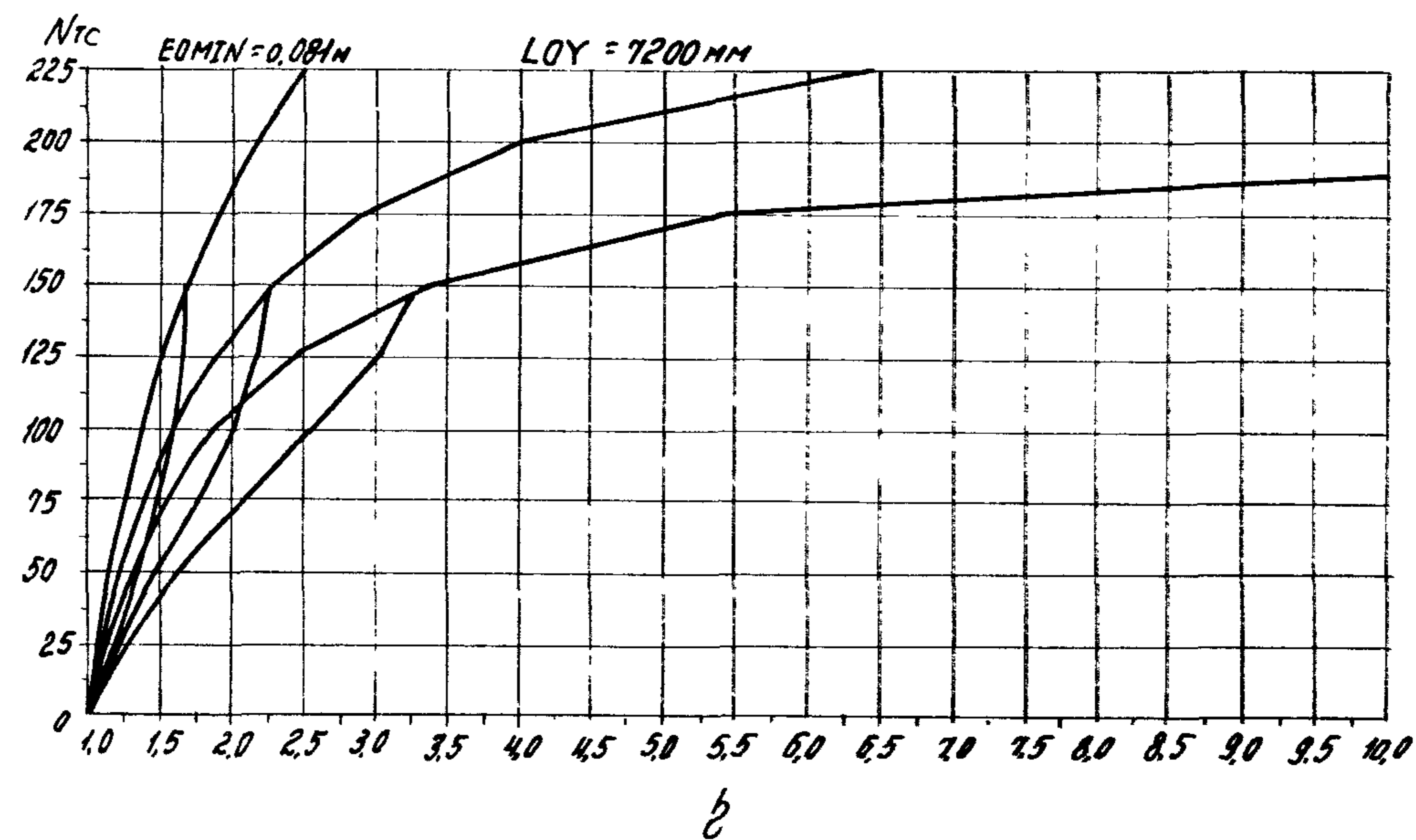
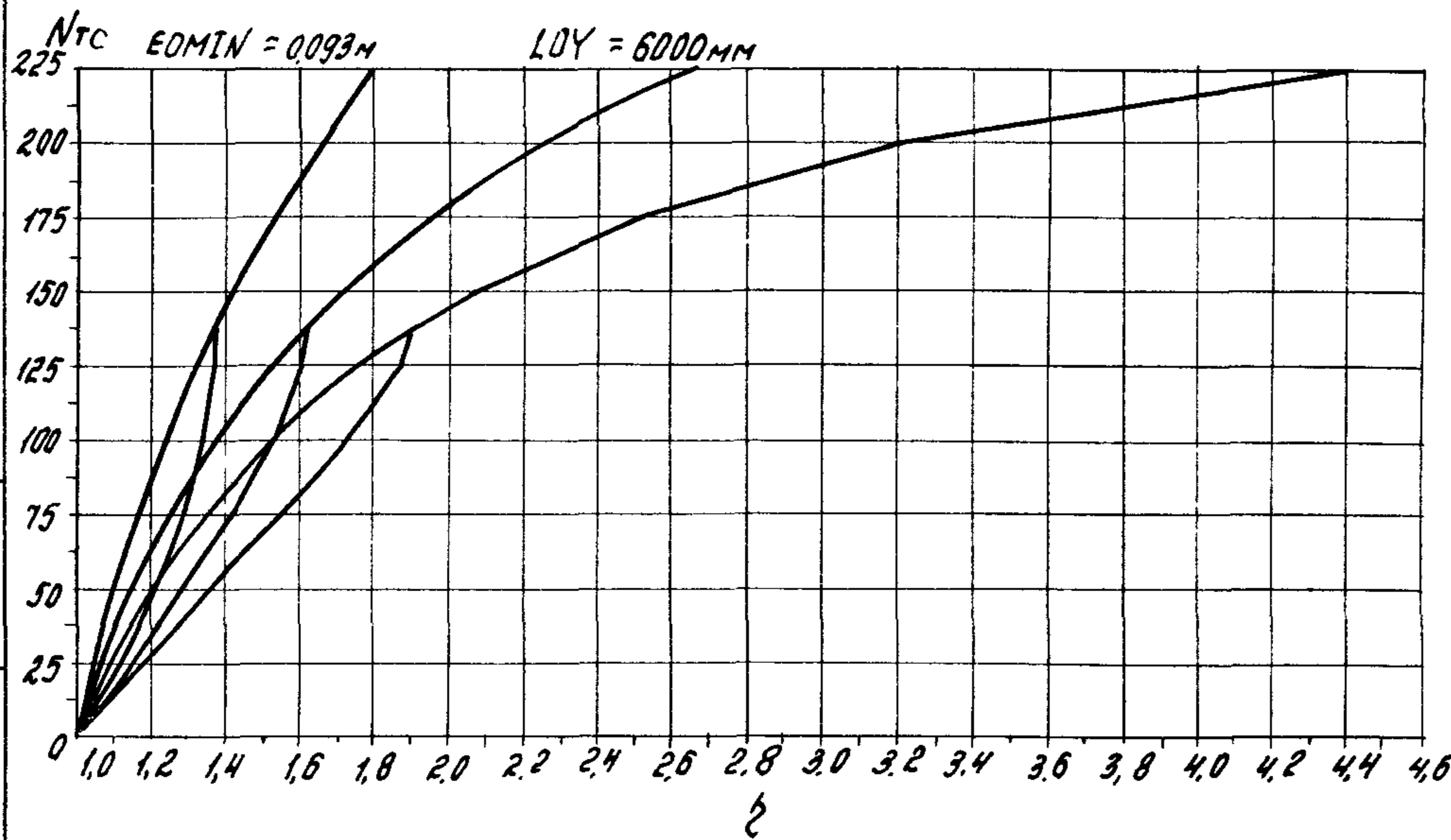
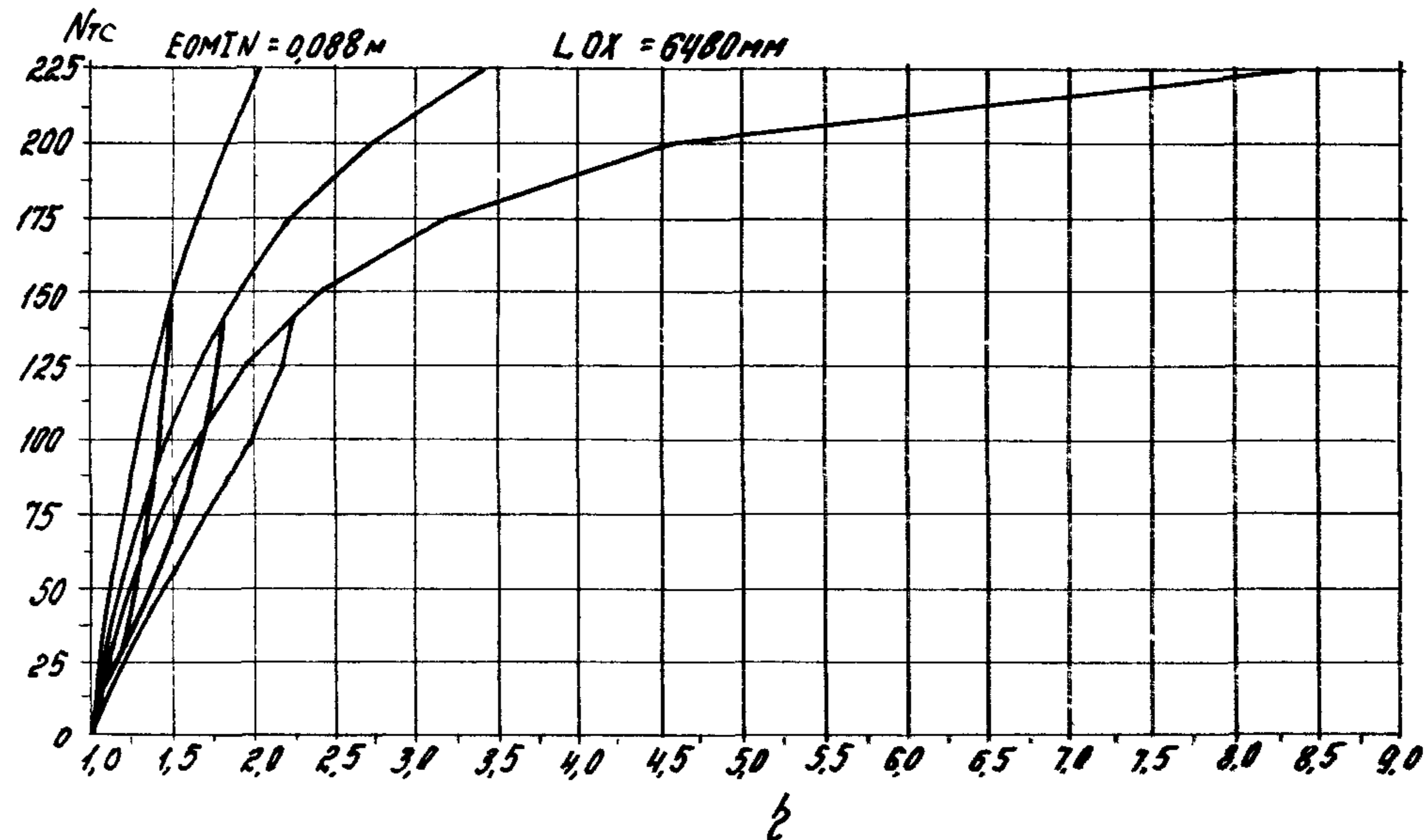
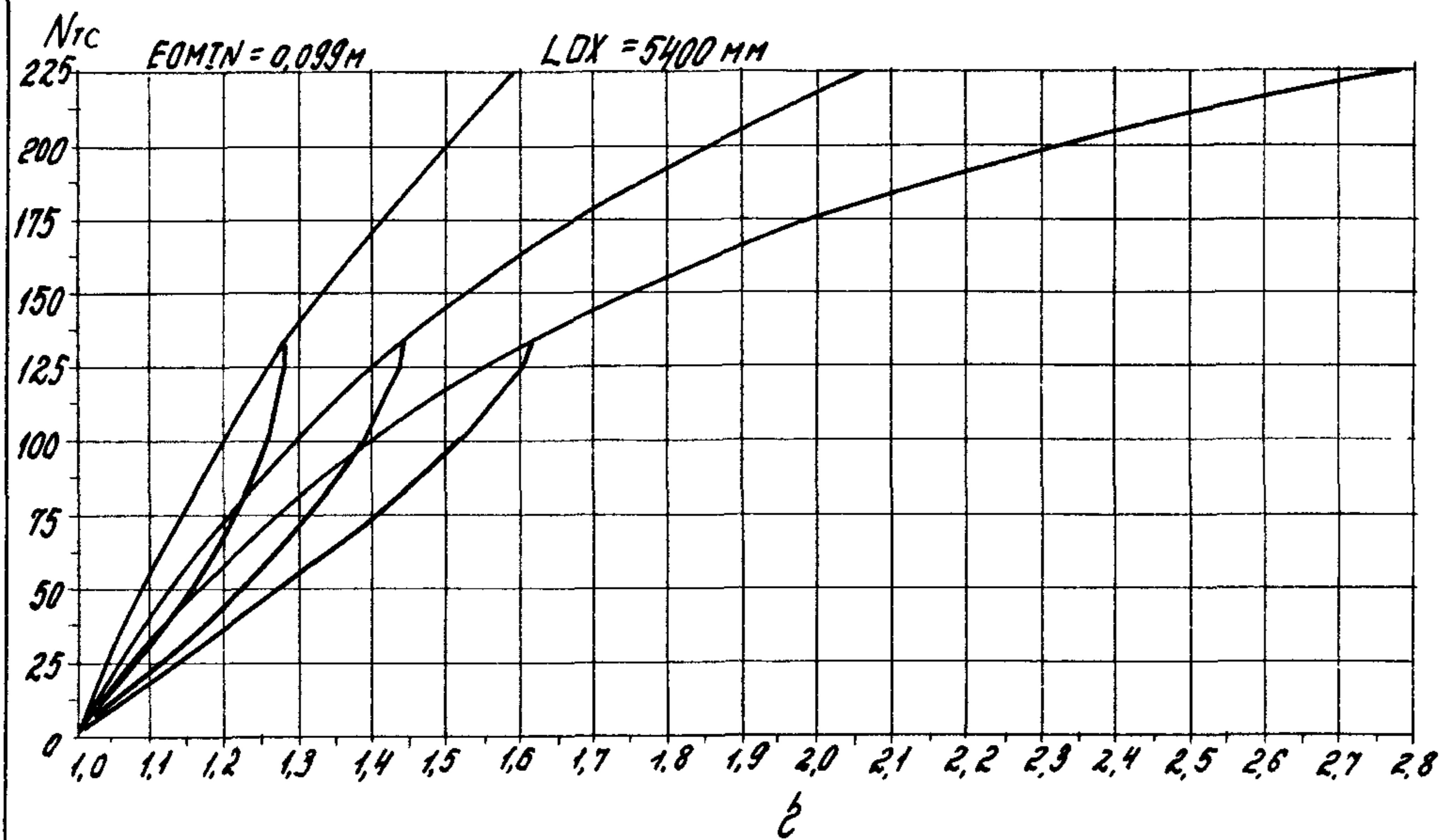
Класс бетона В22,5 ($R_b = 11,7 \text{ МПа}$ при учете $\gamma_{b2} = 0,90$)
 Сталь АТ-IVС
 Код сечения - 104δ

Инв. № подл. Подпись и дата
 Взам. инв. №

1.020.1-4 09 002 29

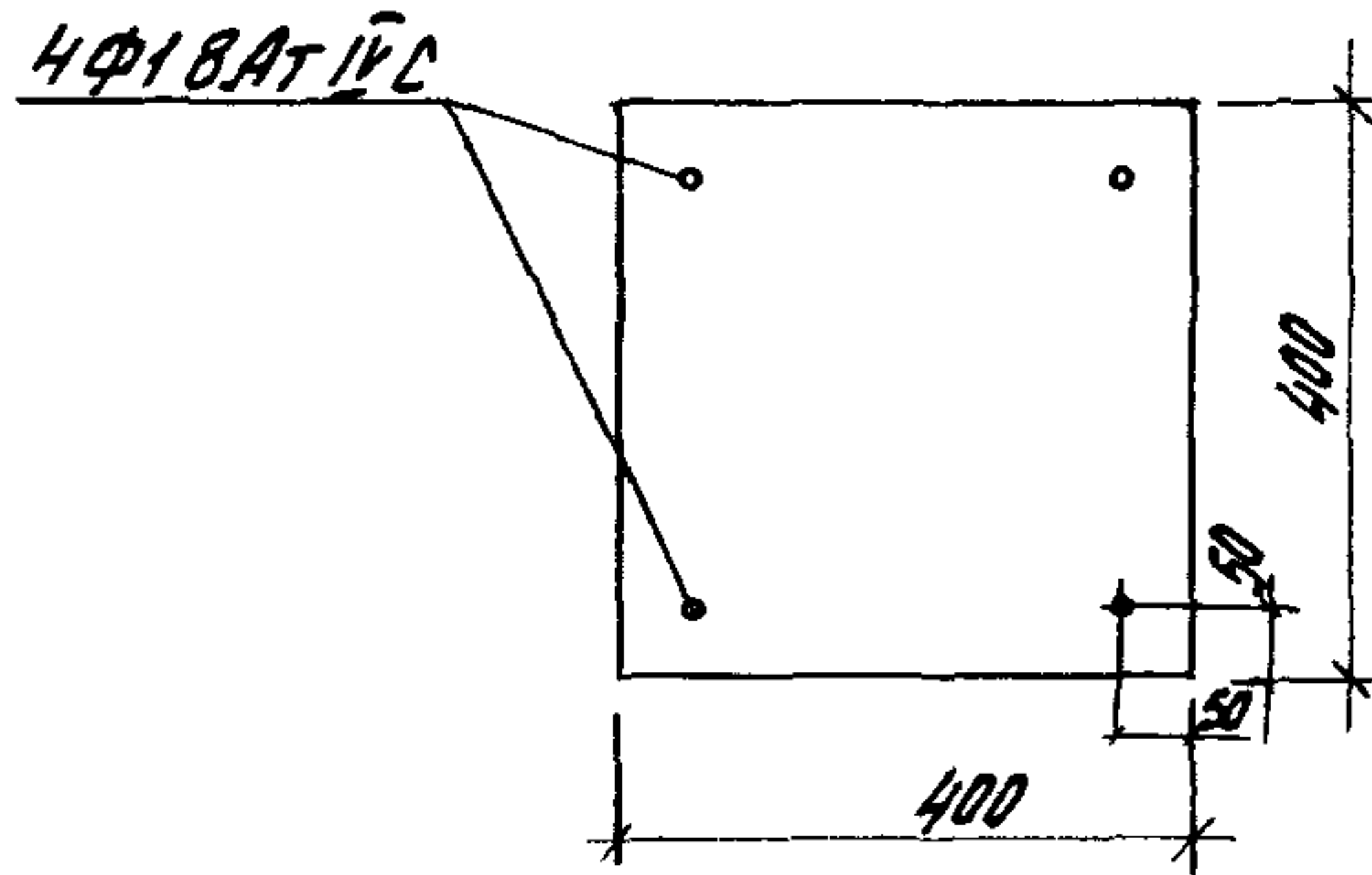
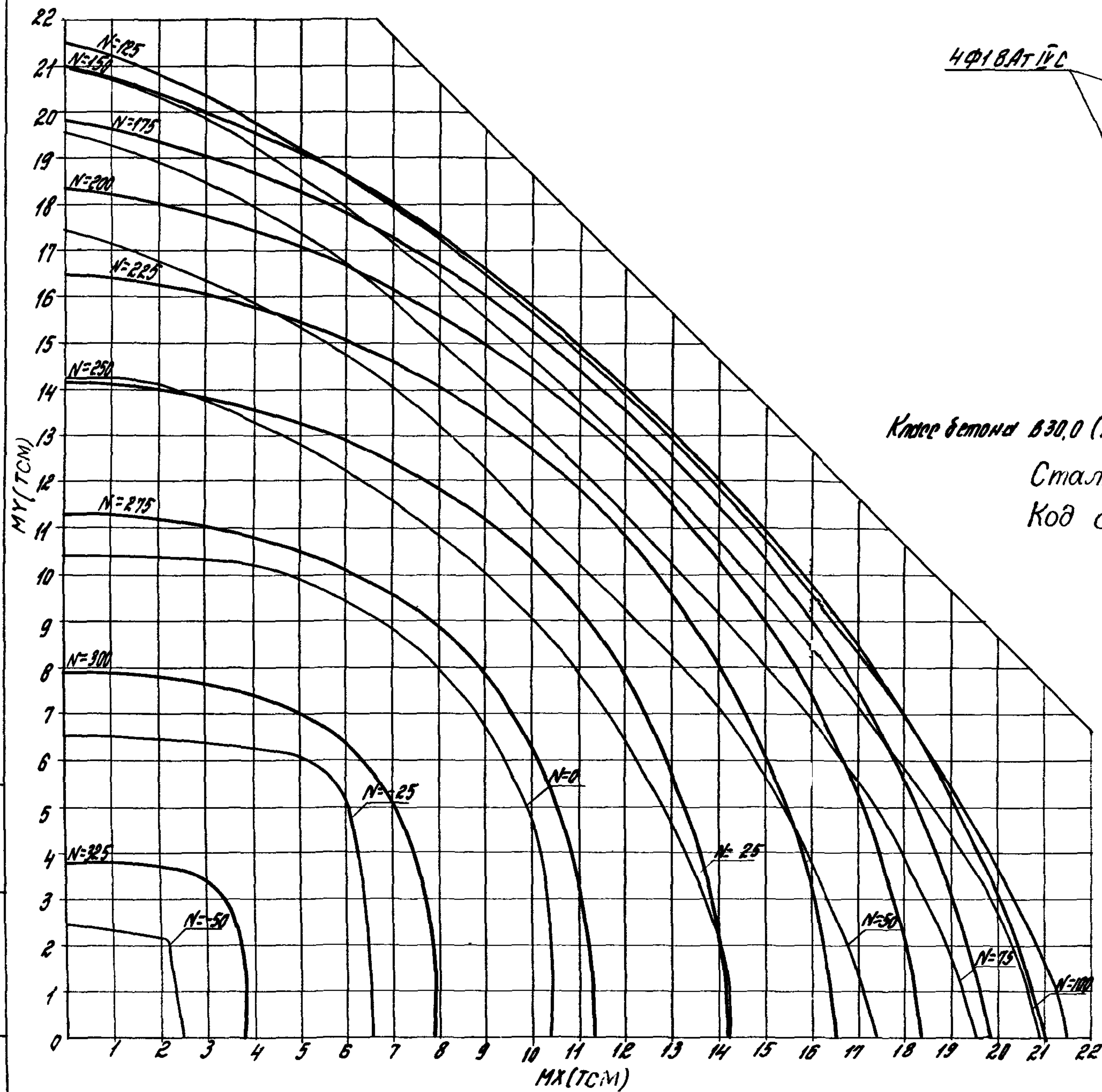


УЧЕТ ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗМЕНЕНИЯ ДЛИНЫ



Лист № подл. Подпись и дата

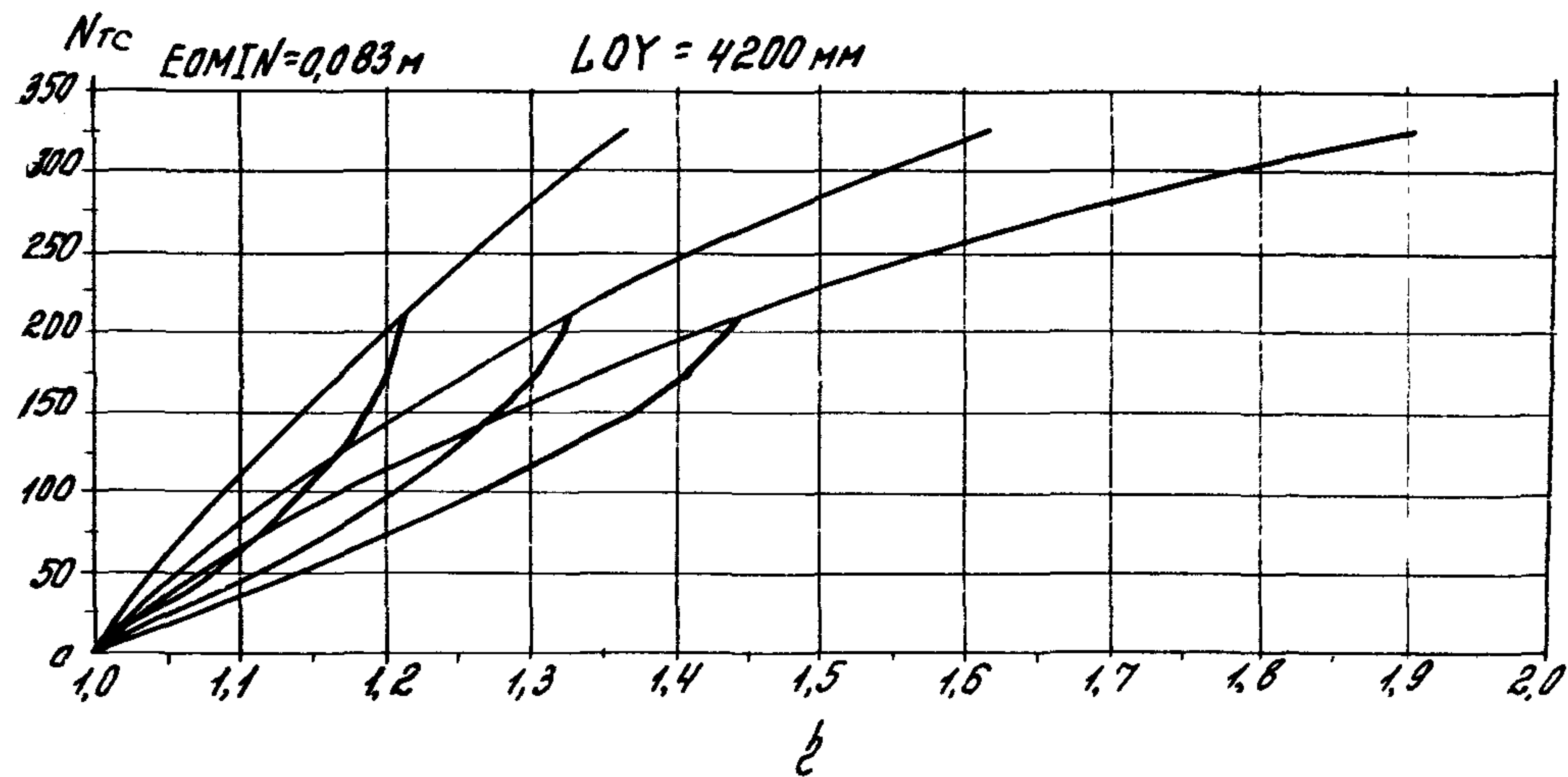
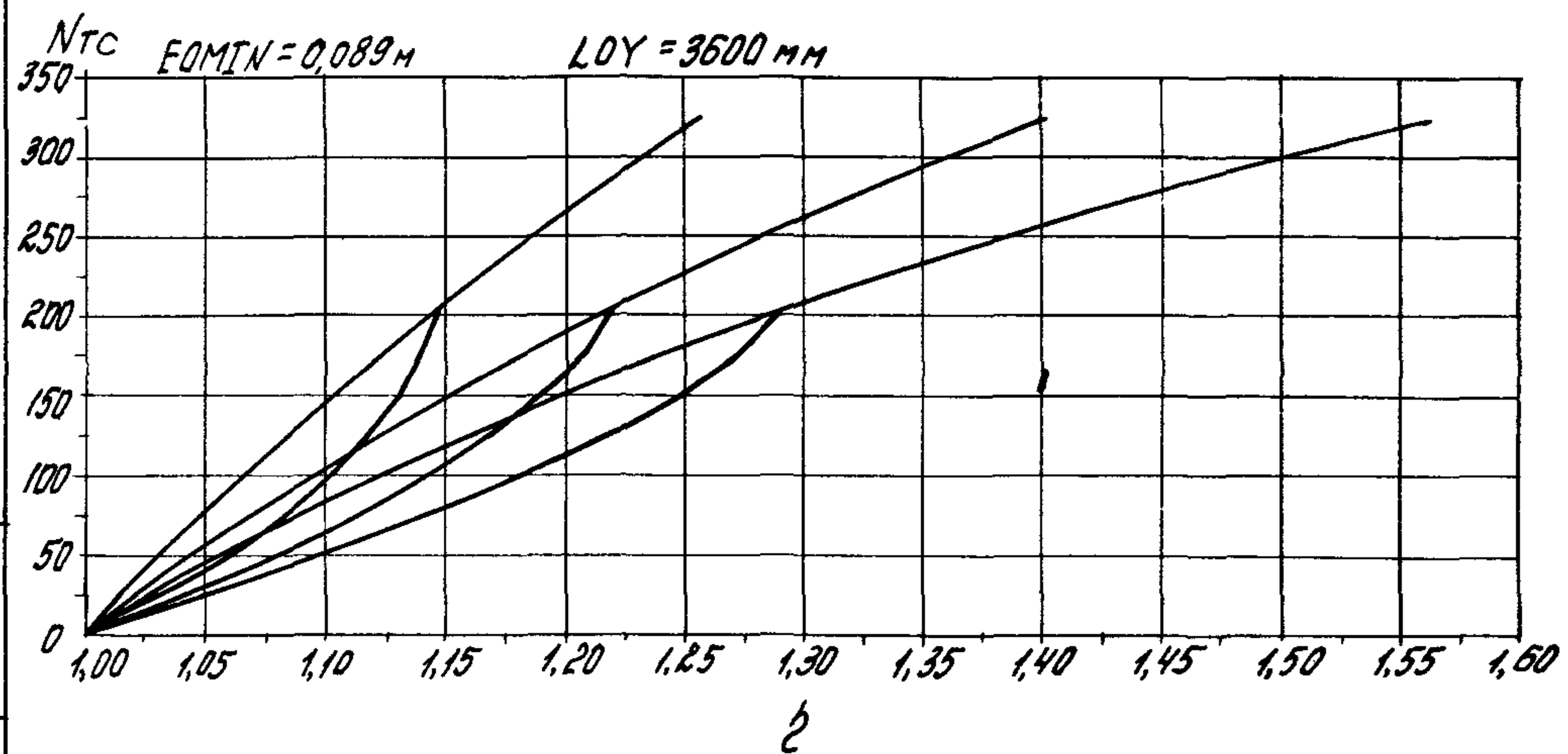
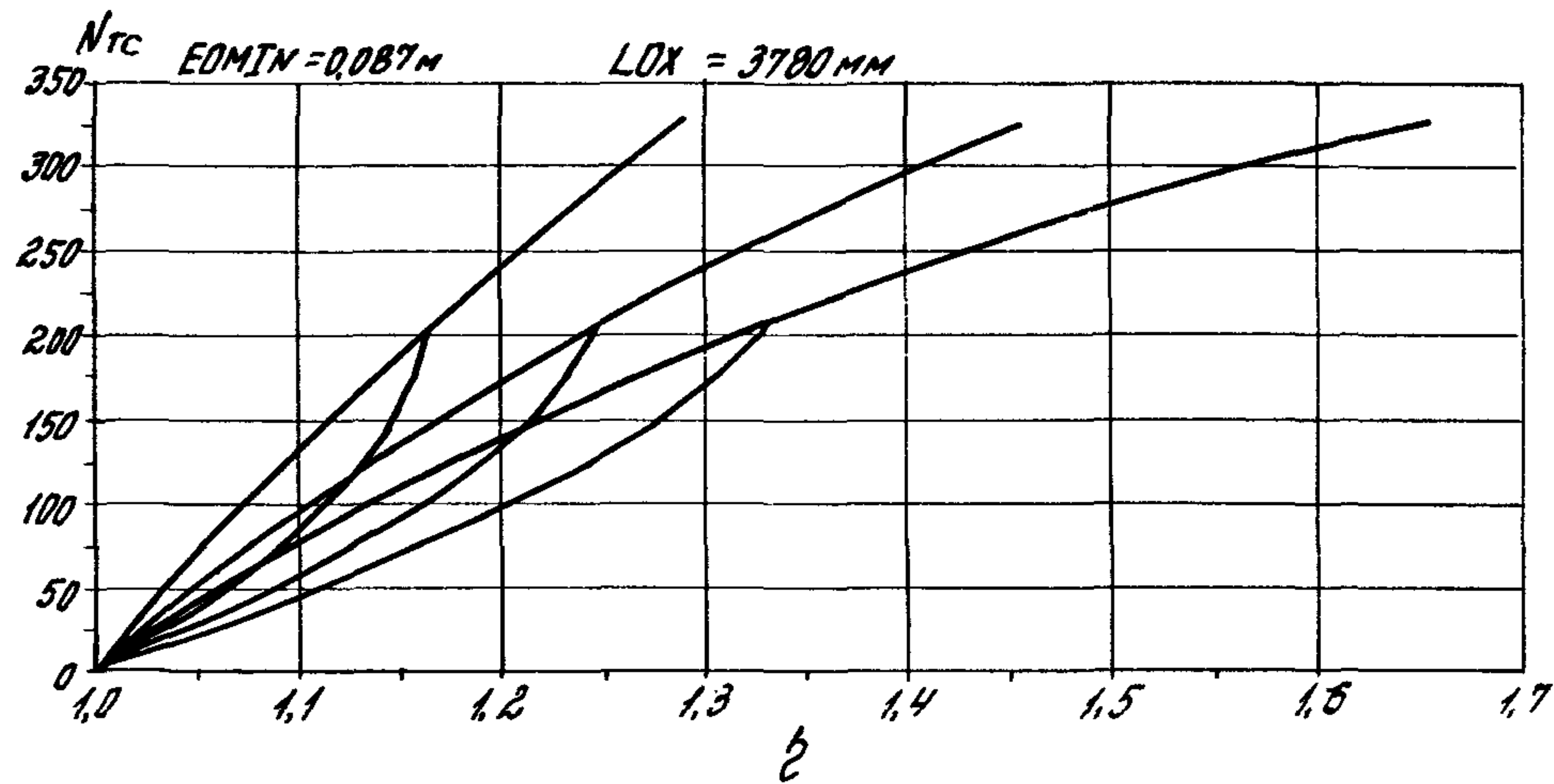
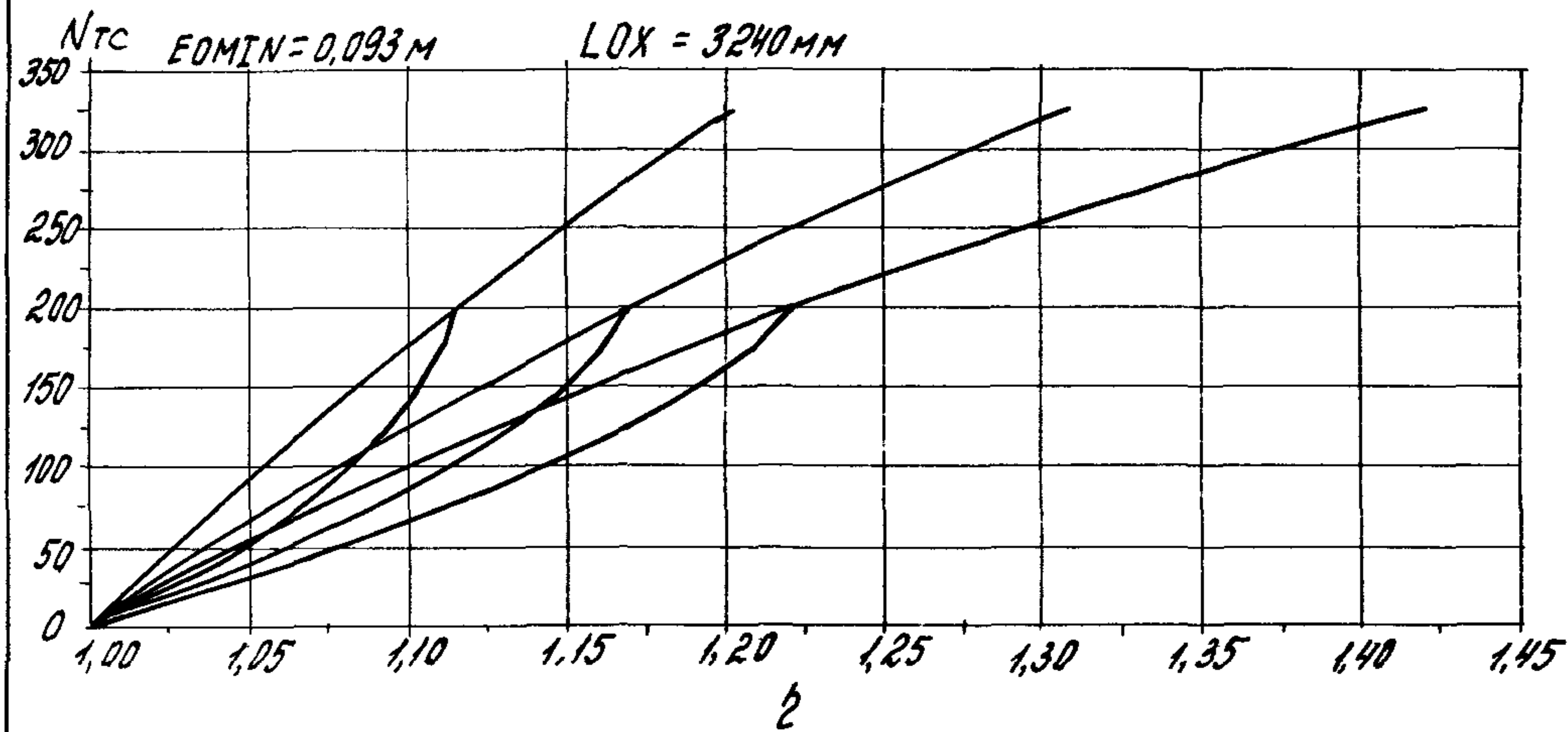
Взам. инв. №



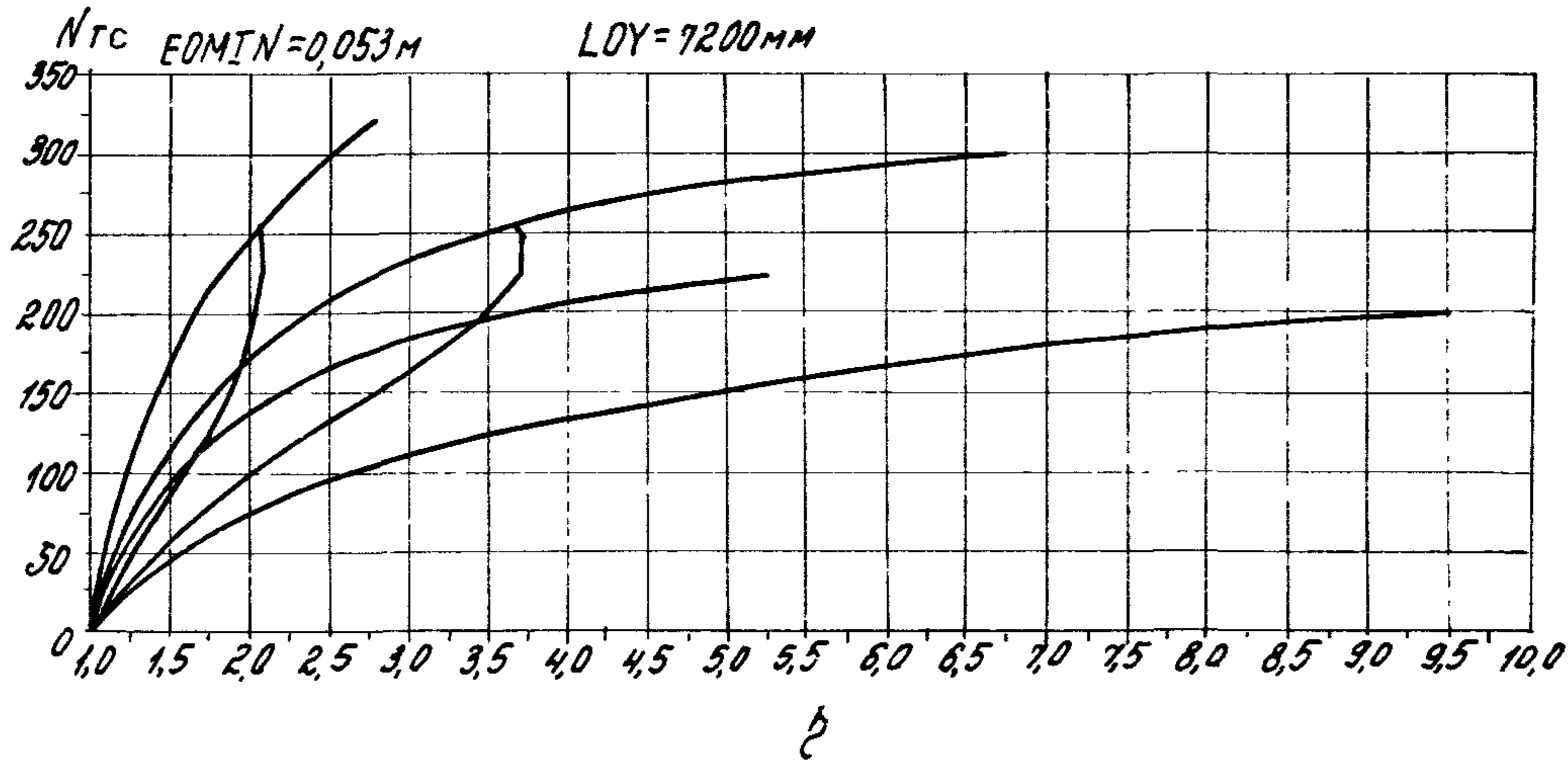
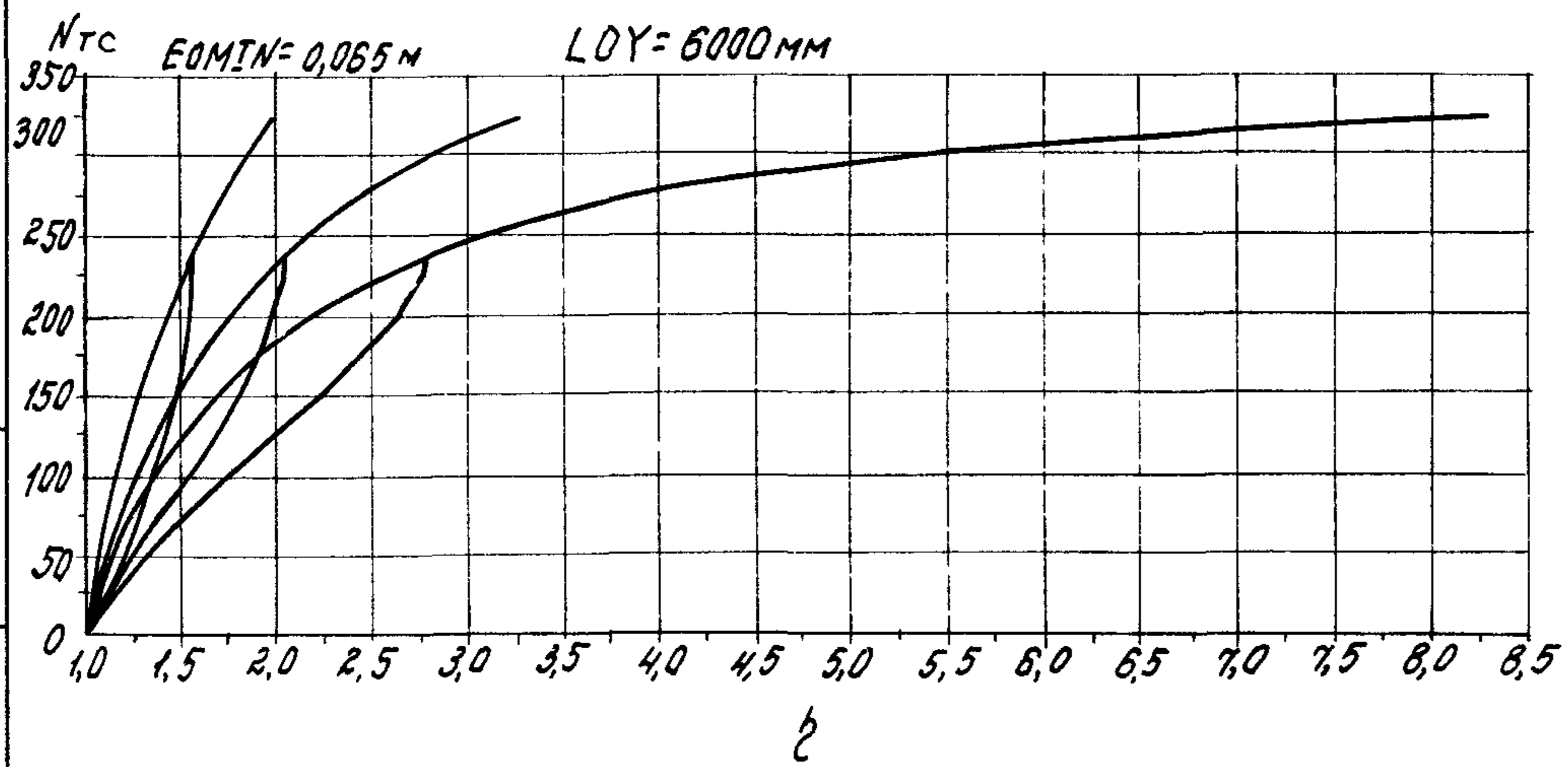
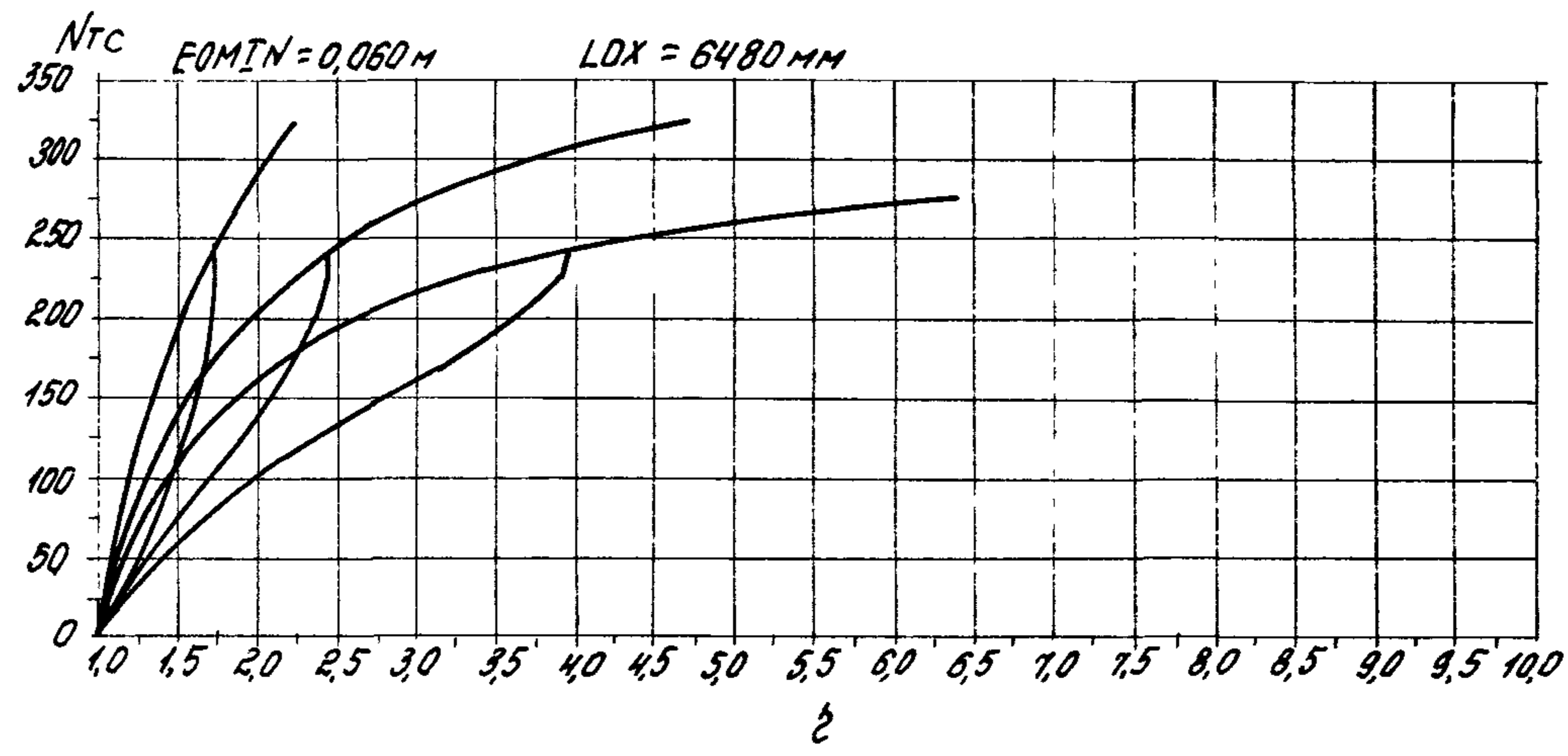
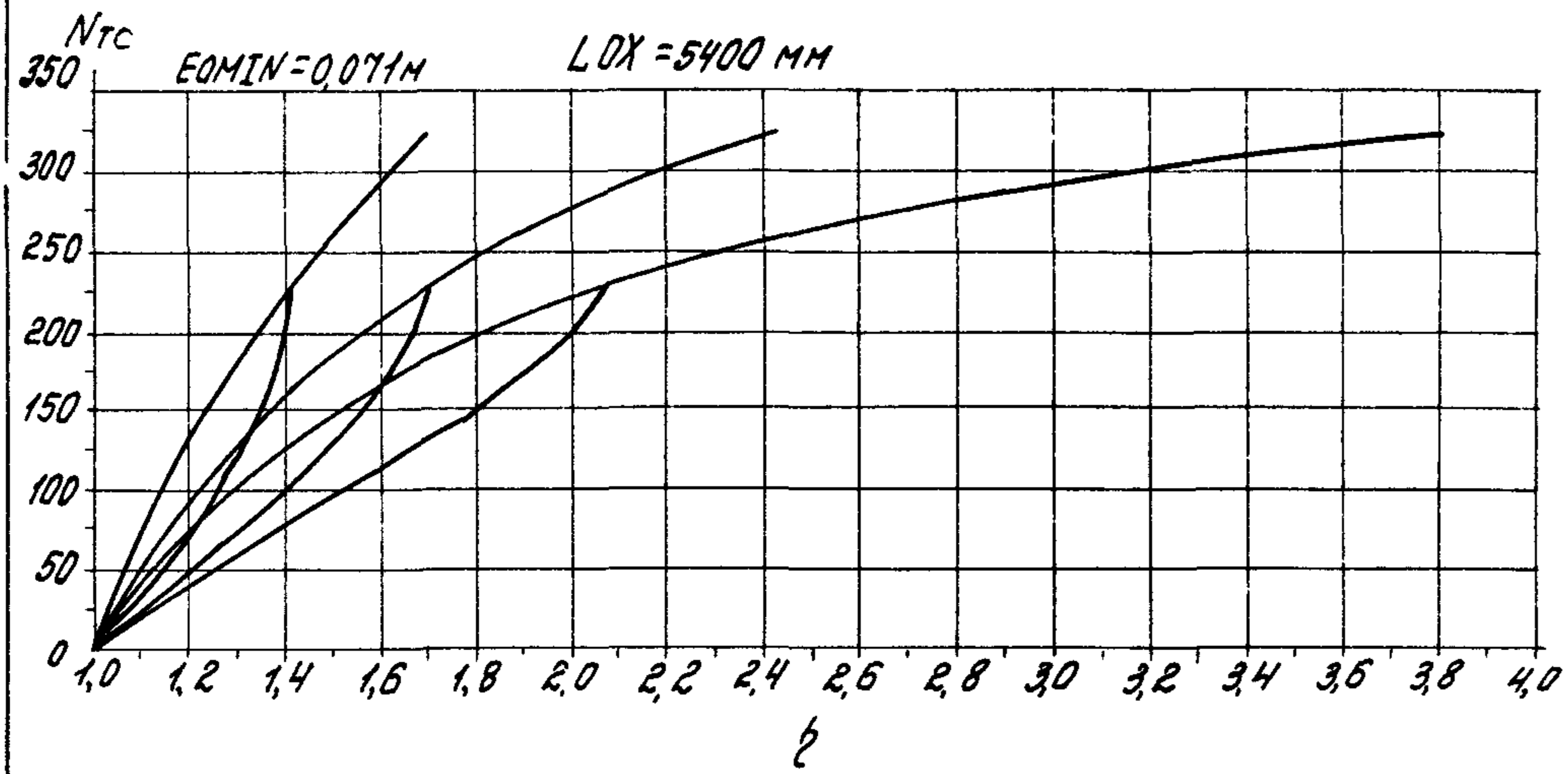
Класс бетона В30,0 ($R_b = 18,7$ МПа при учете $\gamma_{R2} = 1,10$)
 Сталь Ат-IVС
 Код сечения -105а

Лист N 001. Подпись и дата. БЭОМ. ИИИ. 10

1.020.1-4	0-9 002	Лист
		33

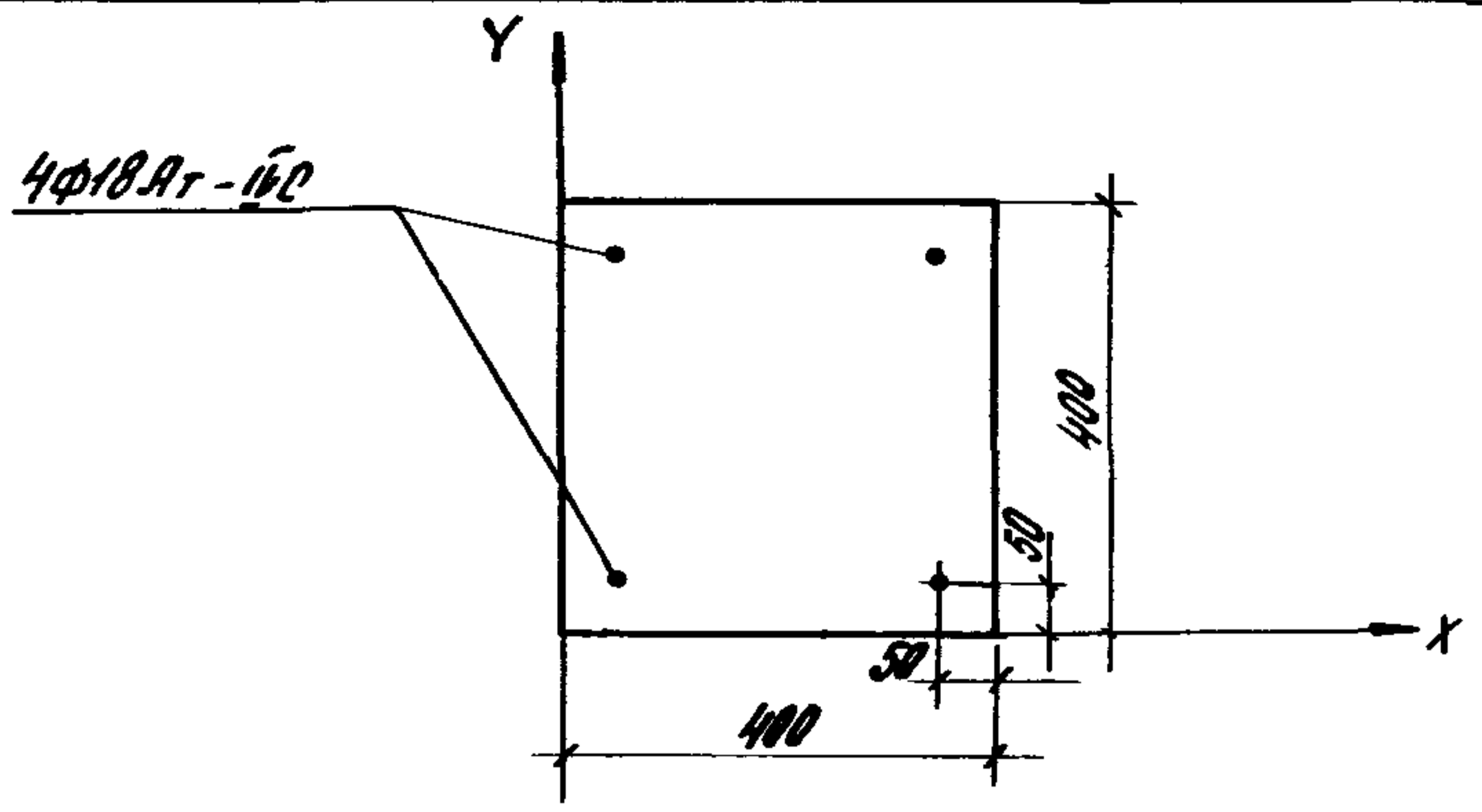
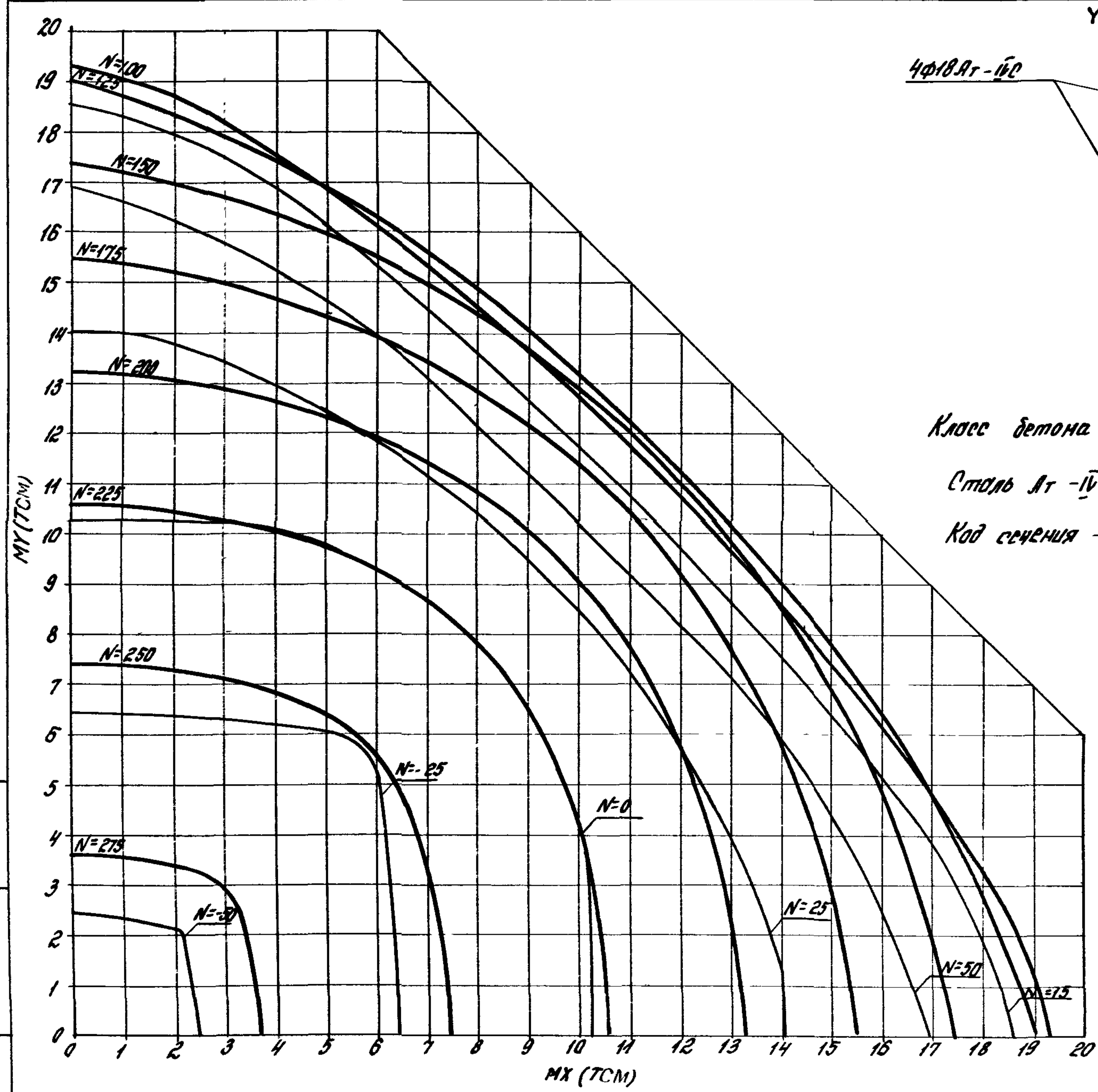


УДР. №. вид. №. 1/100/100-3 и 0000. 8600. 0000. 0000.

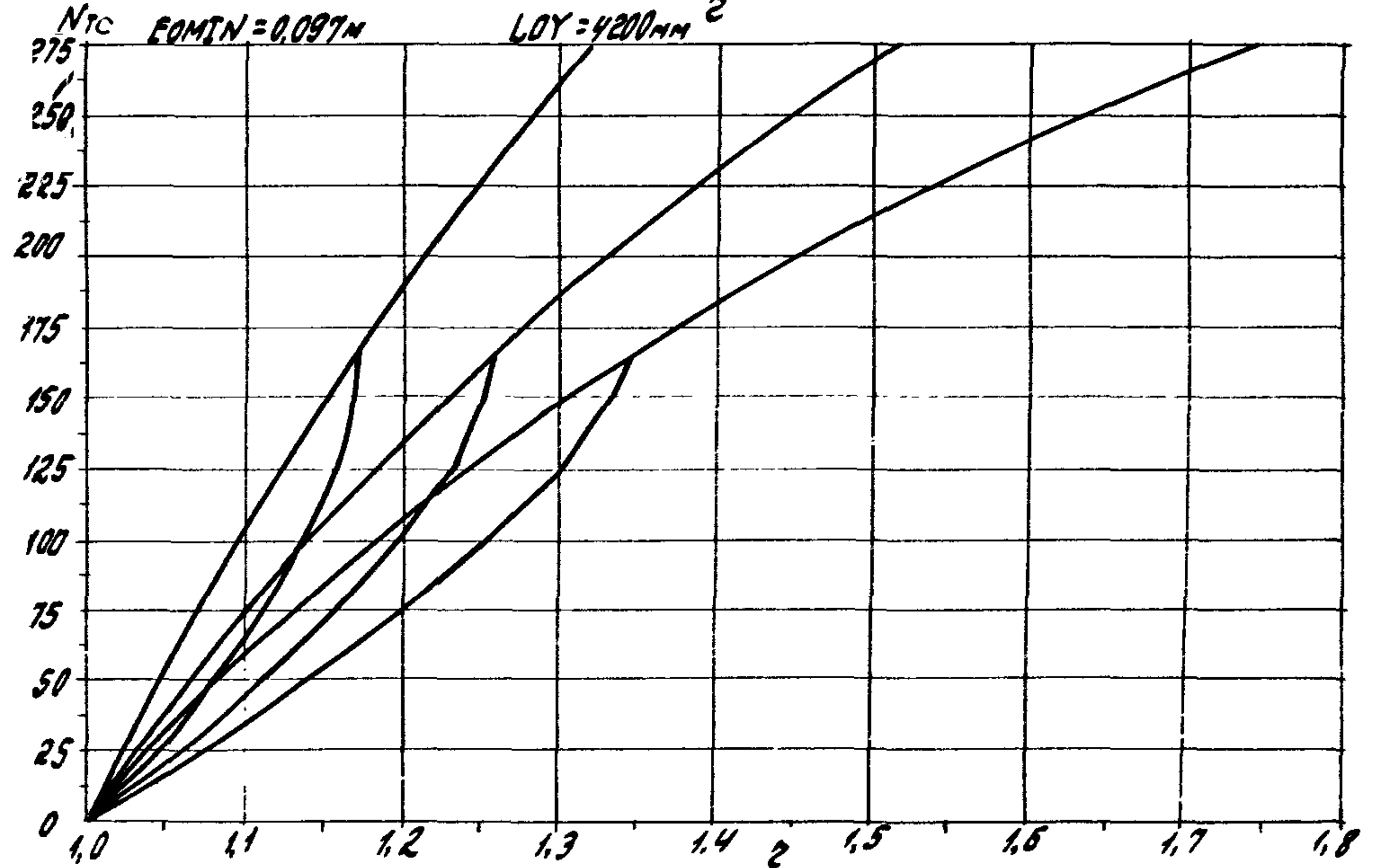
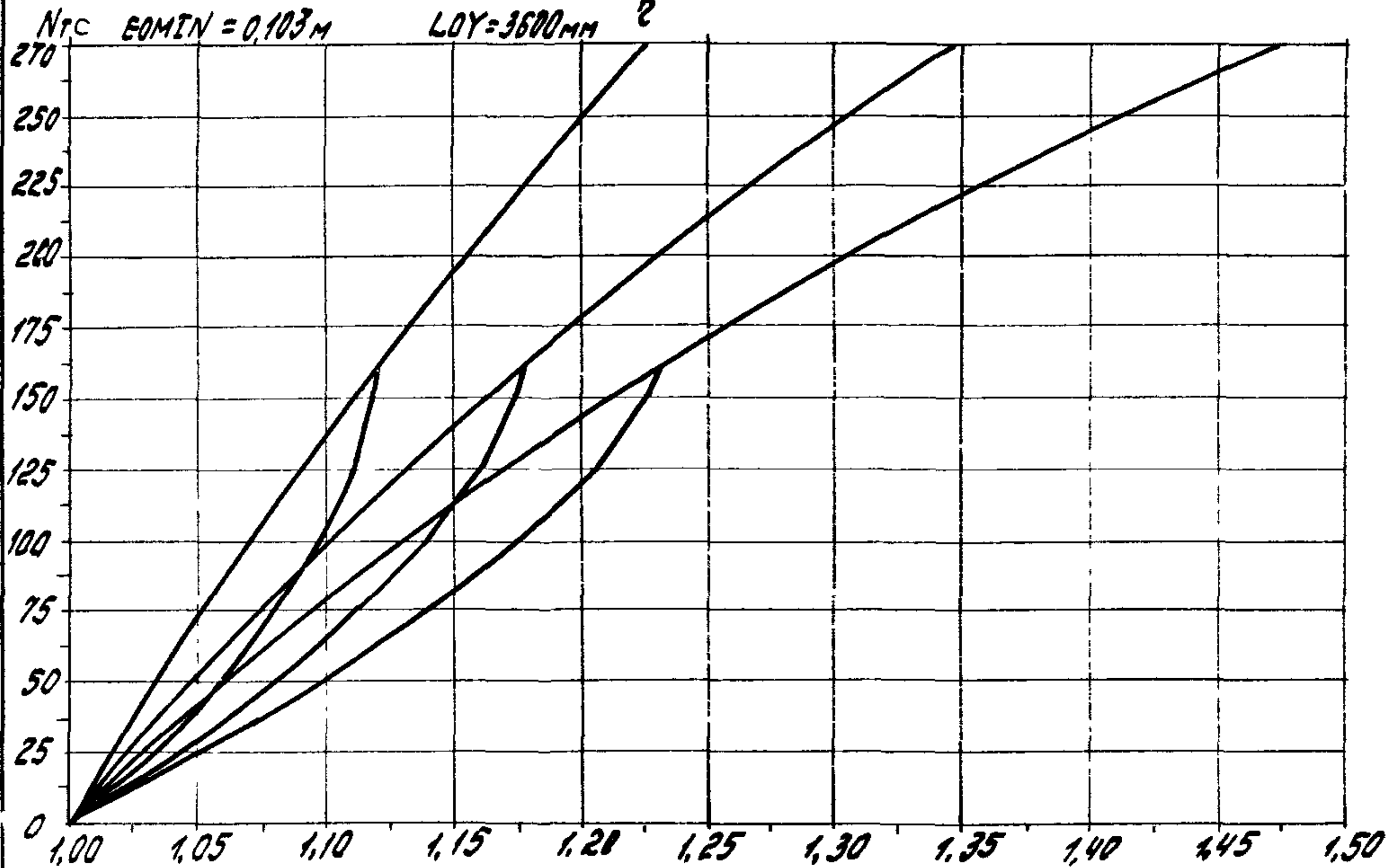
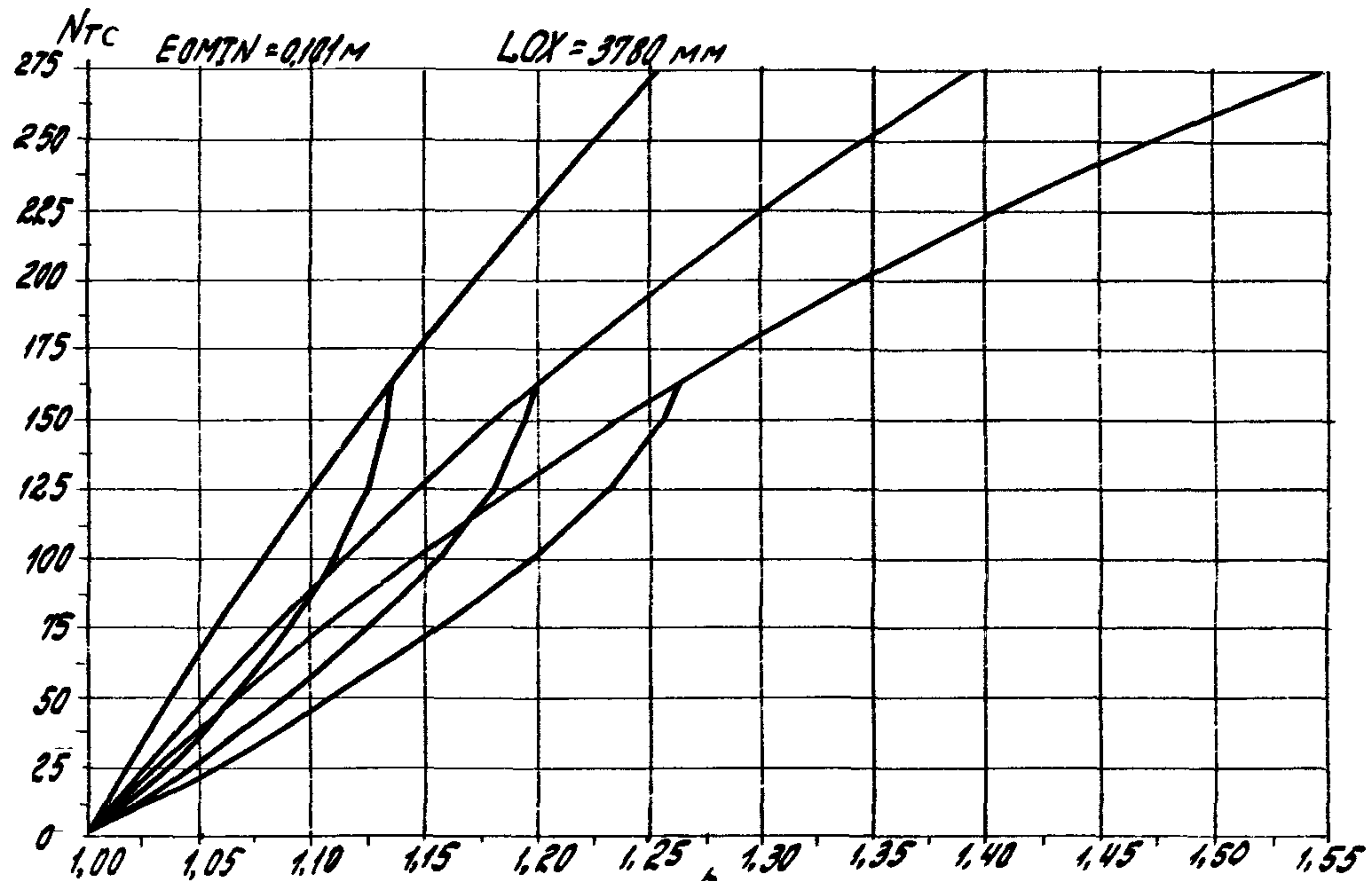
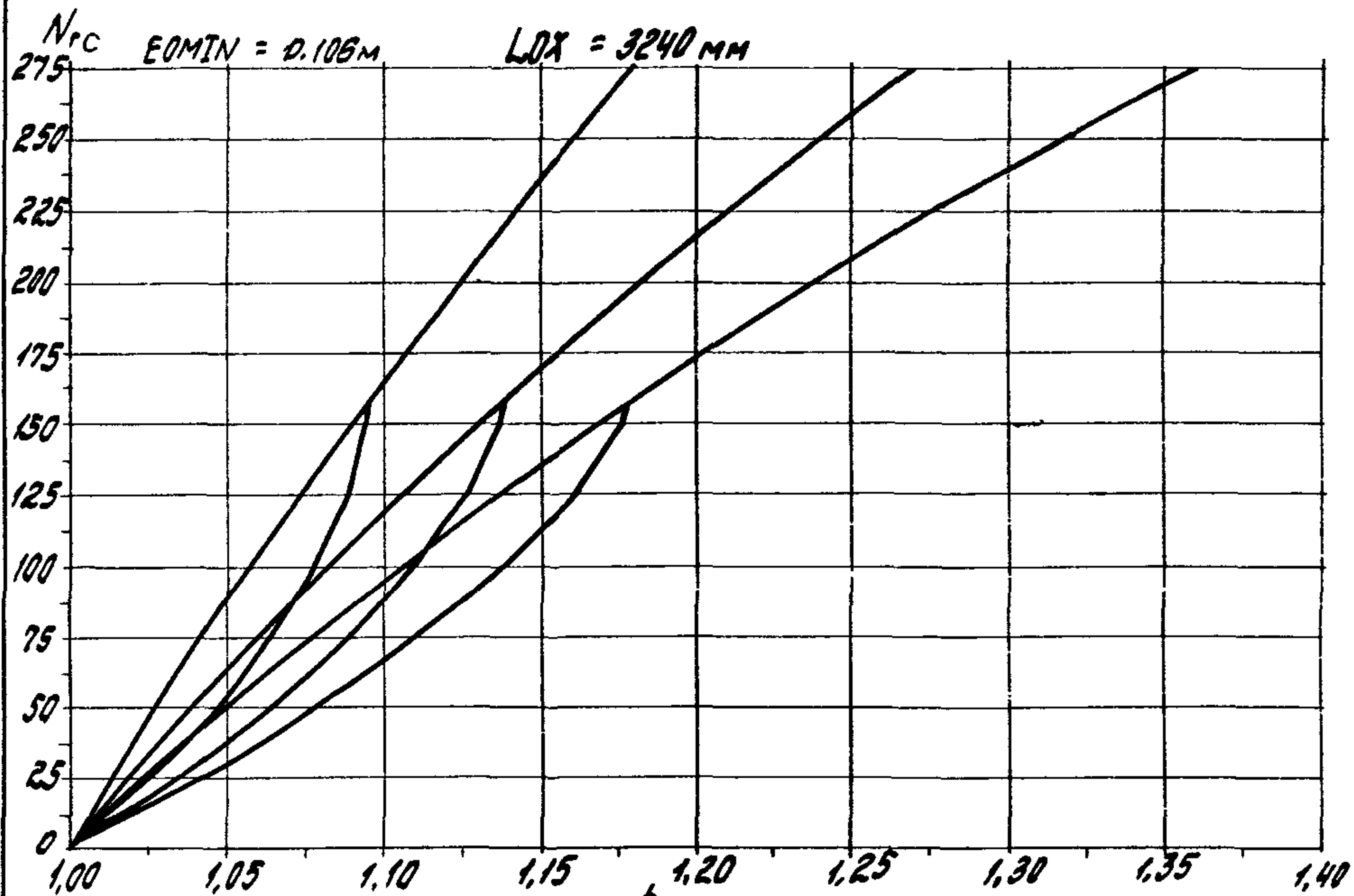


Шиб. № табл. 1
 Подпись и дата
 Взам. инв. №

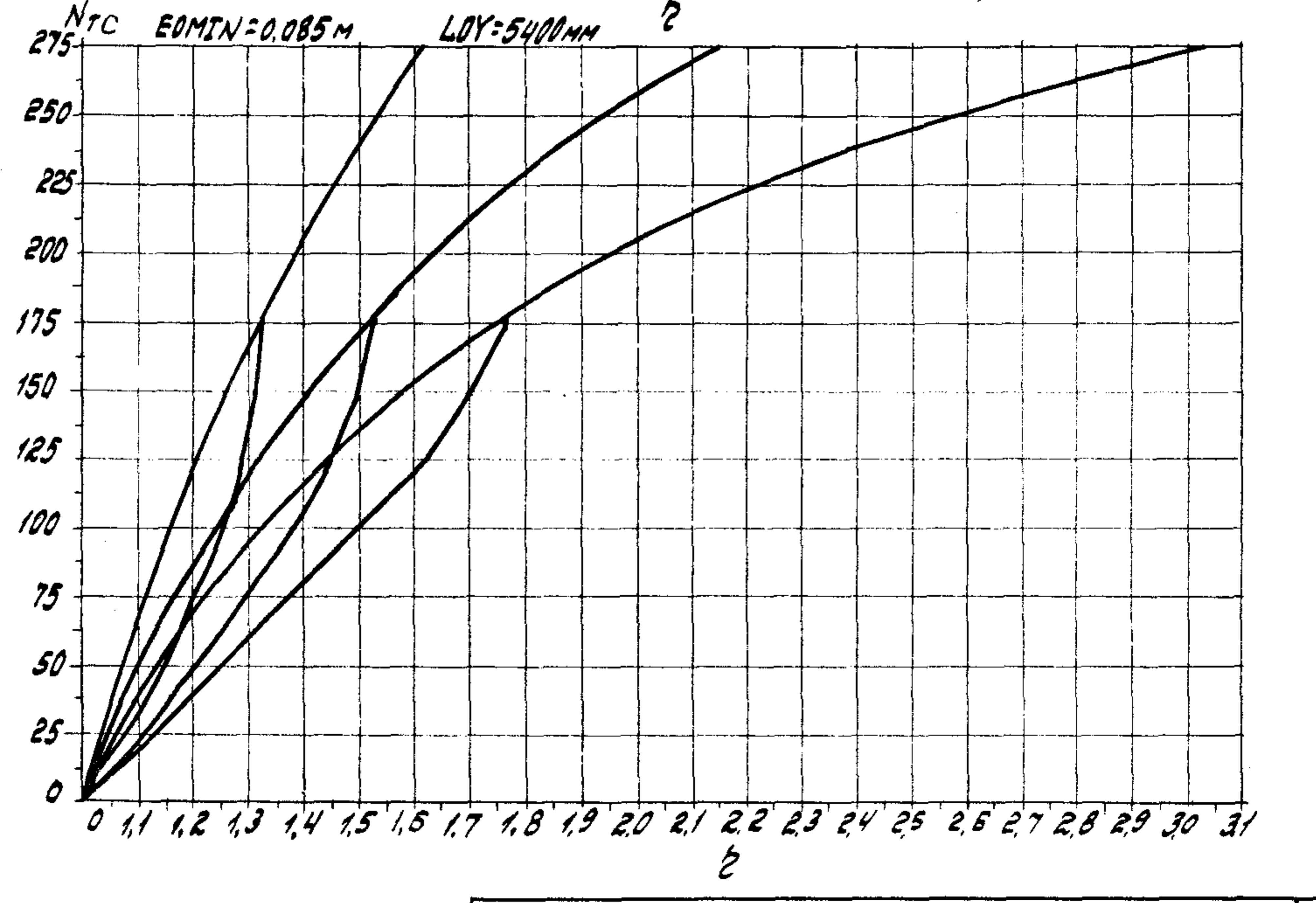
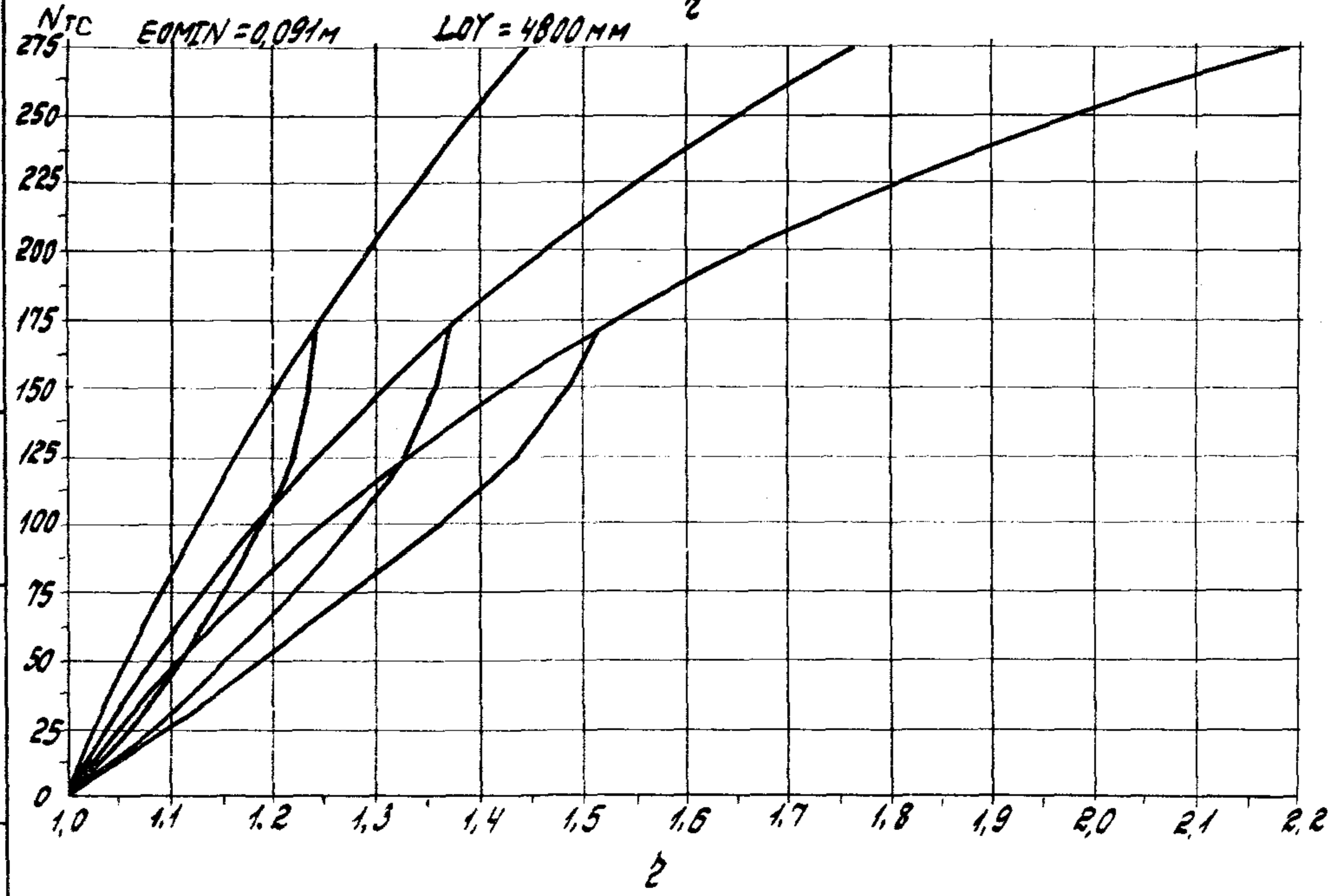
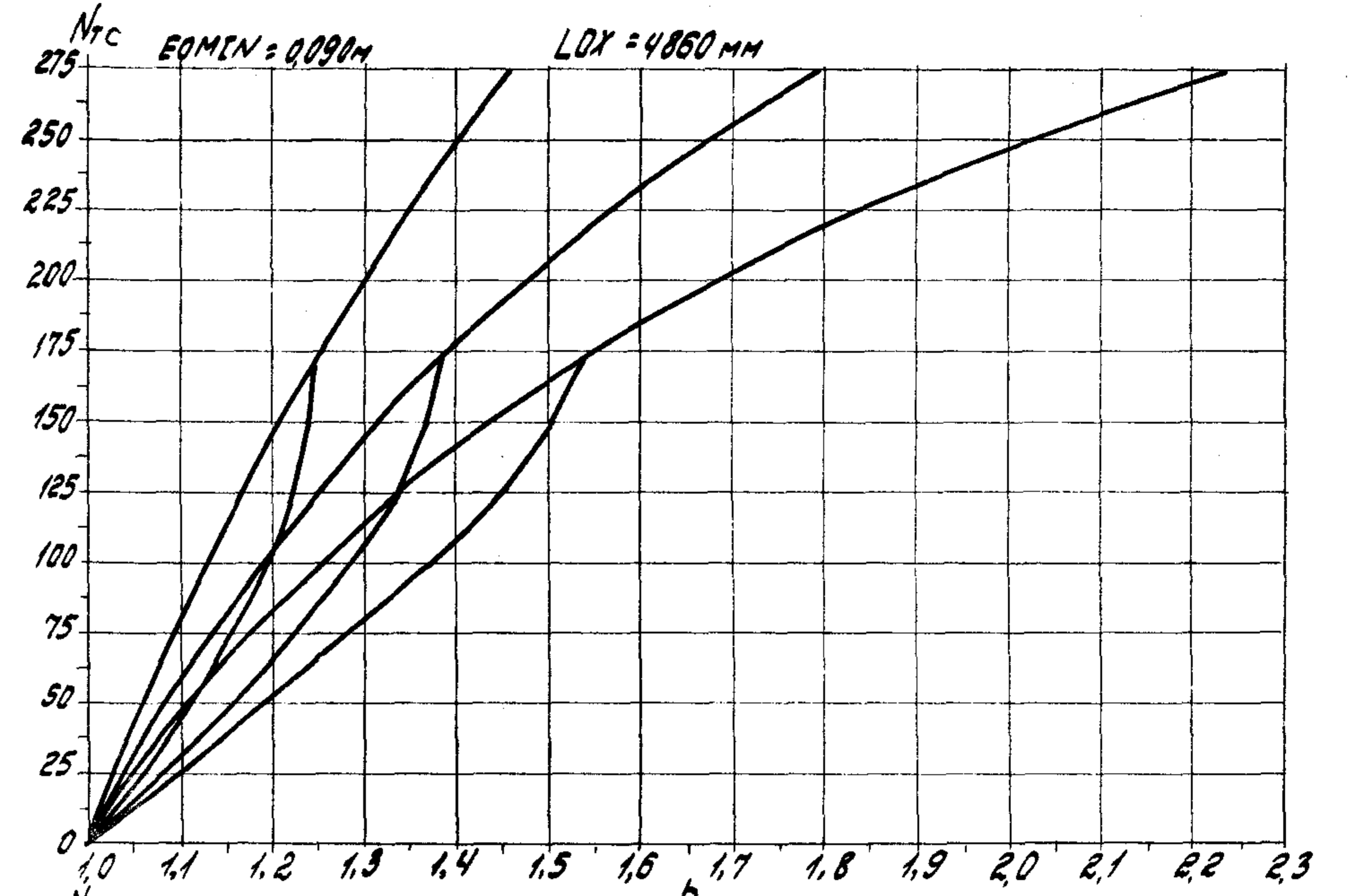
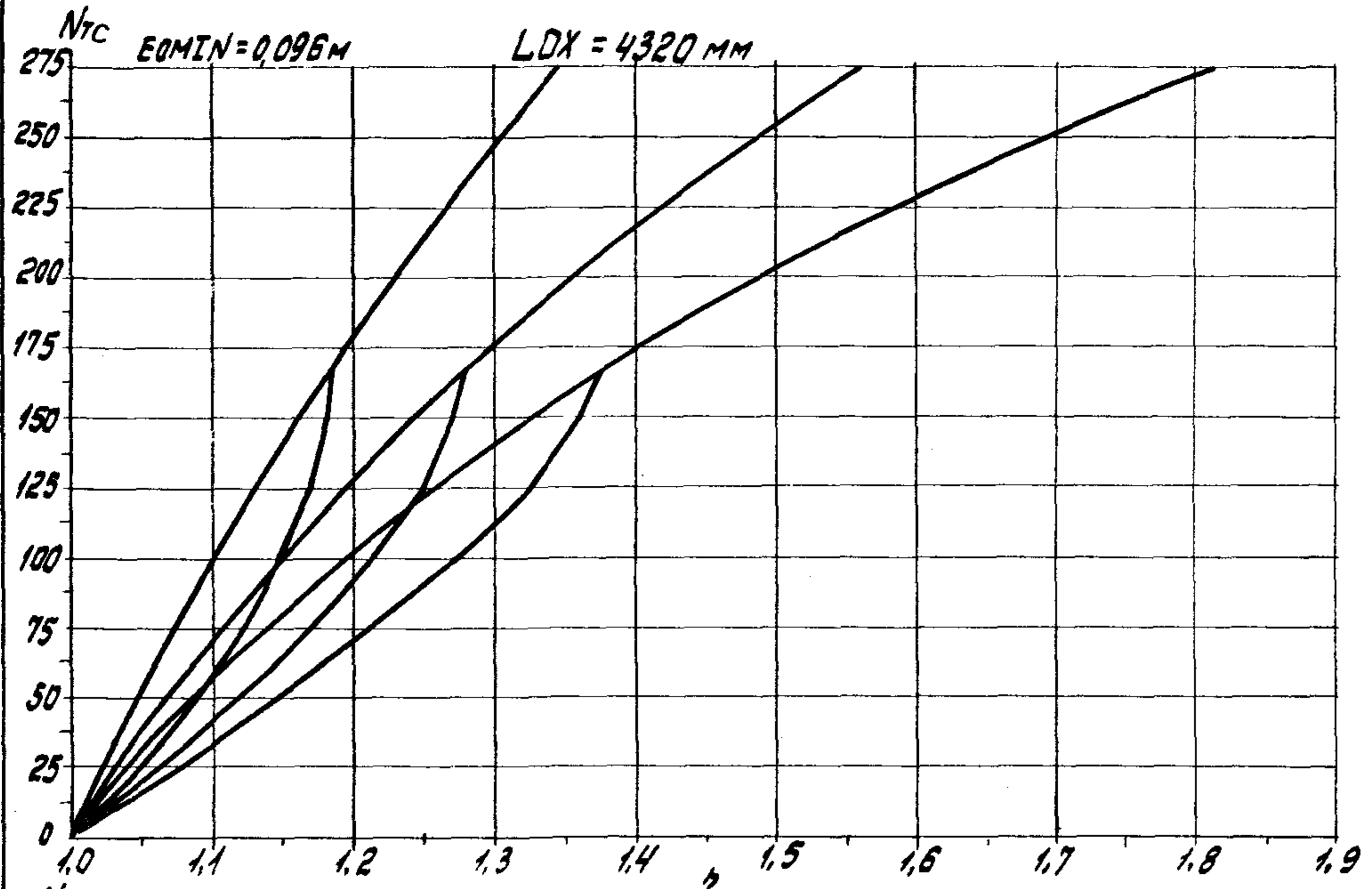
Эл. № подл. Подпись и дата Взам. инв. №

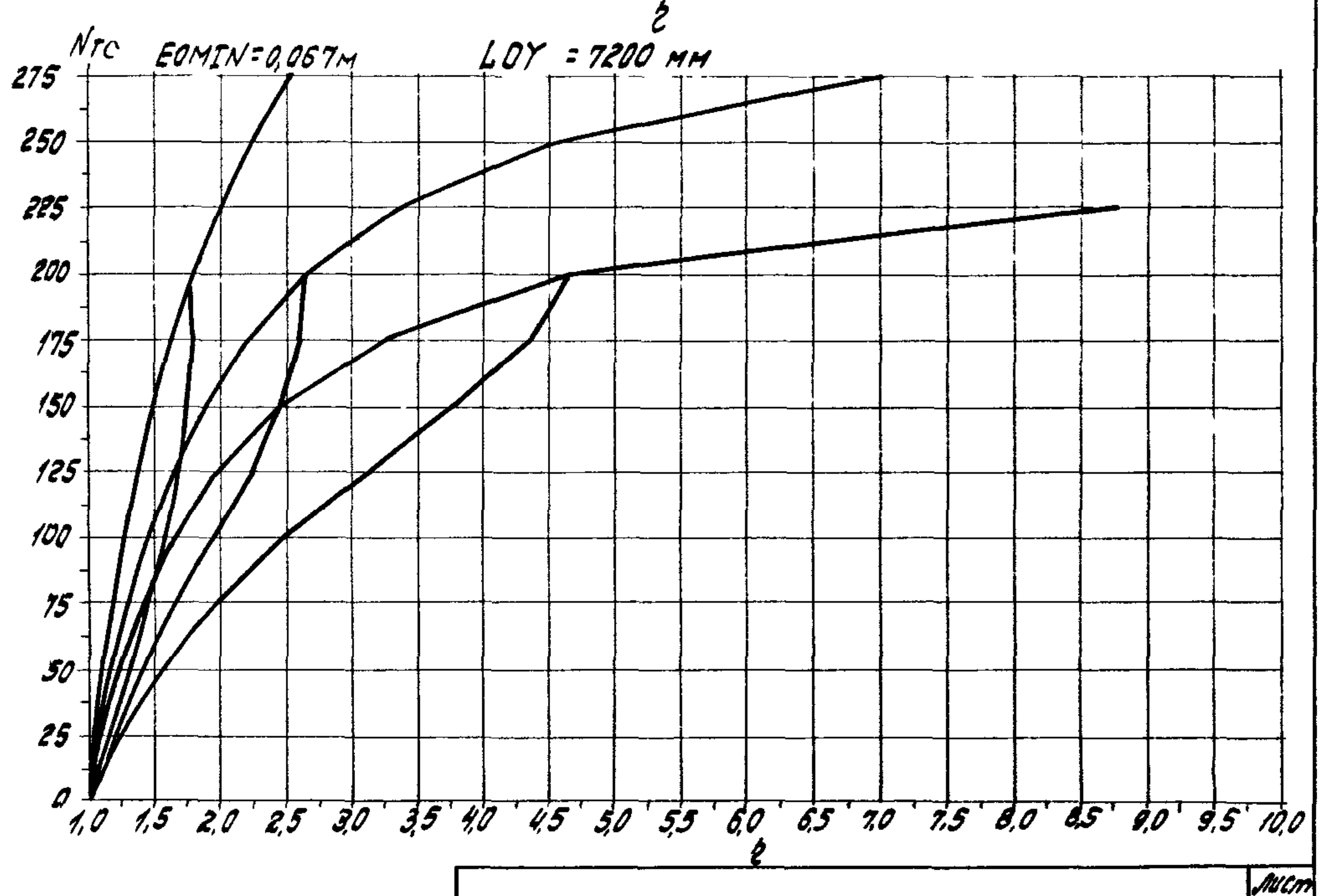
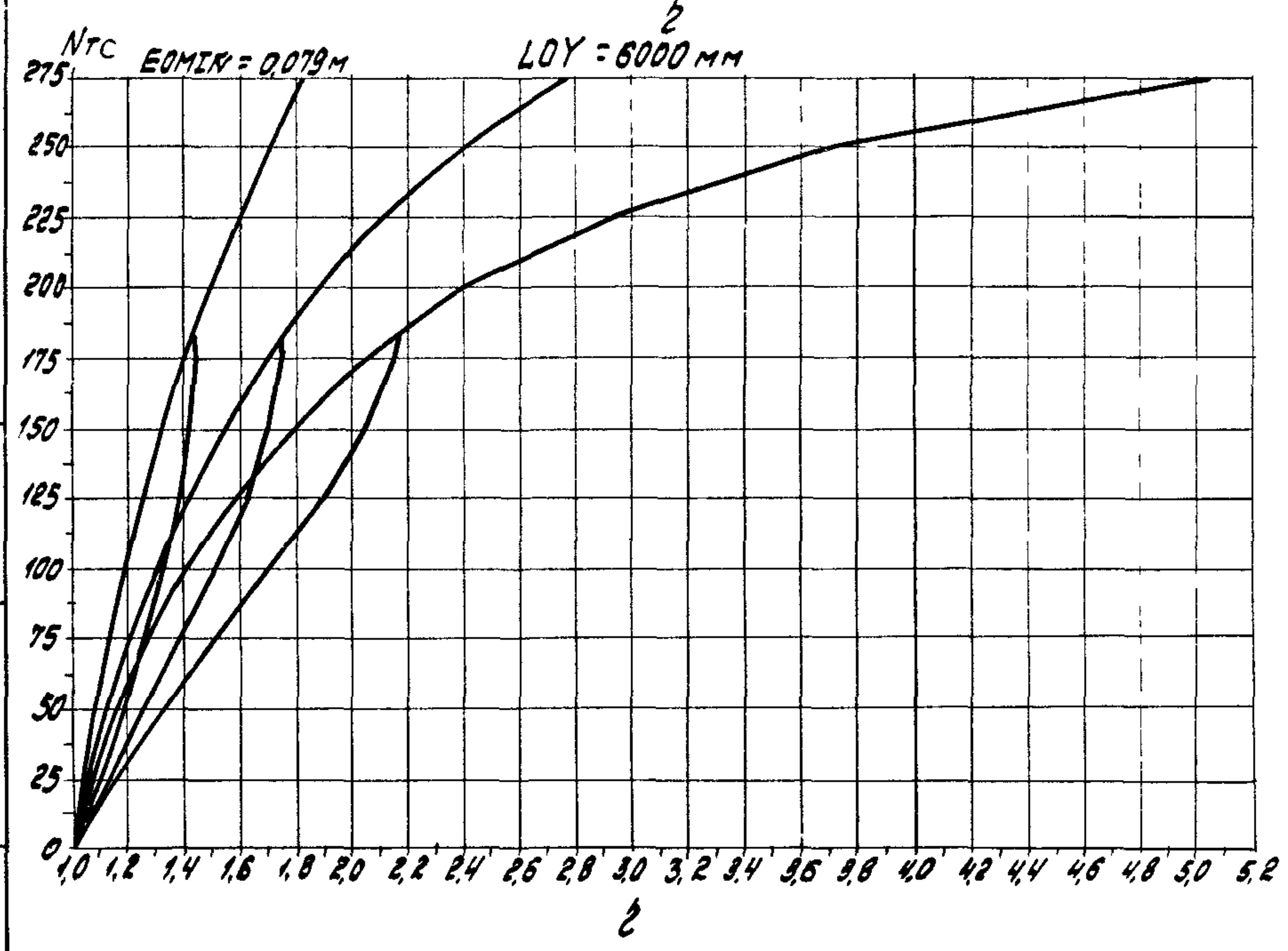
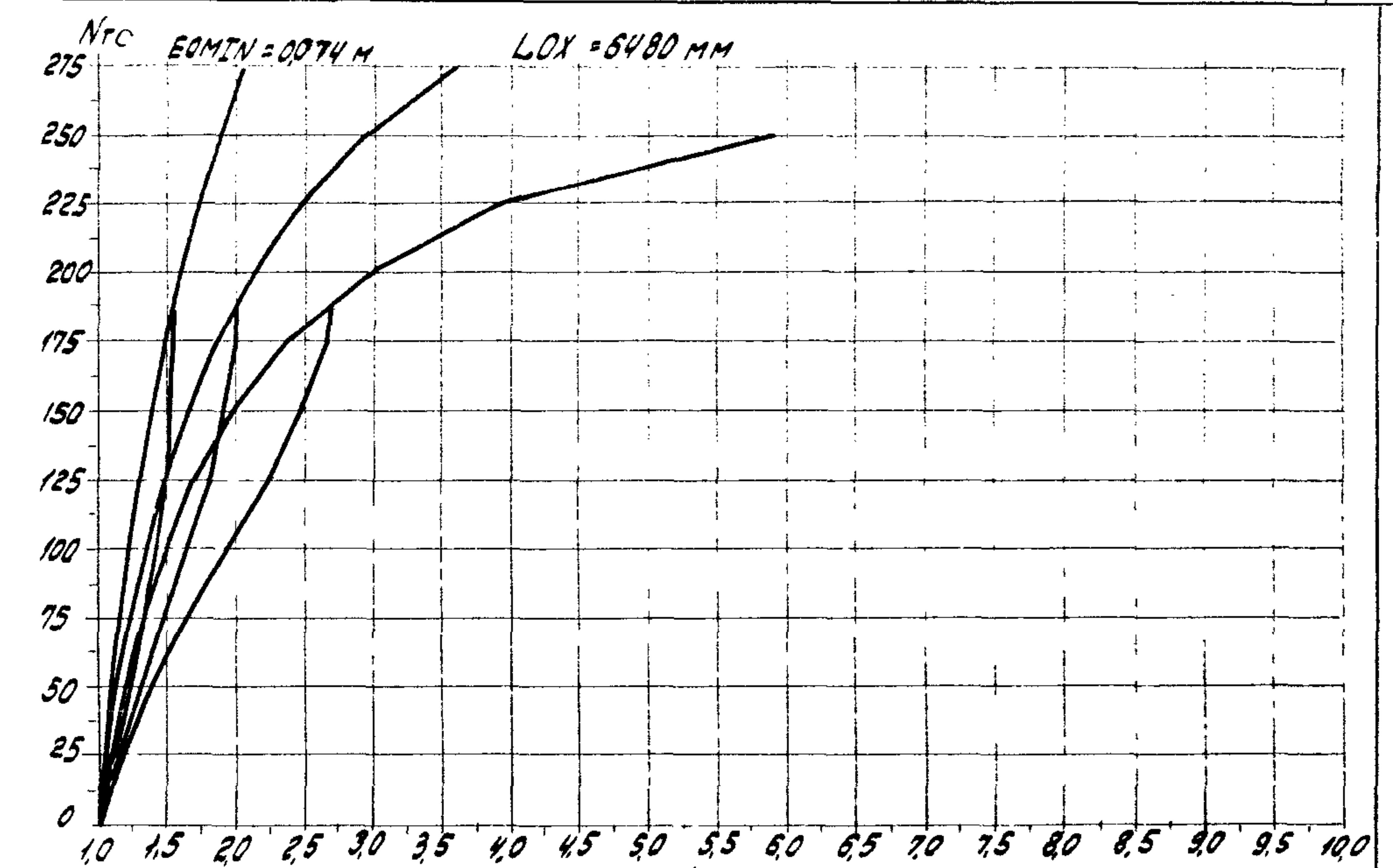
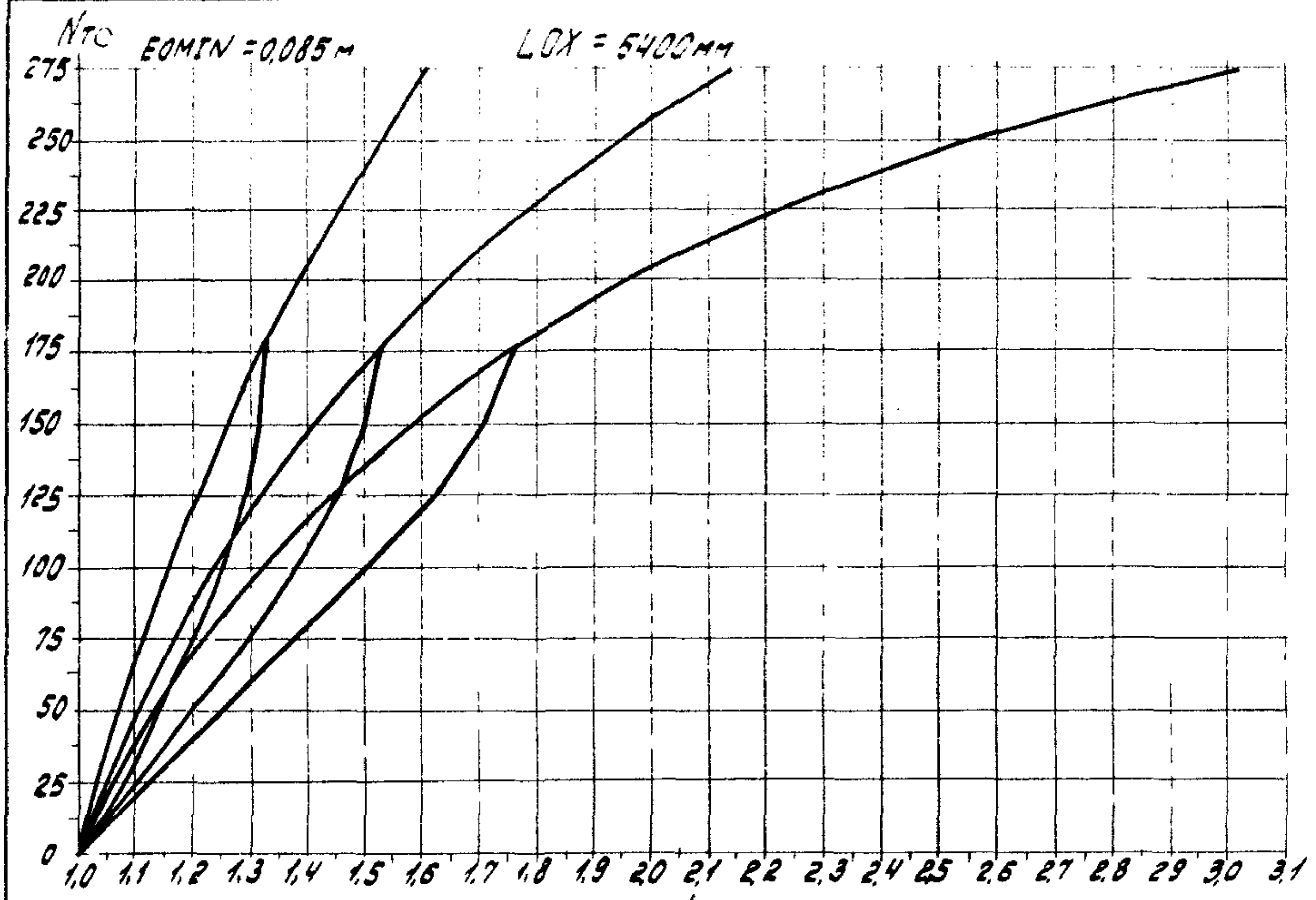


Класс бетона В30,0 ($R_b = 15,3 \text{ МПа}; \gamma_{R2} = 0,90$)
Сталь Ат-IVС
Код сечения -105Б

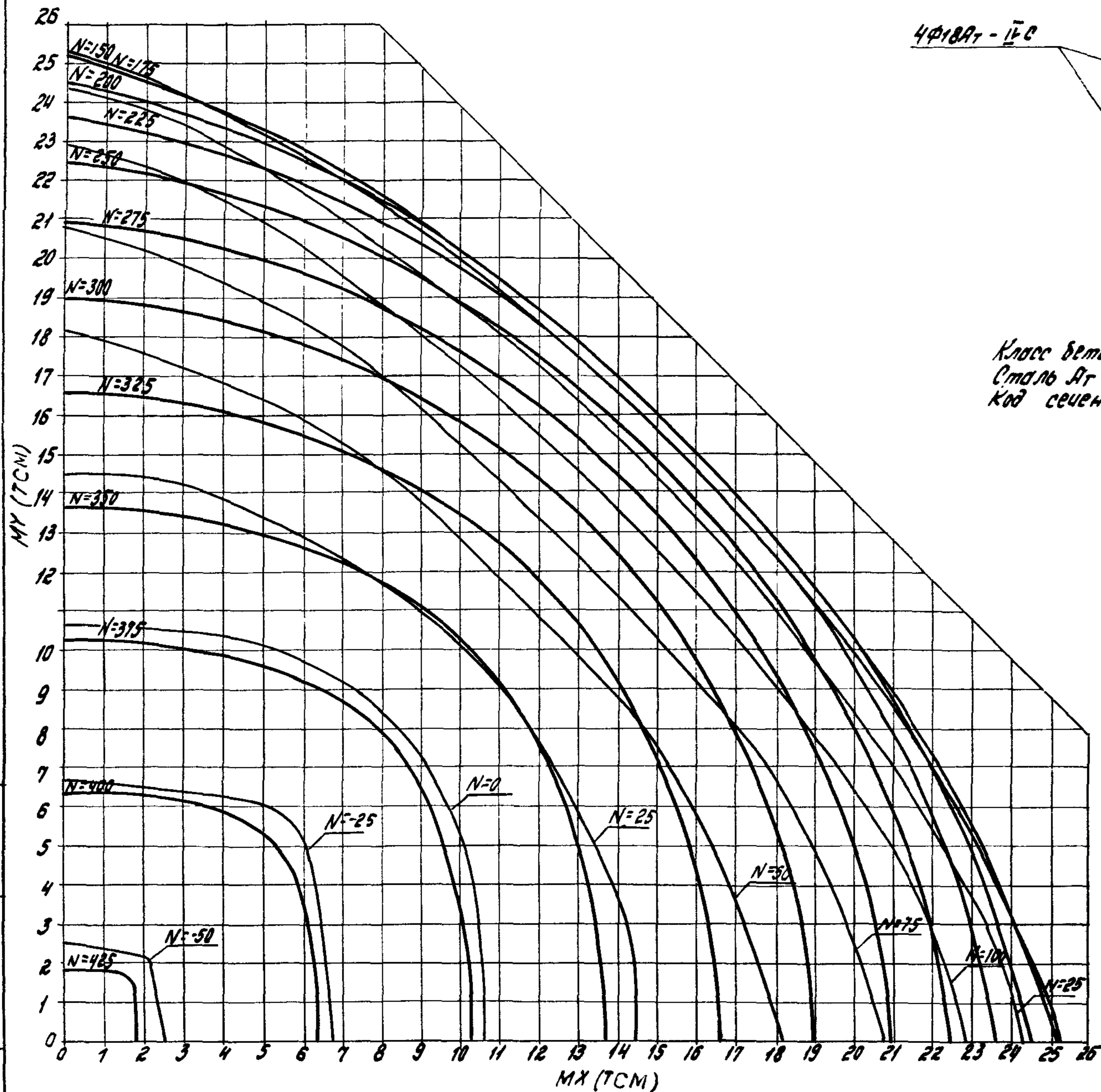


380M 4100 Nc
 380M 4100 Nc
 380M 4100 Nc

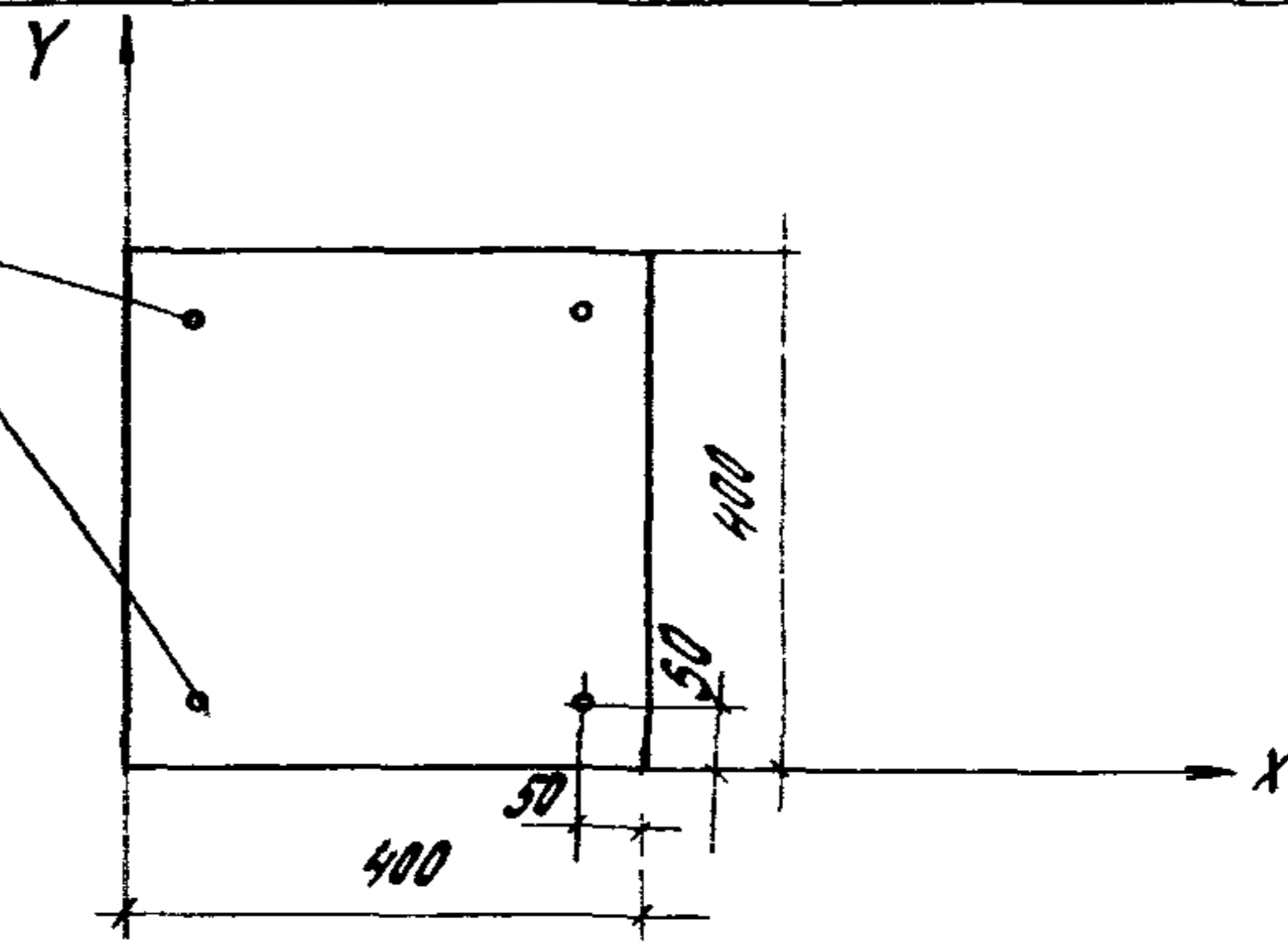




УНД. № 0001. 11.00014 и др. БЭМ. УНД. №



4φ18Aγ - IΓC



Класс бетона В40,0 ($R_b = 24,2 \text{ МПа}$ при учете $\gamma_{b2} = 1,10$)
 Сталь Аγ - IΓC.
 Код сечения - 106а

Лист № 010. Точнее в деталях. ВЗМ. УИР. №