

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-IVC 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.П.Лемыш

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ПРОМСТРОЙПРОЕКТ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ
ЦЕНТР КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

ДИРЕКТОР

В.Т.Александров

П/сп. специалист

С.А.Перевозов

НИИЖБ

Зам. директора

Г.И.Понедель

Ю.П.Гуща

Рук. лаборатории

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. О-9-09	Пояснительная записка.	3
1.020.1-4. О-9-001	Номенклатура и код несущей способности сечений колонн.	15
1.020.1-4. О-9-002	Графики косого внекентренного сжатия сечений №№ I0Ia ... I39б.	16
1.020.1-4. О-9-003	Эпюры несущих способностей по изгибающим моментам для ригелей.	328

Издательство и Печать Западной Сибири

НАЧОТА	Кодыш	Барх	1.020.1-4. О-9
ГИП	КЛЕБАНОВ	Барх	
Вед.н.сост	Лемыш	Барх	

Содержание

Издание	Барх	Барх
Р	1	1

ЦНИИПРОМЗДРАНИЙ

Издательство и Печать Западной Сибири

I В выпуске О-9 "Указания по подбору элементов каркаса" приведены графики зависимостей между M_x ; M_y ; N а также между N и δ 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 внеклентренному сжатию. Кроме того, приведена информация, необходимая для проверки принятых сечений колонн и ригелей по ширине раскрытия трещин a_{cte} в зависимости от агрессивности среды, в которой эксплуатируется данный элемент каркаса.

I.I. Графики на стр. 16...327 пред назначены для проверки выбранных сечений колонн по прочности на косое внерадиальное 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" внерадиальное сжатие, т.е. на совместное воздействие только N и M_x или только N и M_y .

1.2. 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 γ_x и γ_y , на которые умножаются изгибающие моменты – соответственно M_x и M_y .

Графики $b_{xy} = f(N; \varphi_e)$ сопутствуют графикам $N = f(M_x; M_y)$.

для φ_e (см. СНиП 2.03.01-84, Ф-ла 2I), а именно:

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

марной (средний график);

для $\Psi_2 = 2,0$ - вся нагрузка длительная (правый график)

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

h - размер сечения в плоскости изгибающего момента

Правая ветвь соответствует

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 C_{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 b в зависимости от величины действующего изгибающего момента M .

Если $M < e_{\min} \cdot N$, то " \hat{y} " определяется по левой ветви; если же $M > e_{\min} \cdot N$, то " \hat{y} " определяется линейной интерполяцией

внутри зоны, ограниченной двумя ветвями графика.

1.6. Значения M_q^u ; N_q^u ; 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
Инв. № 9.	Родищ	Сбор	Упаковка	Лист
ГИП	Абдулханов	Линия	Р	12
Ведомость	Лемеш	Лист		

Пояснительная записка

ЦКНИИПРОМЗДРАНИЙ

веден 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

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

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

СНиП 2.03.ИI-85 табл.9 и по "Пособию по проектированию зданий от коррозии бетонных и железобетонных конструкций (СНиП 2.03.44-85)"

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 $[a_{\text{стс}}]$ и армирование колонны $A_s = A_s^h$

I.9. При определении $M_{\text{ТАБА}}$ и Θ учитывались положения "Пособия по проектированию защиты от коррозии бетонных и железобетонных строительных конструкций (к СНиП 2.03.II-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 длительно действующей части нагрузок M_q^h и N_q^h допускается пользоваться усредненными коэффициентами перегрузки, приведенными в вып.0-2 на стр.4.

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

Степень агрессивного воздействия среды эксплуатации	$M_{\text{ТАБА}} = f([a_{\text{стс}}])$ тем, при $A_s = A_s^h$												
	2φ16At-IУС	2φ18At-IУС	2φ20At-IУС	2φ22At-IУС	2φ25At-IУС	2φ28At-IУС	2φ22A _T УС + + 2φ20A _T УС	2φ32A _T УС	2φ28A _T УС + + 2φ20A _T УС	2φ32A _T УС + + 2φ20A _T УС	2φ32A _T УС + + 2φ28A _T УС	4φ32A _T УС	Θ
Неагрессивная	3,6	4,4	5,4	6,5	8,5	11,0	16,5	15,7	22,4	3,50*)	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 *), $N = N_q^h + N_w^h$ и $M = M_q^h + M_w^h$

где N_q^h и 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 At-IУС.

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

1.020.1-4. О-9 - II3

24166-01 5

лист
2

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

- 2.2. Расчетные сопротивления сжатию ненапрягаемой арматуры класса Ат-ГУС при действии нагрузки согласно СНиП 2.03.01-84 табл. I5, п.2б, принимаются равными

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

но не более 450 МПа,

$$\text{где } \gamma_1 = 1 + \frac{A_{s1}}{A}$$

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-ГУС 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 $G_{sc,u} = 400 \gamma_1$.

- 2.3. Расчет элементов с арматурой класса Ат-ГУС 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

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

определяются по формулам

$$G_{si} = -400 \left[1 + (\gamma_1 \cdot \gamma_2 - 1) \cdot \frac{h_{oz} - h_{oi}}{h_{oz} - a} \right] (\text{МПа}), \text{ где } a = 0,1h, \text{ но не более } h_{oi}$$

и принимаются не менее – 450 МПа,

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

где $\gamma_1 = 1 + \frac{A_{s1}^*}{A}$, но не более 1,05,

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

A_{s1}^* – 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, ограничивающей сжатую зону. Остальные обозначения – см.п.3.28 СНиП 2.03.01-84.

Значение $G_{sc,u} = 400 \gamma_1$ 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-ГУС в плоскости растянутой грани, удовлетворяющих условию $C \leq 250$ мм, $a_{csc_1} = 0,50$ мм; $a_{csc_2} = 0,40$ мм,

$$\text{при } 250 \text{ мм} < C \leq 350 \text{ мм} - a_{csc_1} = 0,45 \text{ мм}; a_{csc_2} = 0,35 \text{ мм},$$

$$\text{при } C > 350 \text{ мм} - a_{csc_1} = 0,40 \text{ мм}; a_{csc_2} = 0,30 \text{ мм}.$$

При значениях a_{csc_1} и a_{csc_2} , превышающих приведенные в СНиП 2.03.01-84, необходимо выполнение условия: $G_s \leq 0,8 R_{s,ret}$

- 2.5. При проектировании железобетонных конструкций с ненапрягаемой арматурой классов Ат-ГУС 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-ГУС должны применяться таким же, как для стали класса А-IV.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ СЕЧЕНИЯ КОЛОНН С ПОМОШЬЮ ГРАФИКОВ КОСОГО ВНЕЦЕНТРЕННОГО СЖАТИЯ.

Пример 51

Продольная арматура колонны $A_s = A'_s = 2\phi 22\text{АтГУС} + 2\phi 20\text{АтГУС}$
Бетон - класса В22,5

Расчетные длины: $L_{ox} = 4,32 \text{ м}$
 $L_{oy} = 4,80 \text{ м}$

Коэффициент условий работы $\gamma_{\varphi_2} = 1,1$

Действующие усилия $N_q = 212,5 \text{ тс}$

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

$$M_y = M_w = 5,0 \text{ тс·м}$$

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

По графикам $\gamma = f(N)$ определяется γ_x и γ_y

Поскольку коэффициенту $\varphi_e = 2,0$ соответствует нижний график, то $\gamma_x = 1,36$ и $\gamma_y = 1,83$.

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

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

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

При $M_x = 12,24 \text{ тс·м}$ и $M_y = 9,15 \text{ тс·м}$

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

т.е. сечение удовлетворяет требованию прочности

Прим. 52

Действующие усилия: $N_q = 75 \text{ тс}$

$$M_x = M_q = 8,0 \text{ тс·м}$$

$$M_y = M_w = 5,0 \text{ тс·м}$$

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

По оси X , при $L_{ox} = 4,32 \text{ м}$

Значение минимального эксцентриситета $e_{o\min}^x = 0,100 \text{ м}$ и $M_{x\min} = e_{o\min}^x \cdot N = 0,100 \cdot 75 = 7,5 \text{ тс·м} < M_x = M_y = 8,0 \text{ тс·м}$

Поскольку $M = f(\varphi; N) > M_{\min} = e_{o\min} \cdot N$, то искомое значение коэффициента " γ_x " находится внутри зоны, ограниченной двумя ветвями графика.

Правой (нижней) ветви соответствует $M_{x\max} = 30,4 \text{ тс·м}$ (максимальный приведенный момент для $N = 75 \text{ тс}$ - определяется по графику несущей способности $[N] = f(M_x; M_y)$ при значении момента другого направления равном нулю). При $N = 75 \text{ тс}$ по правой ветви, $\gamma_{x\max} = 1,14$ и максимальный момент, который может быть воспринят сечением в этом случае будет равен $[M]_{x\max} = \frac{M_{x\max}}{\gamma_{x\max}} = \frac{30,4}{1,14} = 26,67 \text{ тс·м}$. По левой ветви при $N = 75 \text{ тс}$ определяем

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

Таким образом, по левой ветви определяется коэффициент $\gamma_{x\min} = 1,04$, соответствующий $M_{x\min} = e_{o\min}^x \cdot N = 7,5 \text{ тс·м}$, а по правой ветви был определен коэффициент $\gamma_{x\max} = 1,14$, соответствующий $[M]_{x\max} = 26,67 \text{ тс·м}$.

При действующем усилии $M_q = 8,0 \text{ тс·м}$ коэффициент γ_x определяется по линейной интерполяции по формуле:

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

1.020.1-4. О-9 - 13

пост
4

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

Аналогично, по оси Y при $L_{oy} = 4,8$ м:

$$e_{o\min}^y = 0,095 \text{ м и } M_{y\min} = e_{o\min}^y \cdot N = 0,095 \cdot 75 = 7,125 \text{ тсм} > M_y = M_w = 5,0 \text{ тсм}$$

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

то коэффициент γ определяется по левой ветви, соответствующей M_{\min} .

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

$$\text{Приведенные моменты } M_x = M_q \cdot \gamma_x = 8,0 \cdot 1,043 = 8,344 \text{ тсм}$$

$$M_y = M_w \cdot \gamma_y = 5,0 \cdot 1,13 = 5,65 \text{ тсм}$$

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

Пример №3

Действующие усилия:

$$N_q = 175 \text{ тс}$$

$$M_x = M_q = 110 \text{ тсм}$$

$$M_y = M_w = 100 \text{ тсм}$$

Принимаем, что длительная часть нагрузки q составляет половину от суммарной, т.е. $\gamma_f = 1,5$

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

По оси X :

$$M_{x\min} = e_{o\min}^x \cdot N = 0,100 \cdot 175 = 17,5 \text{ тсм} > M_x = 11,0 \text{ тсм}$$

следовательно, коэффициент γ определяется по левой ветви графика $\gamma_x = 1,23$

По оси Y:

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

Приведенные моменты $M_x = M_q \cdot \gamma_x = 11,0 \cdot 1,23 = 13,53 \text{ тсм}$

$$M_y = M_w \cdot \gamma_y = 10,0 \cdot 1,384 = 13,84 \text{ тсм}$$

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

ПРОВЕРКА СЕЧЕНИЯ КОЛОННЫ ПО ДОПУСТИМОЙ

ШИРИНЕ РАСКЫТИЯ ТРЕТИН.

Пример №4

Требуется проверить сечение колонны при $A_s = A'_s = 2032 \text{ АтIУС}$
эксплуатируемый в условиях среднеагрессивной среды

Усилия от длительно действующих нормативных нагрузок:

$$N_q^H = 57,5 \text{ тс}$$

$$M_q^H = 18,7 \text{ тсм}$$

Из таблицы находим: $M_{\text{ТАБА}} = 10,7 \text{ тсм}$; $\Theta = 7,48$

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

При $A_s = A'_s = 2028 \text{ АтIУС} + 2020 \text{ АтIУС}$; $M_{\text{ТАБА}} = 14,2 \text{ тсм}$

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

Пример №5

Требуется проверить сечение колонны при $A_s = A'_s = 4032 \text{ АтIУС}$, эксплуатируемой в условиях без агрессии. Поскольку при этих данных $M_{\text{ТАБА}}$ 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 - II3

$$\begin{aligned} \bar{N}_q^h &= 76,0 \text{ тс} ; N_w^h = 4,0 \text{ т} ; N = \bar{N}_q^h + N_w^h = 80,0 \text{ т} \\ \bar{M}_q^h &= 54,0 \text{ тсм} ; M_w^h = 3,0 \text{ тсм} ; M = \bar{M}_q^h + M_w^h = 57,0 \text{ тсм} \\ \text{Из таблицы } M_{\text{ТАБА}} &= 47,4 \text{ тсм} ; \theta = 7,23 \\ [M] &= 47,4 + \frac{800 - 1}{7,23} = 58,33 \text{ тсм} > \bar{M} + M = 57,0 \text{ тсм}, \text{ следо-} \\ &\text{вательно сечение проходит.} \end{aligned}$$

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 СЕЧЕНИЙ 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-ІУС площадью сечения $A_s = A'_s = 12,32 \text{ см}^2$ (2Ø28 АтІУС) ($R_s = 5200 \text{ кг/см}^2$, $E_s = 1,9 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2$); класс бетона В25 ($E_b = 2,75 \cdot 10^5 \text{ кгс/см}^2$); усилия: постоянные (от собственного веса конструкций) - $M_{cb} = 2,75 \text{ тс.м}$, $N_{cs} = 91,14 \text{ тс}$; длительные $M_{ds} = 6,98 \text{ тс.м}$, $N_d = 88,57 \text{ тс}$; кратковременные (от ветровой нагрузки) $M_b = 5,66 \text{ тс.м}$, $N_b = 10,13 \text{ тс}$. 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-ІУС 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-ІУС сжатию $R_{sc} = 4000 \cdot \gamma \cdot \gamma_2 \leq 4500 \text{ кгс/см}^2$; коэффициенты сочетания для длительных нагрузок $\gamma_1 = 0,95$, для кратковременных $\gamma_2 = 0,9$.

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

$$\begin{aligned} N &= N_{cs} + N_d = 91,14 + 88,57 = 179,71 \text{ тс}, \\ M &= M_{ds} + M_b = 6,98 + 5,66 = 12,32 \text{ тс.м}. \end{aligned}$$

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

$$x = \frac{R_s A_s + N - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{5200 \cdot 12,32 + 179,71 - 4500 \cdot 12,32}{133 \cdot 40} = 35,41 \text{ см}.$$

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

Определим величину ξ_R .

$$\xi_R = \frac{\frac{1}{1 + \frac{\sigma_{sR}}{\sigma_{sc,a}} \left(1 - \frac{w}{1,1} \right)}}{1 + \frac{9200}{5000} \left(1 - \frac{0,74}{1,1} \right)} = 0,46,$$

где $w = d - 0,0008 \cdot R_b = 0,85 - 0,0008 \cdot 133 = 0,74$;

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

$$\sigma_{sc,a} = 5000.$$

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:

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

1.020.1-4. 0-9-13

6

$$\sigma_s = \frac{\sigma_{s,0}}{1 - \frac{\omega}{1,1}} \cdot \left(\frac{w \cdot h_0}{x} - 1 \right).$$

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 $x = 24,84 \text{ см}$.

Напряжение в растянутой арматуре σ_s равно

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

Так как $\sigma_s < \beta R_s$, то найденные значения $x = 24,84 \text{ см}$ и $\sigma_s = 657,5 \text{ кгс}/\text{см}^2$ 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.

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

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

Прецильный 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 γ . Для этого вычислим значение условно-критической силы N_{cr} .

Определим следующие величины, необходимые для вычисления силы:

$$l_0 = 0,9 \cdot h_0 = 0,9 \cdot 480 = 432 \text{ см};$$

$$\gamma_e = 1 + \beta \frac{M_{ue}}{M_s} = 1 + 1 = 2 \text{ (в данном расчете } M_s = M_{ue} \text{);}$$

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

$$d_{sym} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h_0} = 0,001 R_s = 0,5 - 0,01 \cdot \frac{432}{40} = 0,001 x$$

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

$$\gamma = \frac{\beta h^3}{12} = \frac{40 \cdot 40^3}{12} = 2,13 \cdot 10^5 \text{ см}^4; \quad \gamma_s = 2 \cdot A_s \left(\frac{h_0 - a'}{2} \right)^2 = 2 \cdot 12,32 \left(\frac{35 - 5}{2} \right)^2 = 5571 \text{ см}^4;$$

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

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

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

С учетом коэффициента γ момент внешних сил равен

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

Прочность сечения обеспечена, так как предельный момент

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

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

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

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

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

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

$$R_e b x + R_{sc} A'_s - \frac{\sigma_{sc,u}}{1 - \frac{\omega}{1,1}} \left(\frac{\omega h_o}{x} - 1 \right) - N = 0$$

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

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

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

Уточняем значения расчетного сопротивления арматуры сжатию

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

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

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

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

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

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

Определяем коэффициент γ . Для этого вычисляем:

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

$$M_{ue} = N \frac{h_o - a'}{2} + M_1 = (91140 + 0,95 \cdot 88570) \cdot \frac{35 - 5}{2} + 2,75 \cdot 10^5 + \\ + 0,95 \cdot 6,98 \cdot 10^5 = 35,67 \text{ тс.м.}$$

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

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

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

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

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

$$\gamma = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{I}{I - \frac{184,86}{860}} = 1,27 .$$

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

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

Пример №7 Дано: верхняя крайняя колонна поперечной рамы 2-6-5 (4.8) - II,0 - ШЛ; размеры сечения, классы бетона и арматуры те же, что и в примере №1. Площадь сечения арматуры $A_s = A'_s = 9,82 \text{ см}^2$ (2Ф25 АгIV). Усилия: постоянные (от собственного веса конструкции) $M_{ce} = 4,39 \text{ тс.м}$, $N_{ce} = 10,02 \text{ тс}$, длительные $M_{gu} = 8,31 \text{ тс.м}$, $N_{gu} = 6,81 \text{ тс}$, кратковременные (от ветровой нагрузки) $M_g = 0,9 \text{ тс.м}$, $N_g = 0,39 \text{ тс}$. Усилия получены из расчета рамы по недеформируемой схеме.

Требуется проверить прочность сечения

Расчет. Проверка прочности колонн производится для двух случаев сочетания нагрузок (см. пример №1).

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

$$N = N_{ce} + N_{gu} = 10,02 + 6,81 = 16,93 \text{ тс}; M = M_{ce} + M_{gu} = 4,39 + 8,31 = 12,7 \text{ тс.м};$$

Определяем высоту сжатой зоны x .

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

$\xi_R h_o$; где $\xi_R h_o = 0,46 \cdot 35 = 16,1 \text{ см}$ (см. пример №1).

Так как $\xi = \frac{x}{h_o} = \frac{4,45}{35} = 0,127 < \xi_R = 0,46$, уточняем расчетное

сопротивление растянутой арматуры R_s путем учета коэффициента условий работы арматуры γ_{se} . (см. СНиП 2.03.01-84 п.3.13)

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

принимаем $\gamma_{se} = 1,2$.

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

Уточненное значение высоты сжатой зоны равно

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

Пределенный момент относительно центра тяжести сечения равен:

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

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

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

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

Определение остальных величин, необходимых для вычисления условной критической силы, приведены в примере №6.

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

$$\gamma = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{I}{2 - \frac{16,83}{435,22}} = 1,04;$$

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

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

$$\text{Расчет по случаю "Б". } N = N_{ce} + \psi_1 N_{g1} + \psi_2 N_{g2} = 10,02 + 6,81$$

$$0,95 + 0,39 \cdot 0,9 = 16,84 \text{ тс;}$$

$$M = M_{ce} + \psi_1 M_{g1} + \psi_2 M_{g2} = 4,39 + 8,31 \cdot 0,95 + 0,9 \cdot 0,9 = 13,09 \text{ тс.м.}$$

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

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

$\xi_R h_o$, где $\xi_R = 0,4 \cdot 35 = 14 \text{ см}$ (см. пример №1);

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

$$\gamma_{s6} = 2 - (2-1)/2 \xi = 1,2 - (1,2-1) \cdot (2 \cdot \frac{0,125}{0,4}) = 1,28 > 1,2;$$

$$\text{принимаем } \gamma_{s6} = 1,2; R_s = 1,2 \cdot 5200 = 6240 \text{ кгс}/\text{см}^2;$$

$$R_{sc} = 4000 \cdot \gamma_1; \gamma_1 = 4000 \cdot 1,01 \cdot 1,1 = 4444 \text{ кгс}/\text{см}^2;$$

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

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

$$\text{принимаем } \gamma_2 = 1,1.$$

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

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

Пределый момент относительно центра тяжести сечения равен

$$\begin{aligned} M_{ue} &= R_s b x (h_o - 0,5 x) + R_{sc} A'_s (h_o - a') - N \frac{h_o - a'}{2} = \\ &= 163 \cdot 40 \cdot 5,29 \cdot (35 - 0,5 \cdot 5,29) + 4444 \cdot 9,82 (35 - 5) - \\ &- 16840 \cdot \frac{35 - 5}{2} = 21,71 \text{ тс.м.} \end{aligned}$$

Для учета влияния продольного изгиба колонн определяем коэф-

фициент γ .

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

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

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

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

$$\begin{aligned} N_{er} &= \frac{6,4 E e}{l_o^2} \cdot \left[\gamma \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha \cdot \gamma_s \right] = \\ &= \frac{6,4 \cdot 2,75 \cdot 10^5}{432^2} \cdot \left[2 \cdot \frac{13 \cdot 10^5}{1,94} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + 2,22} + 0,1 \right) + 6,91 \cdot 4419 \right] = \\ &= 460 \text{ тс;} \end{aligned}$$

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

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

ПРОВЕРКА СЕЧЕНИЯ ПО ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ НОРМАЛЬНЫХ ТРЕЦИН

Пример №8. Дано: Верхняя колонна поперечной рамы 2-6-5 (4.8)-II,0 - IIIА; размеры сечения, класс бетона и арматуры, сечение арматуры - те же, что и в примере №7. Усилие от нормативных нагрузок: постоянных и длительных $M_{g1} = 9,76 \text{ тс.м}$, $N_{g1} = 14,61 \text{ тс}$; кратковременных $M_{kp} = 0,64 \text{ тс.м}$, $N_{kp} = 0,28 \text{ тс}$. Используемые в расчете характеристики бетона класса В25: $R_{eser} = 189 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$,

$$R_{st,scr} = 16,3 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}, E_s = 2,75 \cdot 10^5 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}, \text{ арматура класса}$$

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

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

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

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

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

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

Определяем коэффициент φ .

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

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

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

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_s}{R_{st,scr}} = 1,6 - \frac{94,53}{189} = 1,1 > 1; \text{ принимаем } \varphi = 1.$$

Проверяем условие образования трещин.

$$M_2 = N(e_o - \gamma) = 14890 \cdot \left(\frac{10,4 \cdot 10^5}{14,89 \cdot 10^3} - 7,01 \right) = 9,35 \text{ тс.м};$$

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

$$M_{tot} = R_{st,scr} \cdot W_{pe} = 16,3 \cdot 21306 = 3,47 \text{ тс.м}.$$

Так как $M_2 = 9,35 > M_{tot} = 3,47 \text{ тс.м}$, 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

$$\sigma_s = \frac{N \cdot e_s}{A_s \cdot h_o} \cdot \varphi_{scr}.$$

Определяем величину σ_s от действия усилий M_{tot}, N_{tot} .

Для этого вычисляем:

$$\mu_d = d \cdot \frac{A_s}{8h_o} = \frac{1,9 \cdot 10^6}{2,75 \cdot 10^5} \cdot \frac{9,82}{40 \cdot 35} = 6,91 \cdot 0,00701 = 0,048;$$

$$\varphi_f = \frac{d \cdot A'_s}{0,98 h_o} = \frac{6,91 \cdot 9,82}{0,9 \cdot 40 \cdot 35} = 0,054; e_s = \frac{M_{tot}}{N_{tot}} + \frac{h_o - a'}{2} = \frac{10,4 \cdot 10^5}{14,89 \cdot 10^3} + \frac{35-5}{2} = 84,8 \text{ см}; \frac{e_s}{h_o} = \frac{84,8}{35} = 2,42.$$

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

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

Аналогично находим напряжение в растянутой арматуре от действия усилий M_g, N_g . При этом

$$e_s = \frac{M_g}{N_g} + \frac{h_o - a'}{2} = \frac{9,76 \cdot 10^5}{14,61 \cdot 10^3} + \frac{35-5}{2} = 82 \text{ см};$$

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

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

Определяем ширину продолжительного раскрытия трещин от действия постоянных и длительных нагрузок

$$\gamma_e = 1,6 - 15 \cdot \bar{M} = 1,6 - 15 \cdot 0,007 = 1,495 ,$$

$$\alpha_{cuc,e} = \gamma_e \cdot 2 \cdot \frac{\sigma_{s,e}}{E_s} \cdot 20 / 3,5 - 100 \bar{M} \sqrt[3]{d} = 1,495 \cdot 2 \cdot \frac{2405}{1,9 \cdot 10^6} \cdot 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot 0,007) \cdot \sqrt[3]{25} = 0,31 \text{ mm} .$$

Определено непролонгированное раскрытие трещин от действия всех нагрузок

$$\alpha_{cuc} = \alpha_{cuc,e} \cdot \left[1 + \left(\frac{\sigma_{s,tot}}{\sigma_{s,e}} - 1 \right) \frac{1}{\gamma_e} \right] = 0,309 \cdot \left[1 + \left(\frac{2645}{2405} - 1 \right) \frac{1}{1,495} \right] = 0,33 \text{ mm} .$$

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

$\alpha_{cuc,2} = 0,35 \text{ mm}$. При этом необходимо выполнение условия

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

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

$$c = h - a - a' = 40 - 5 - 5 = 30 \text{ см} < 35 \text{ см}, \alpha_{cuc} = 0,45 \text{ mm} ,$$

$$\alpha_{cuc,2} = 0,35 \text{ mm} .$$

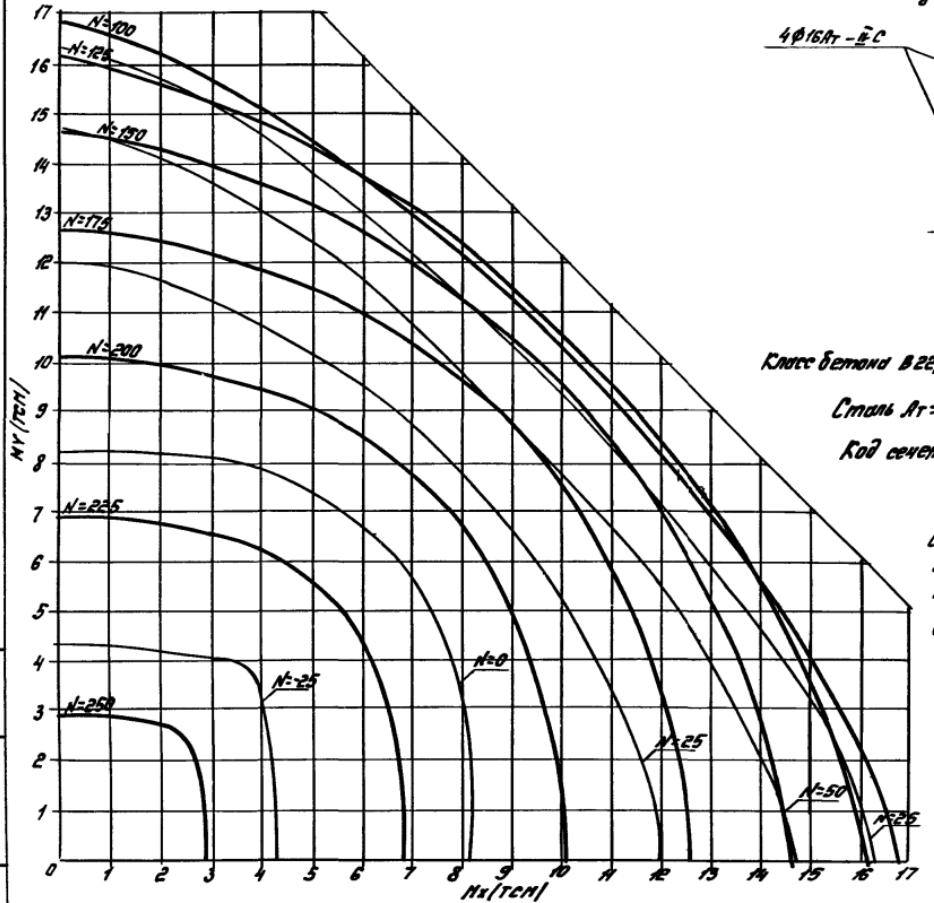
Поскольку $\alpha_{cuc,e} = 0,31 < \alpha_{cuc,2} = 0,35 \text{ mm}$, $\alpha_{cuc} = 0,33 < \alpha_{cuc,2} = 0,45 \text{ mm}$;

трещиностойкость колонны обеспечена .

Эскиз	Код несущей способности сечения	Рис.	Класс бетона	Армирование		$A_s = A_s'$ см 2	Графико пп. отр.	Код несущей способности сечения	Рис	Класс бетона	Армирование		$A_s = A_s'$ см 2	Графико пп. отр.
				ΣS_1	ΣS_2						ΣS_1	ΣS_2		
S1	101	1	B22,5	4ф16Аг IIc	4,02	16	121	2	B40	4ф22Аг IIc	4ф20Аг IIc	13,88	176	
S2	102	1	B30	4ф16Аг IIc	5,09	24	122	1	B22,5	4ф32Аг IIc	—	16,09	184	
Rис. 1	103	1	B40	4ф18Аг IIc	5,09	32	123	2	B30	4ф32Аг IIc	—	16,09	172	
Rис. 2	104	1	B22,5	4ф18Аг IIc	5,09	40	124	2	B40	4ф28Аг IIc	4ф20Аг IIc	18,55	200	
Rис. 2	105	1	B30	4ф20Аг IIc	9,82	48	125	2	B22,5	4ф32Аг IIc	4ф20Аг IIc	22,31	248	
Rис. 2	106	1	B40	4ф20Аг IIc	9,82	56	126	2	B30	4ф28Аг IIc	4ф32Аг IIc	36,45	216	
Rис. 2	107	1	B22,5	4ф22Аг IIc	16,0	139	2	B45	4ф32Аг IIc	4ф32Аг IIc	36,45	320		

1.020.4-0-9 001

Начало балки	Лист	Логотип
РН	9	ЦНИИПРОМЗДАНИЙ



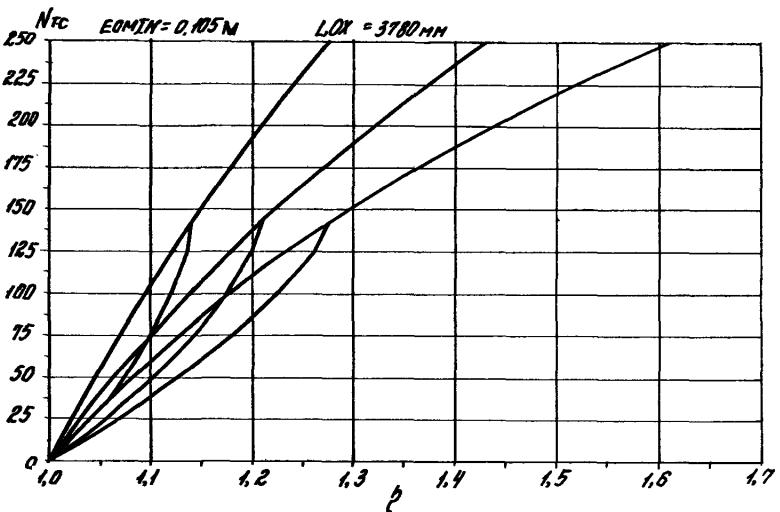
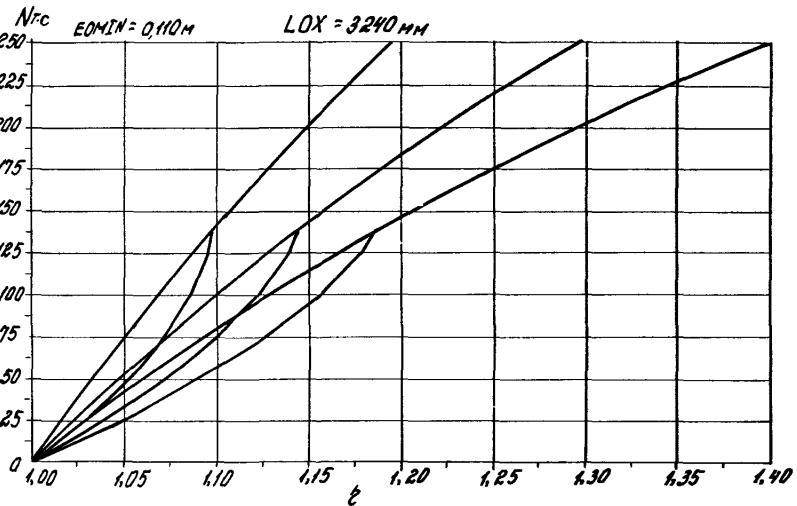
Класс бетона B22,5 /Р₈= 14,8 МПа при учете $\delta_{\sigma_2} = 1,10$

Столь $A_T = \hat{\mu}_C$

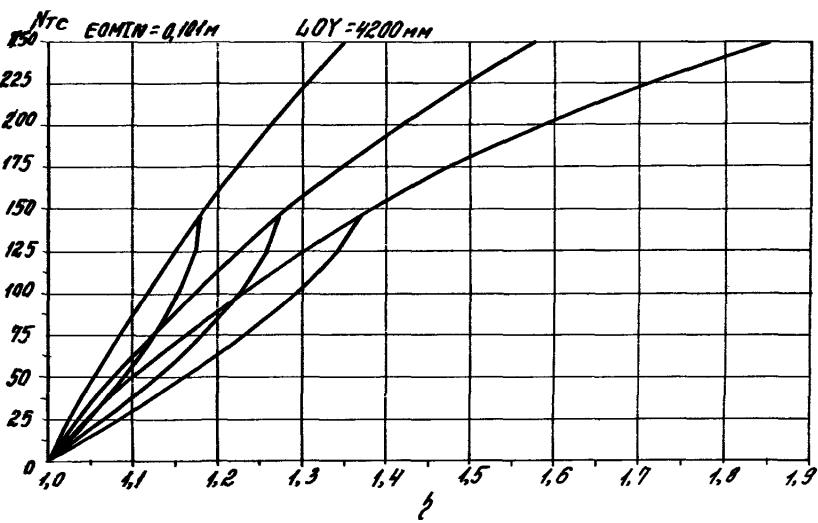
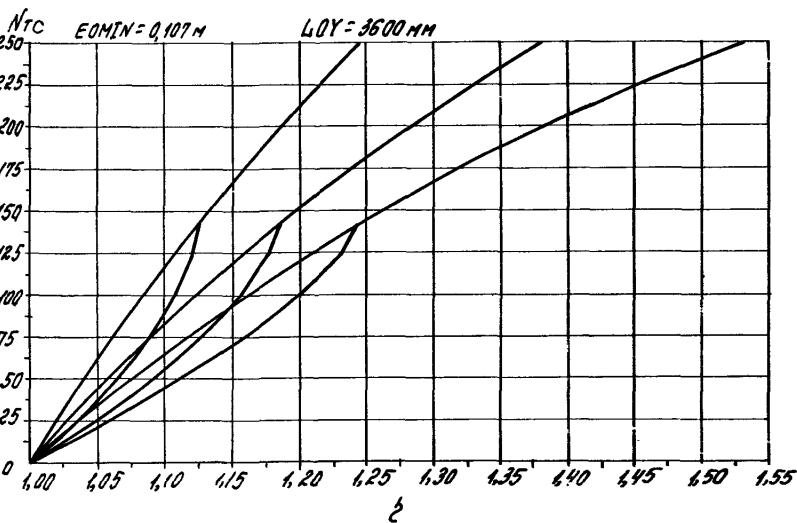
Код сечения - 1010

Индекс „а“ обозначении кода сечения соответствует $\gamma g_2 = 1,1$ аналогично „б“ – соответствует $\gamma g_2 = 0,9$

1.0220. 1-4 D-9 000
[REDACTED]

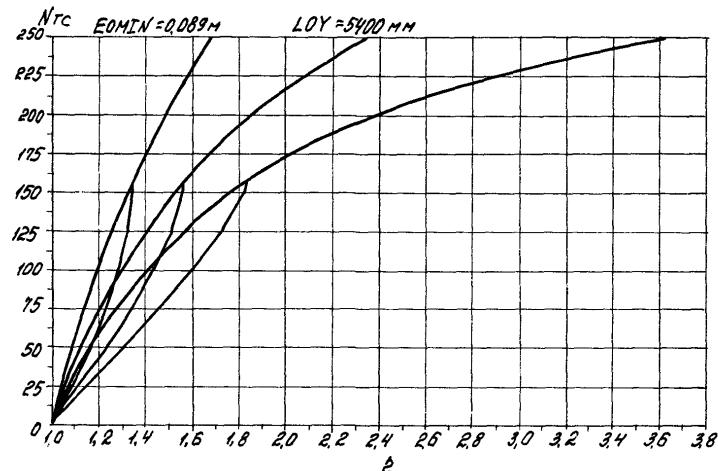
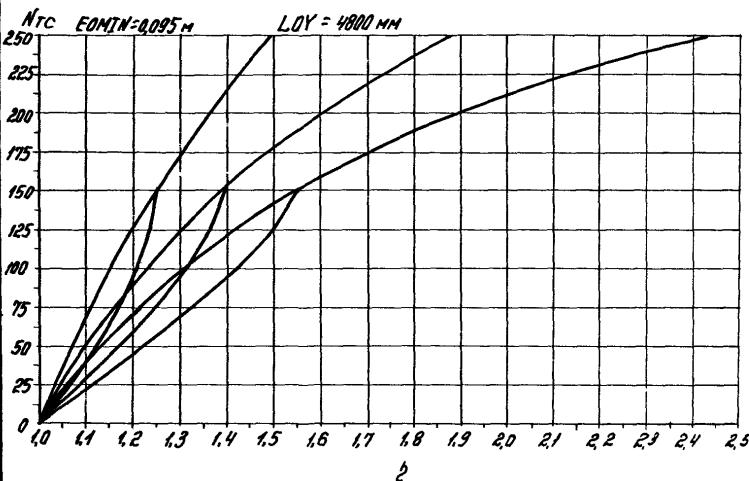
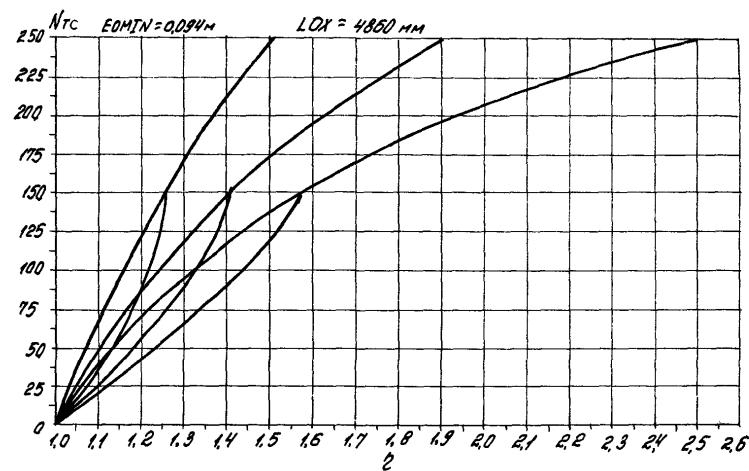
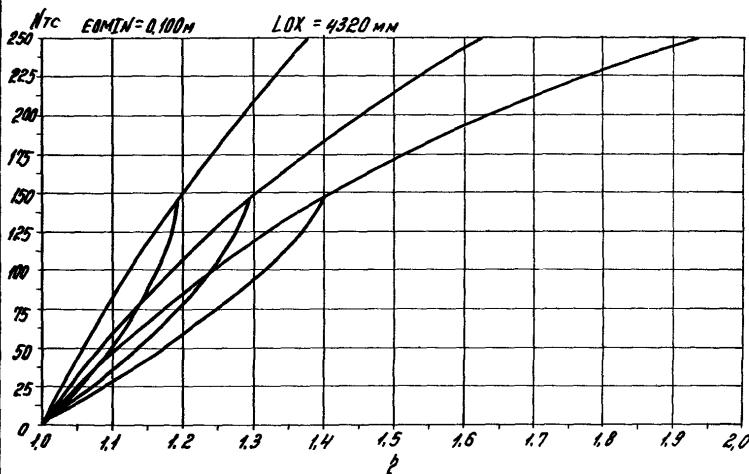


zadani výroby základna



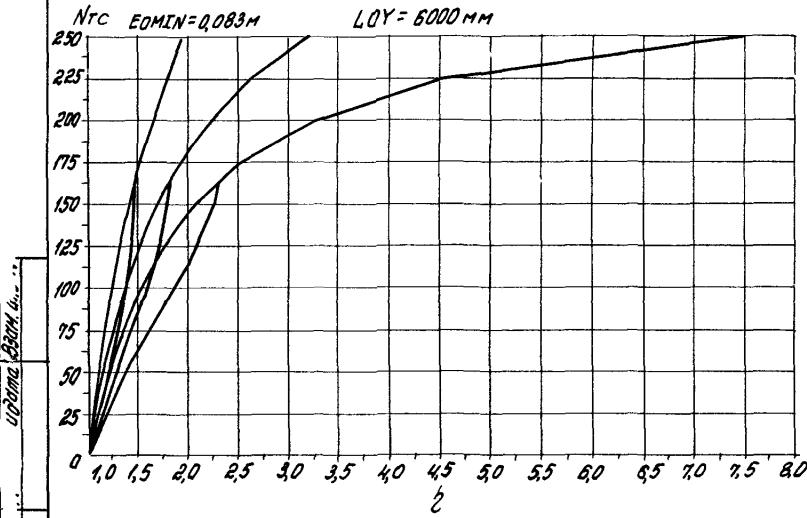
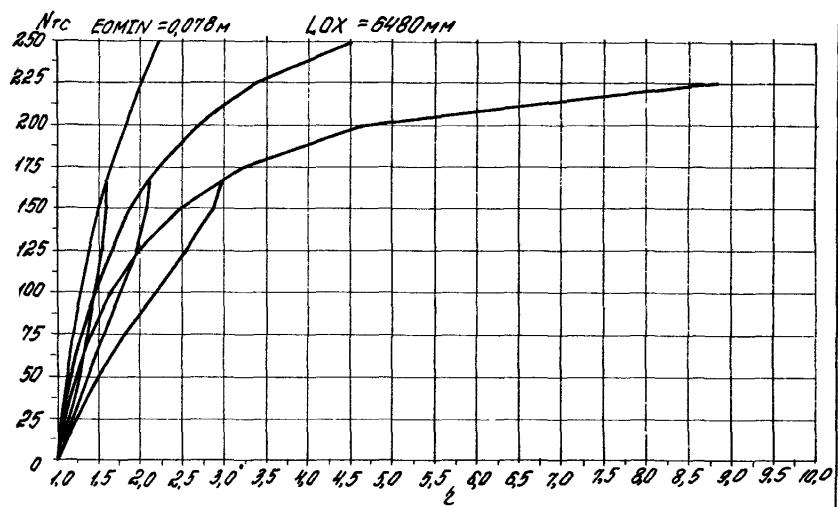
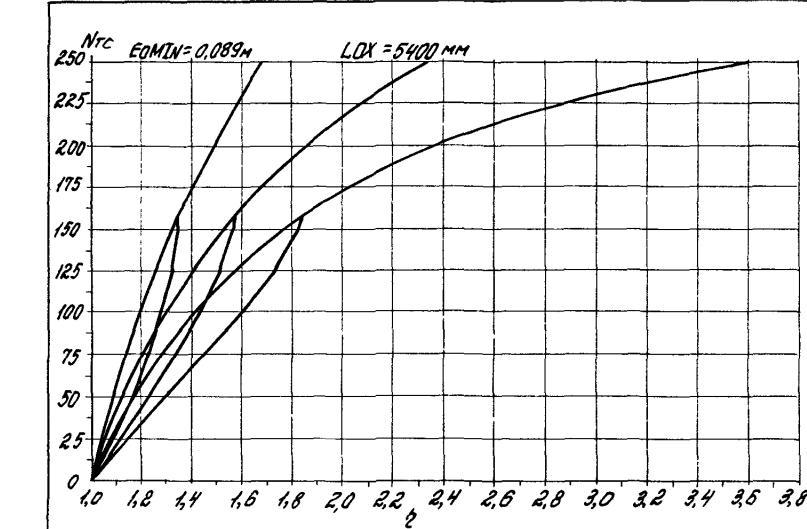
1020 1-4 1-9 002

2



1.020. 1-4 0-9 052

18
3



Durchflussmenge in Liter pro Sekunde

A...

B...

C...

D...

E...

F...

G...

H...

I...

J...

K...

L...

M...

N...

O...

P...

Q...

R...

S...

T...

U...

V...

W...

X...

Y...

Z...

AA...

AB...

AC...

AD...

AE...

AF...

AG...

AH...

AI...

AJ...

AK...

AL...

AM...

AN...

AO...

AP...

AQ...

AR...

AS...

AU...

AV...

AW...

AX...

AY...

AZ...

AA...

AB...

AC...

AD...

AE...

AF...

AG...

AH...

AI...

AJ...

AK...

AL...

AM...

AN...

AO...

AP...

AQ...

AR...

AS...

AU...

AV...

AW...

AX...

AY...

AZ...

AA...

AB...

AC...

AD...

AE...

AF...

AG...

AH...

AI...

AJ...

AK...

AL...

AM...

AN...

AO...

AP...

AQ...

AR...

AS...

AU...

AV...

AW...

AX...

AY...

AZ...

AA...

AB...

AC...

AD...

AE...

AF...

AG...

AH...

AI...

AJ...

AK...

AL...

AM...

AN...

AO...

AP...

AQ...

AR...

AS...

AU...

AV...

AW...

AX...

AY...

AZ...

AA...

AB...

AC...

AD...

AE...

AF...

AG...

AH...

AI...

AJ...

AK...

AL...

AM...

AN...

AO...

AP...

AQ...

AR...

AS...

AU...

AV...

AW...

AX...

AY...

AZ...

AA...

AB...

AC...

AD...

AE...

AF...

AG...

AH...

AI...

AJ...

AK...

AL...

AM...

AN...

AO...

AP...

AQ...

AR...

AS...

AU...

AV...

AW...

AX...

AY...

AZ...

AA...

AB...

AC...

AD...

AE...

AF...

AG...

AH...

AI...

AJ...

AK...

AL...

AM...

AN...

AO...

AP...

AQ...

AR...

AS...

AU...

AV...

AW...

AX...

AY...

AZ...

AA...

AB...

AC...

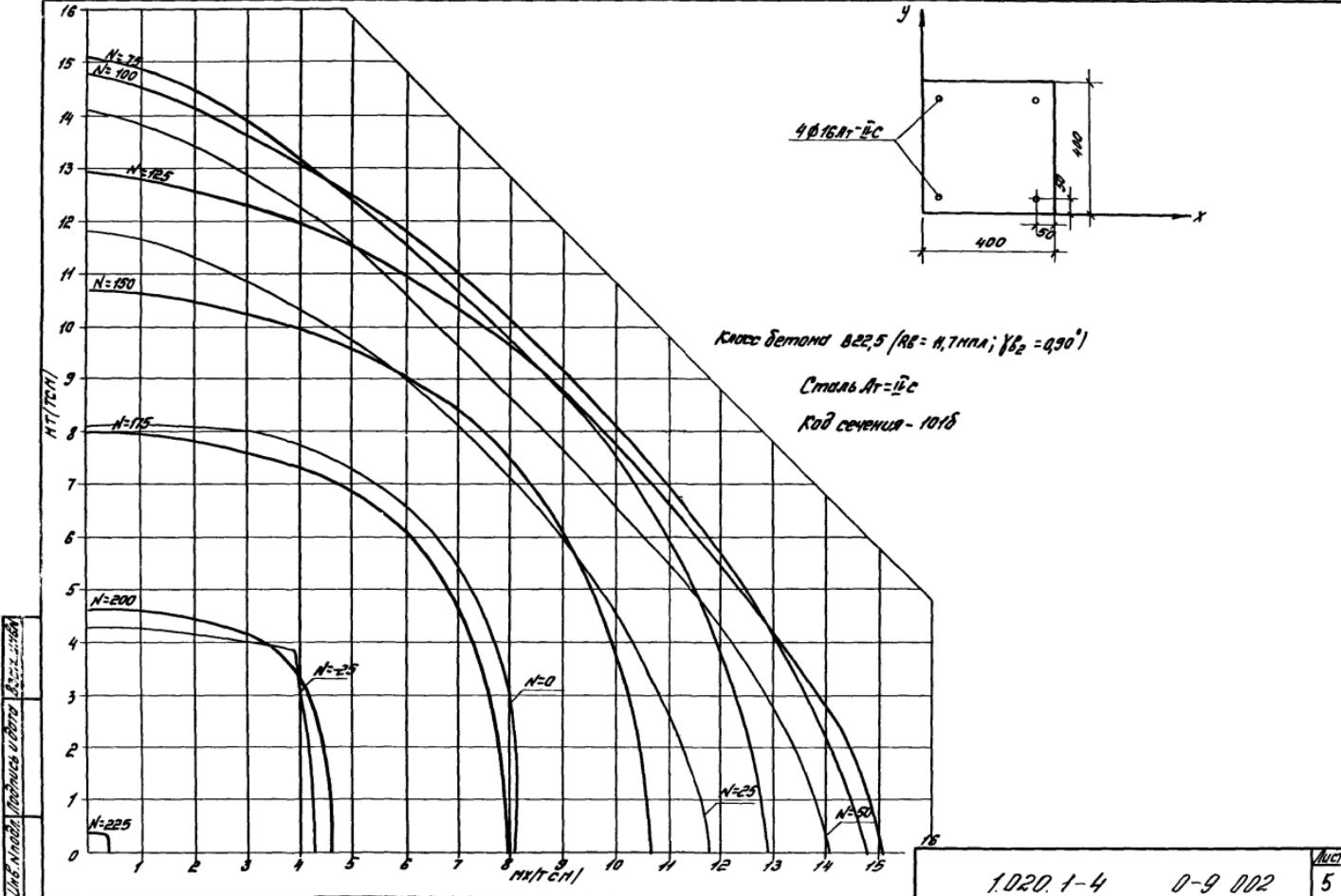
AD...

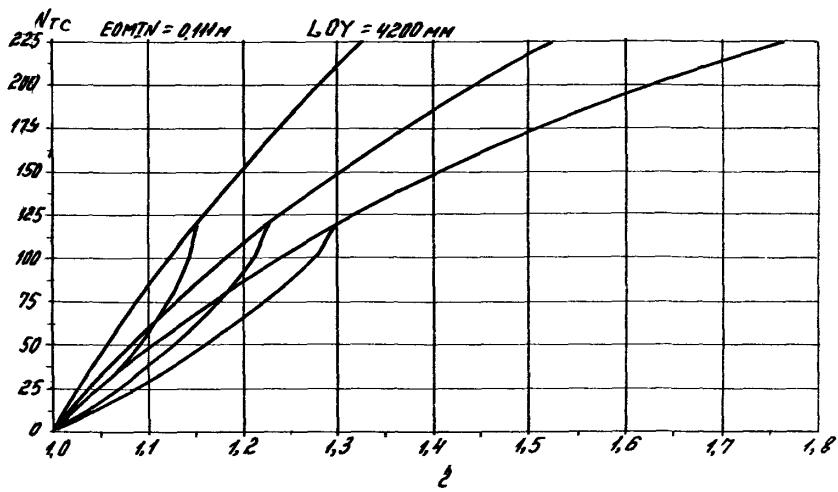
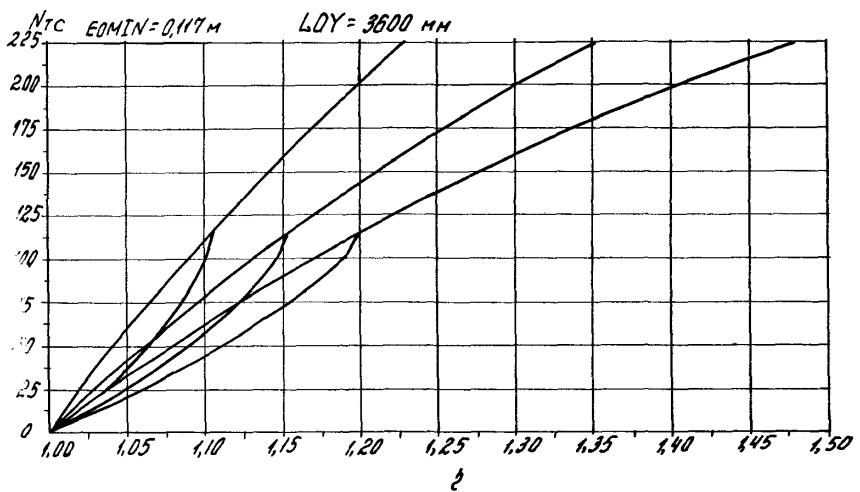
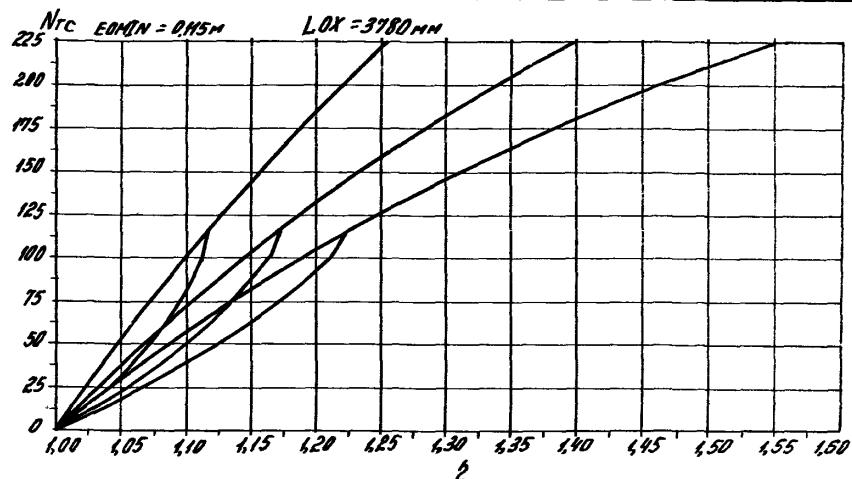
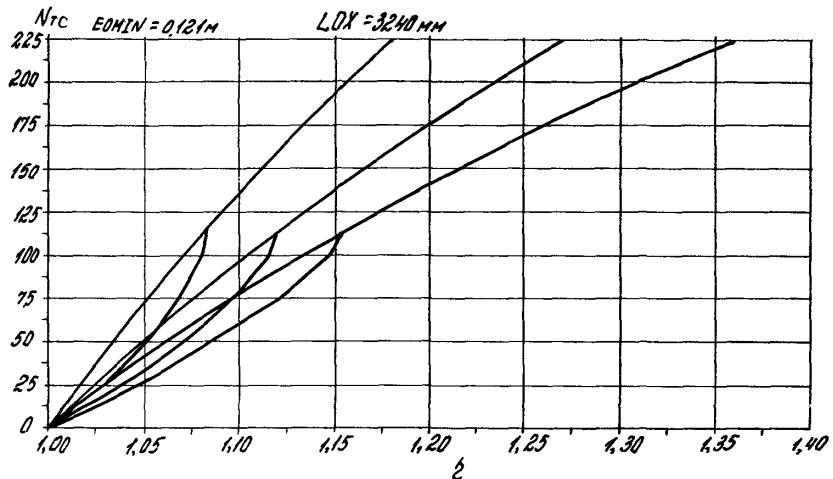
AE...

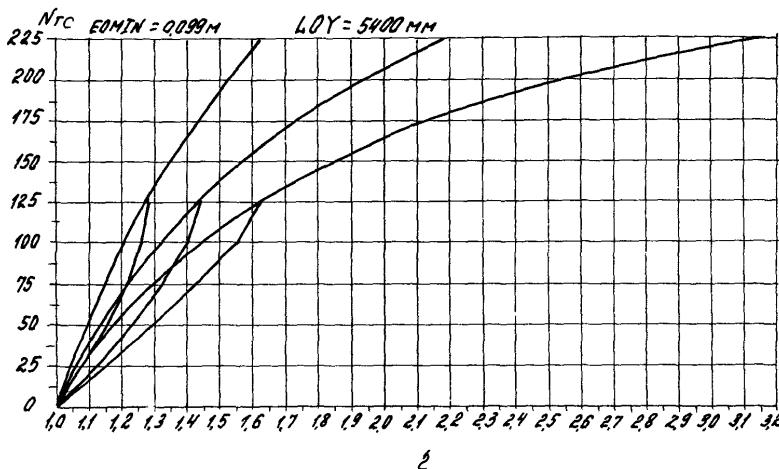
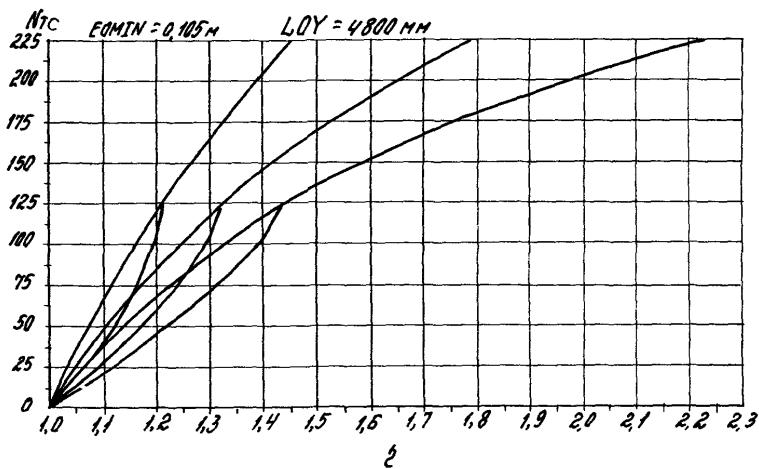
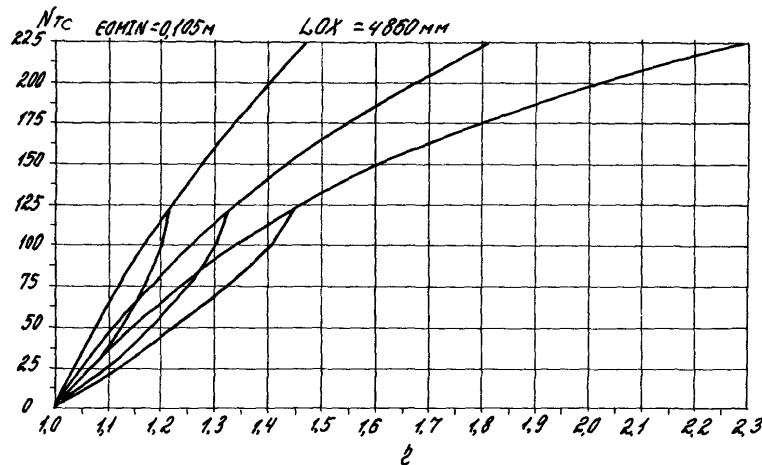
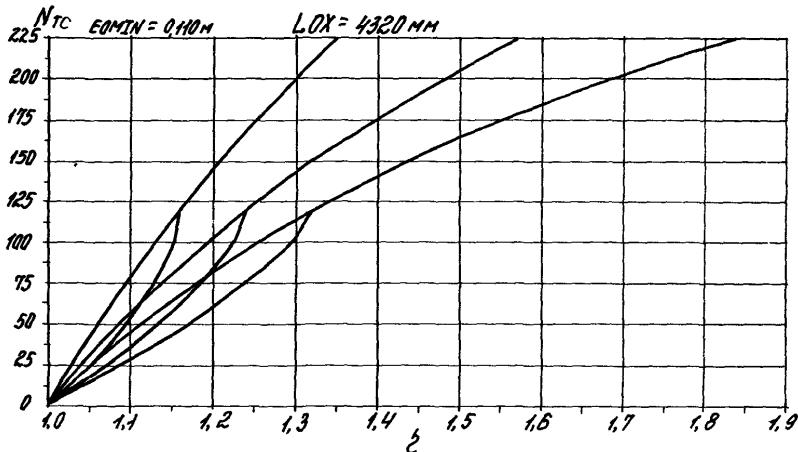
AF...

AG...

AH...





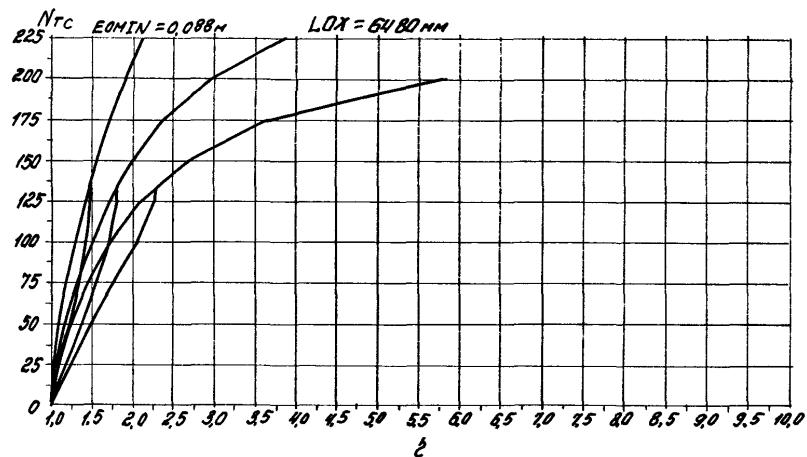
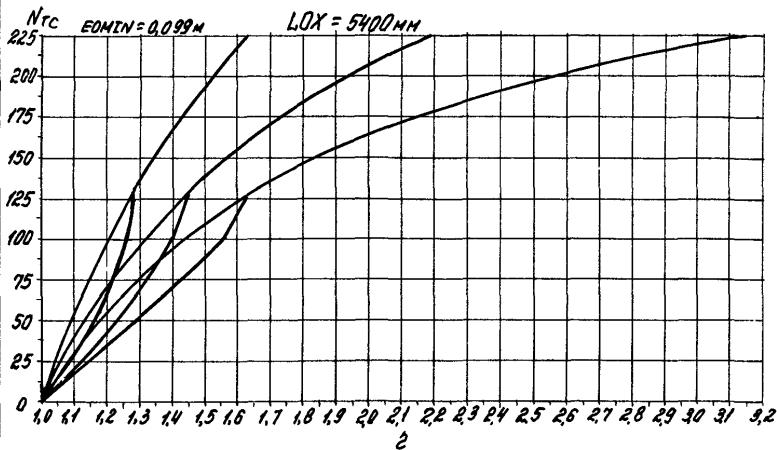


1.020.1-4

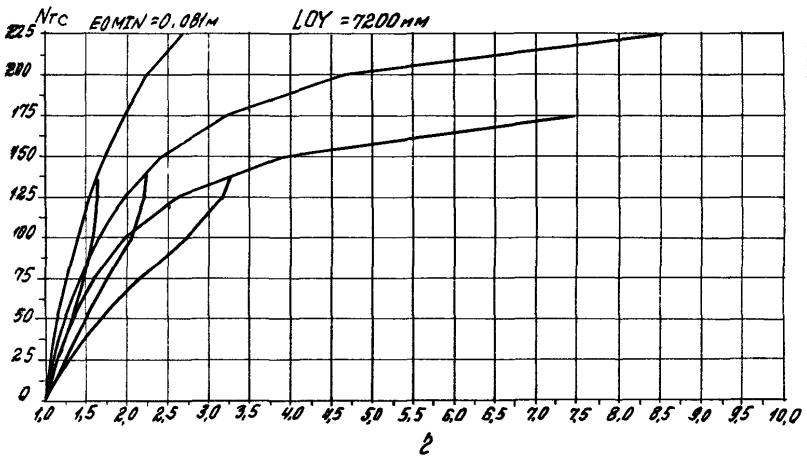
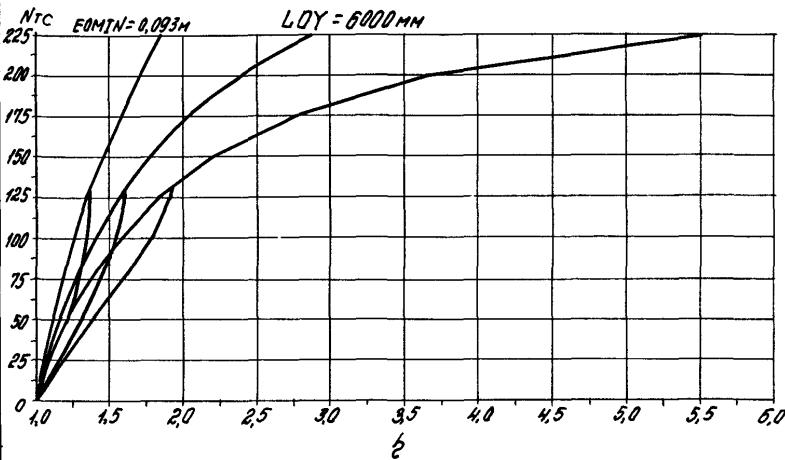
0-9 032

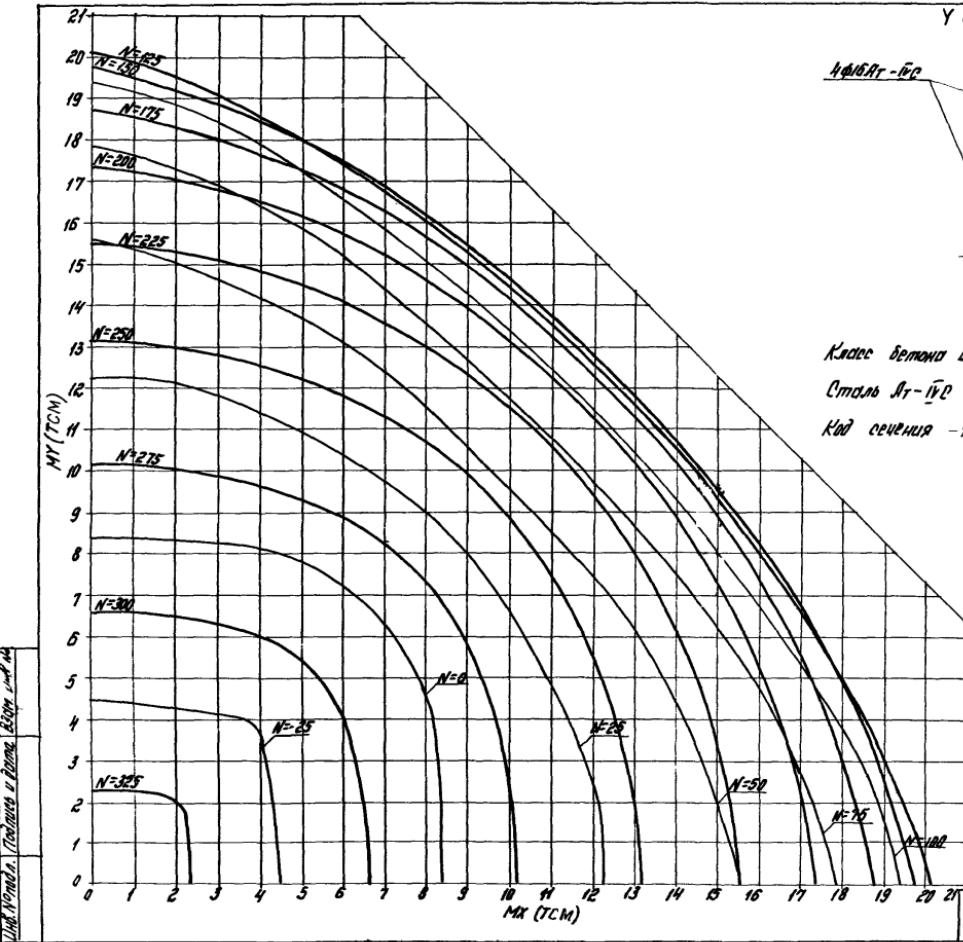
Mem

7

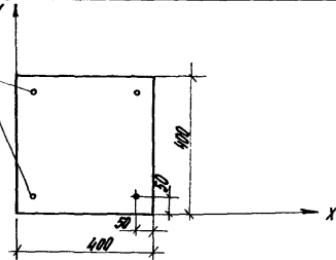


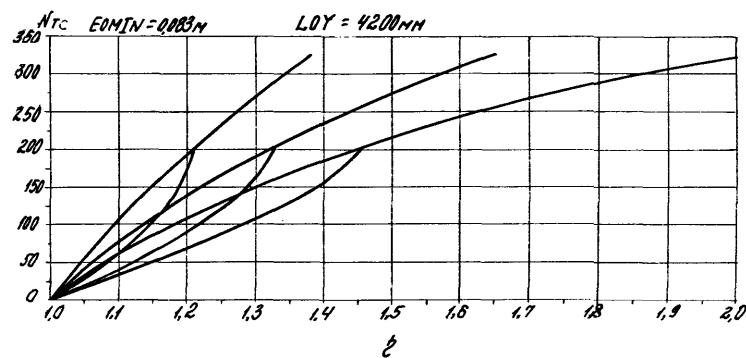
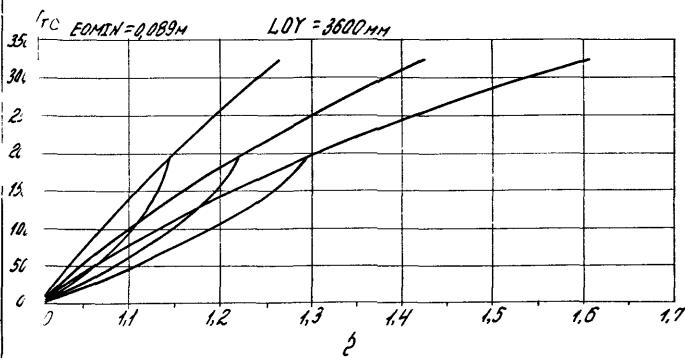
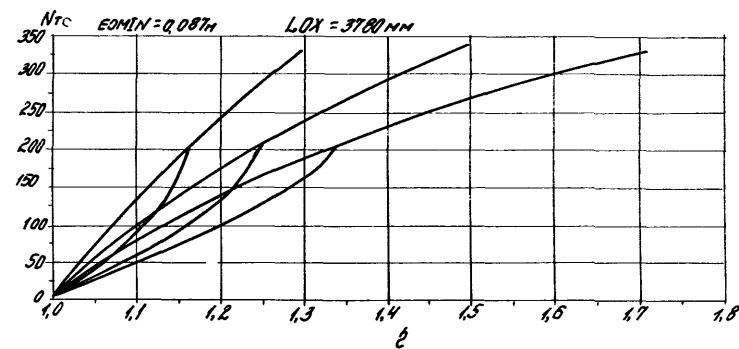
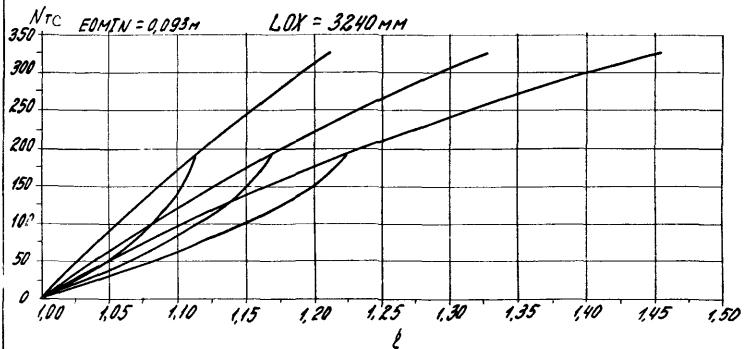
Vlakteskejce: J. Matoušek a L. Černý





Класс бетона B30,0 ($R_b = 18,7 \text{ МПа}$ при учете $\gamma_{b2} = 1,10$)
Сталь Аг-110
Код сечения - 102.0.



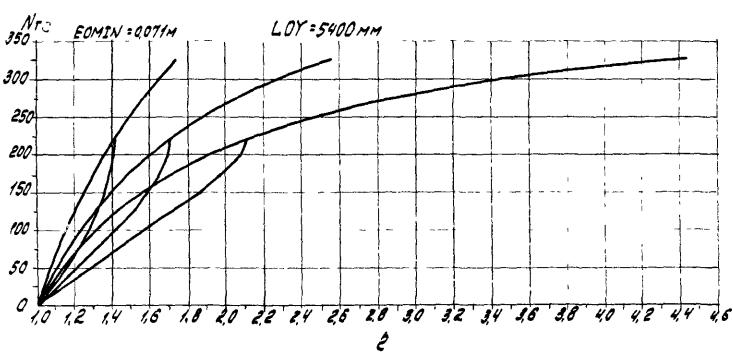
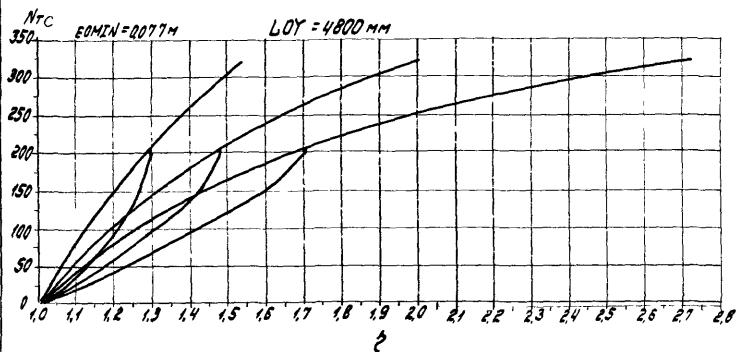
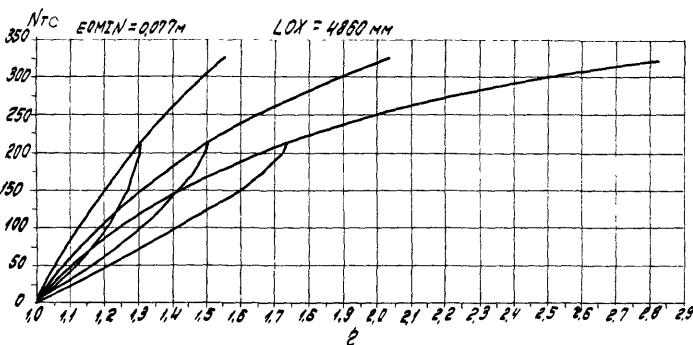
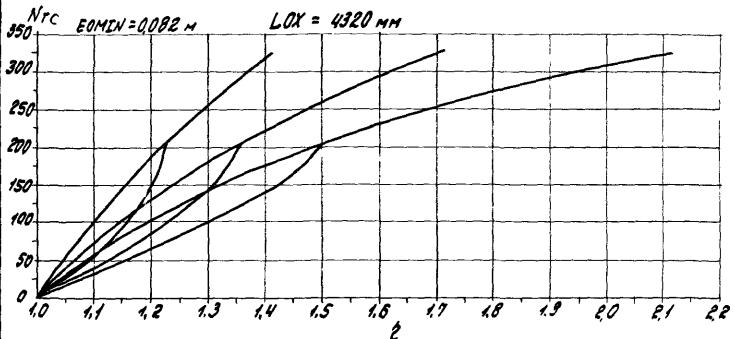


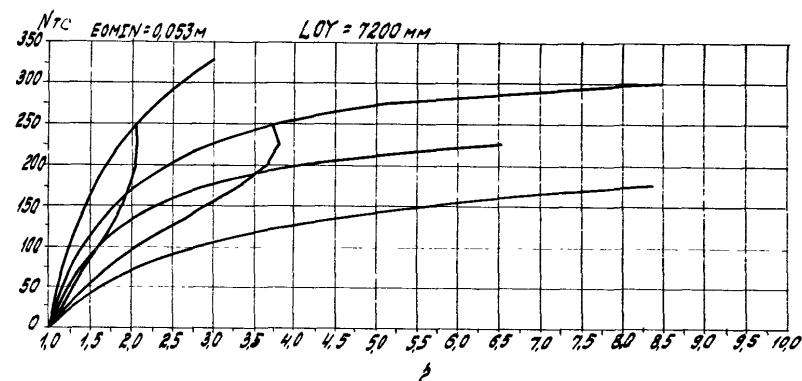
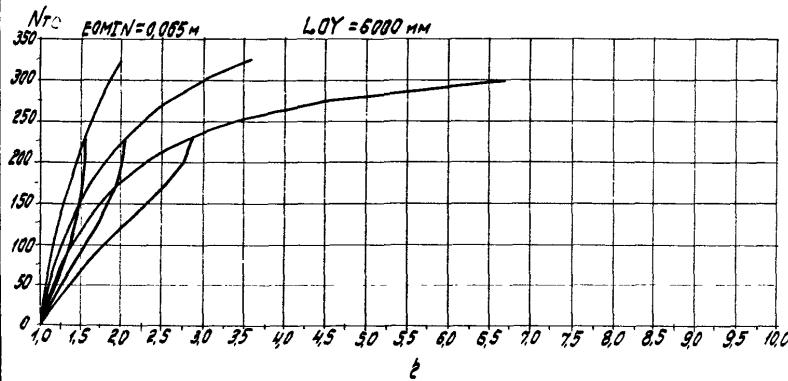
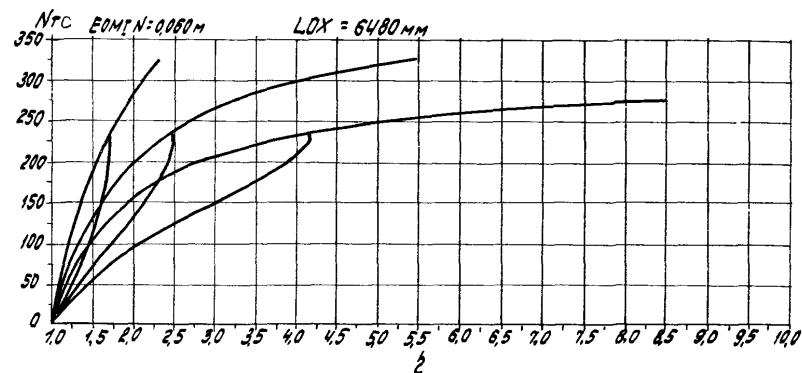
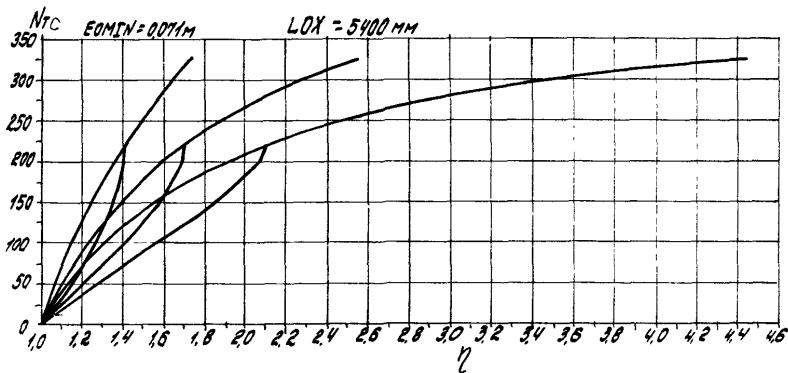
1.020. 1-4

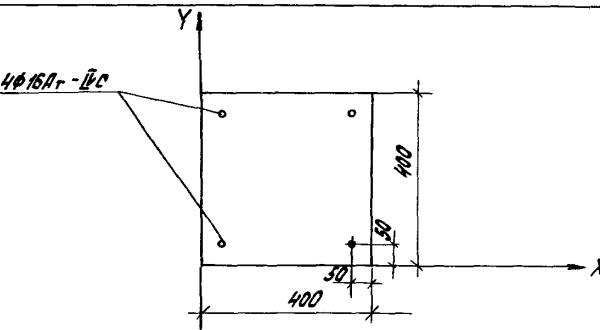
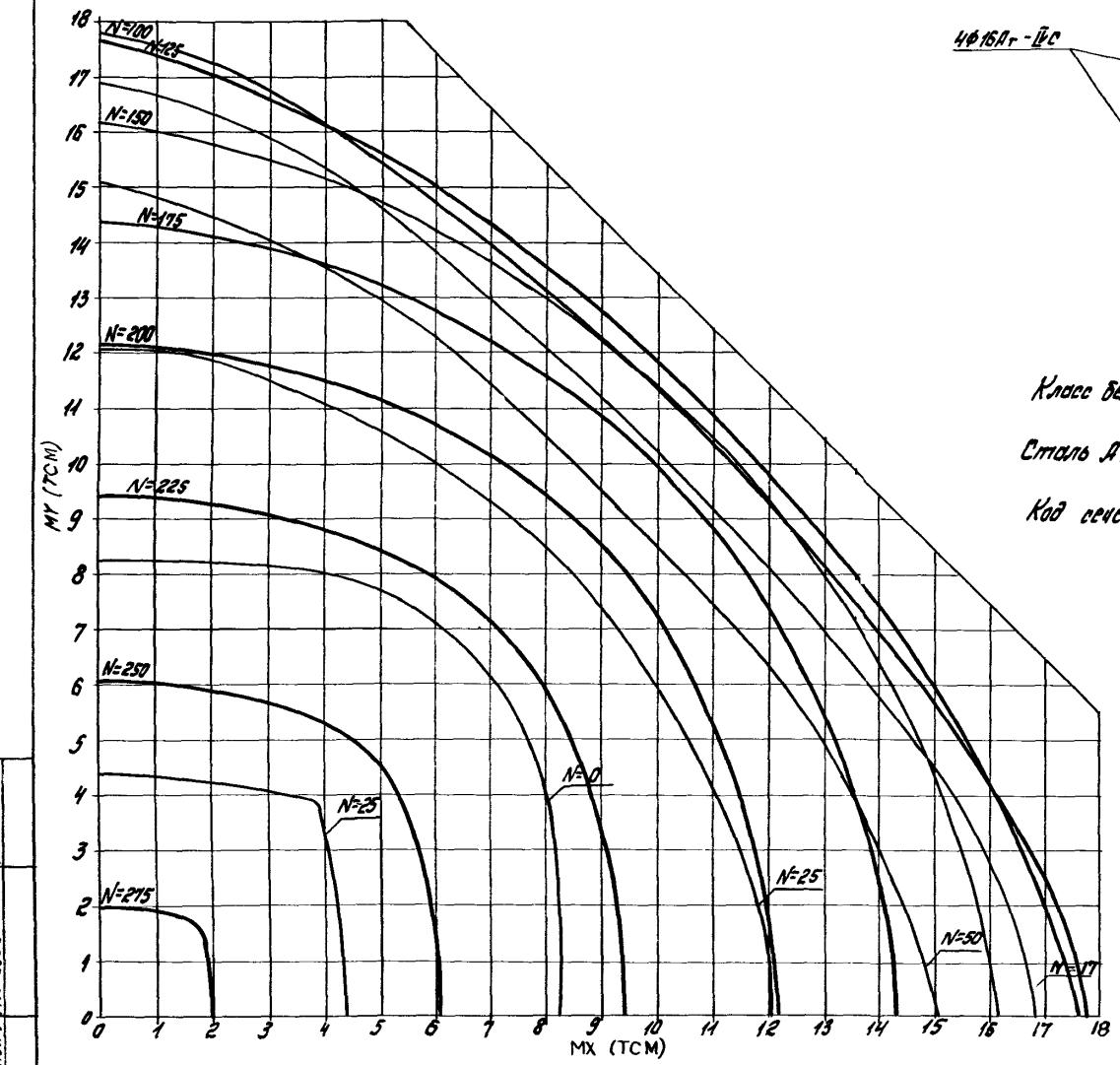
0-9 002

1000m

10







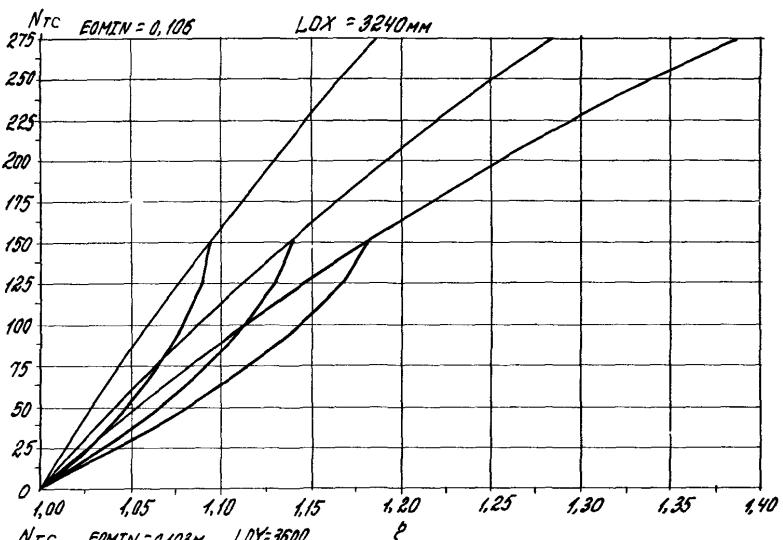
Класс бетона B30,0 ($R_B = 15,3 \text{ МПа}$ при учете $\delta_{B2} = 0,90$)

Сталь Аг- \bar{V} с

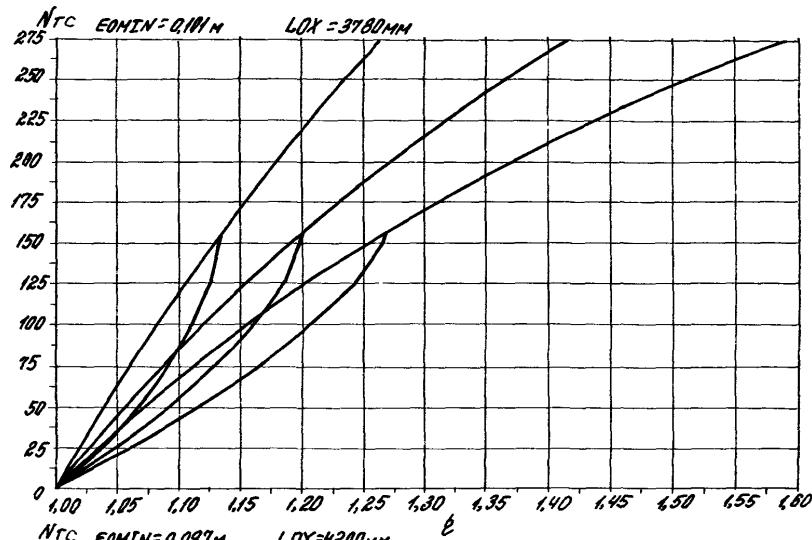
Код сечения - 1025

1020. 1-4 0-9 002

13



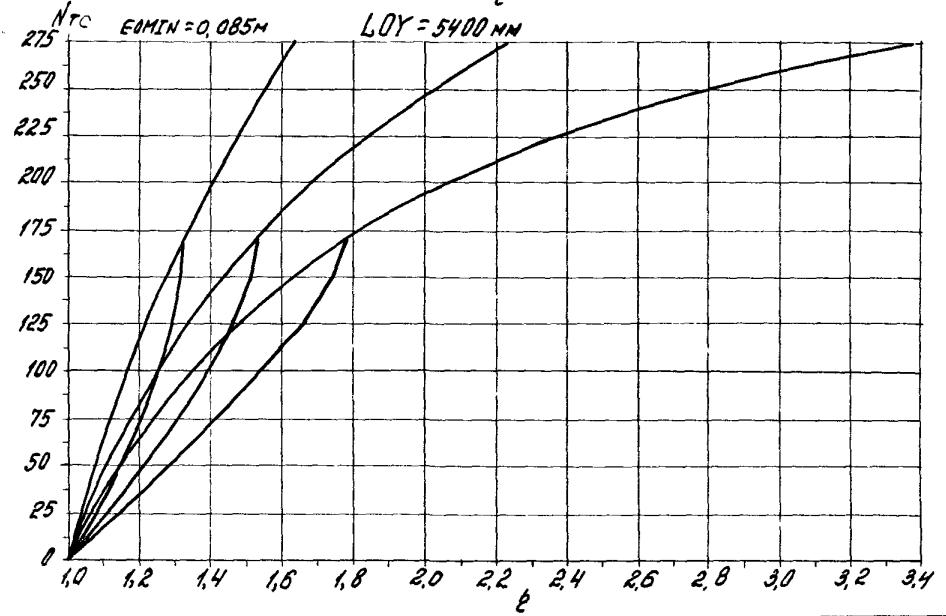
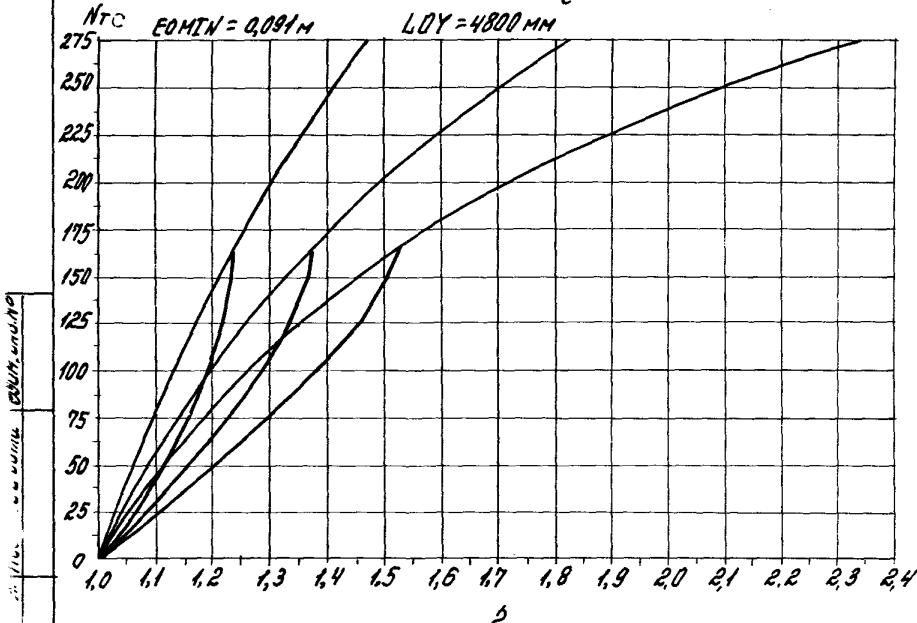
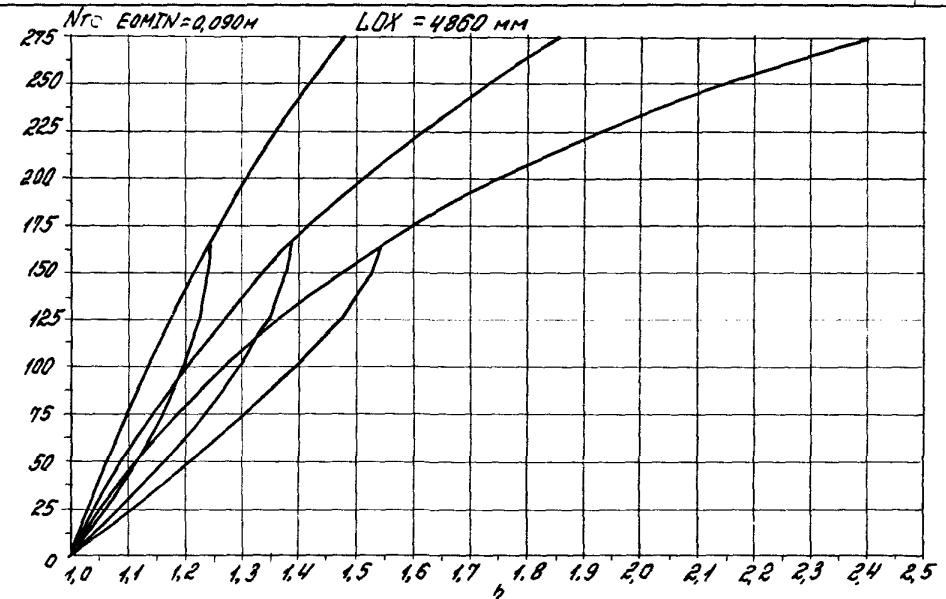
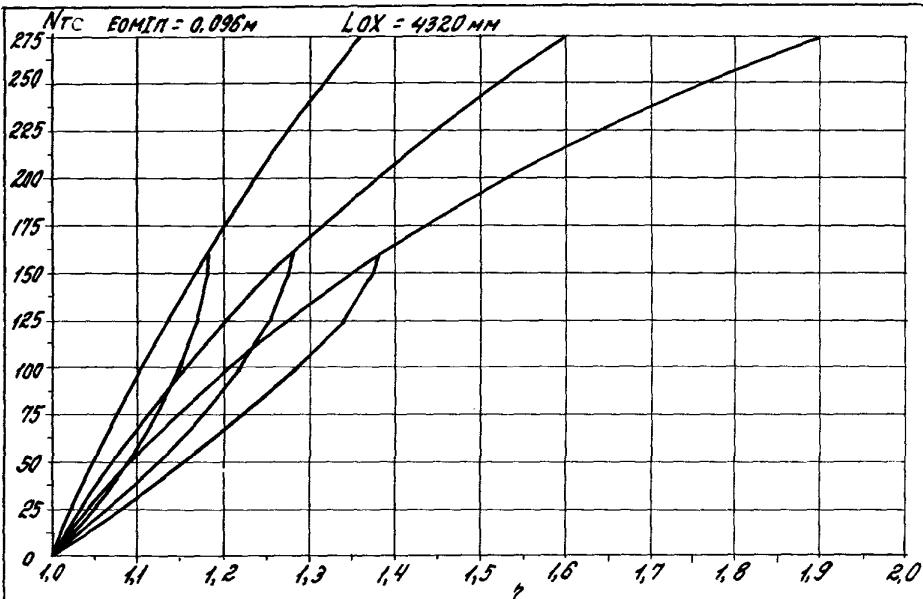
УЧЕБНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ № 20000



1020.1-4

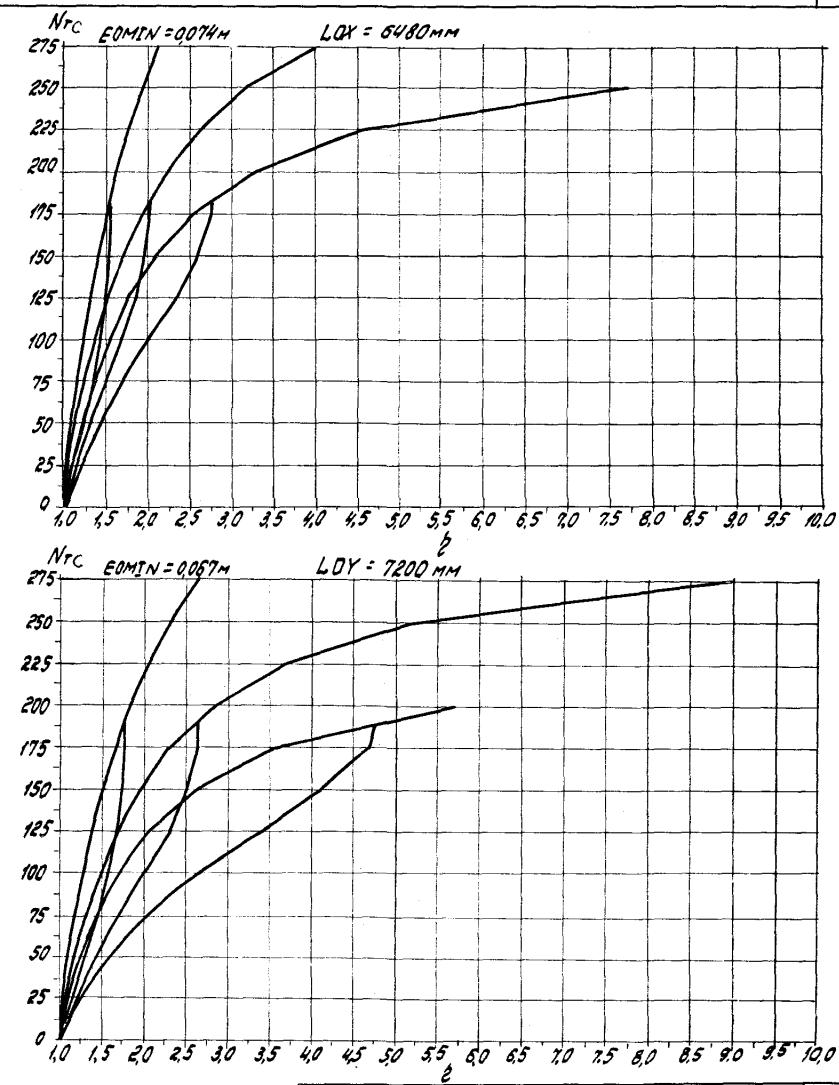
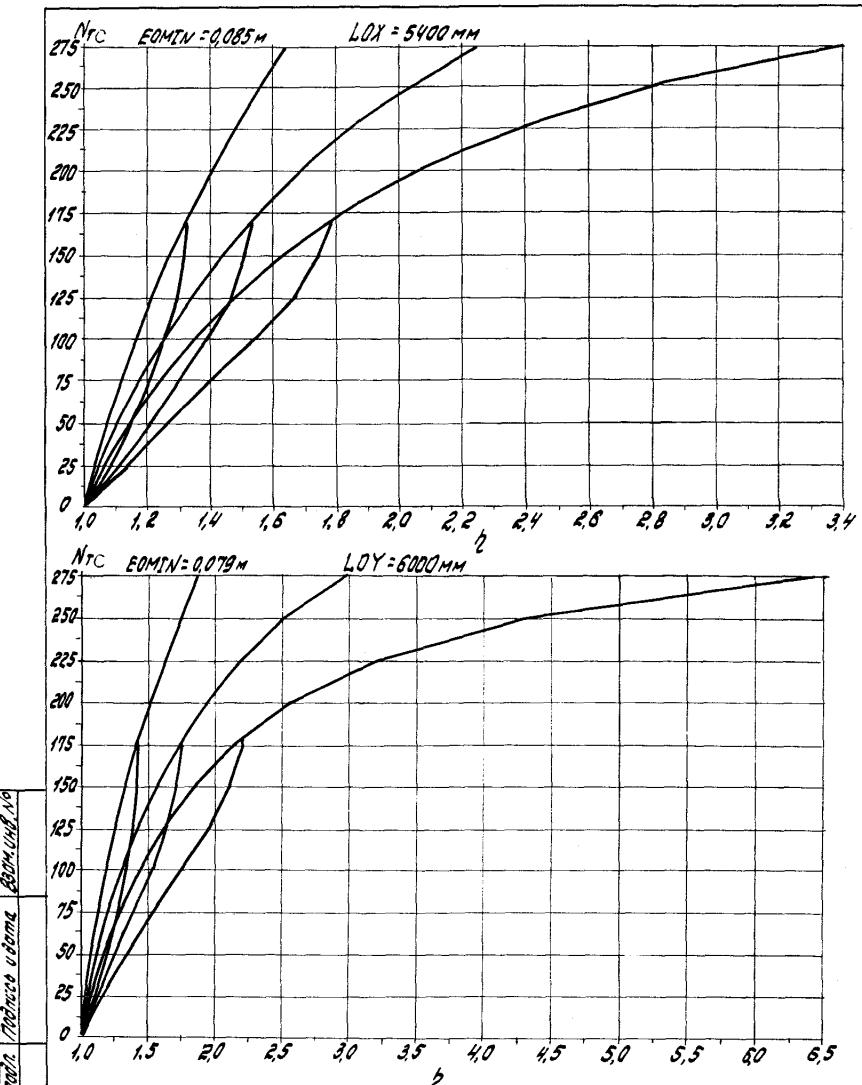
8-9 002

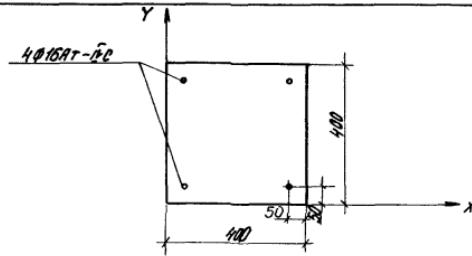
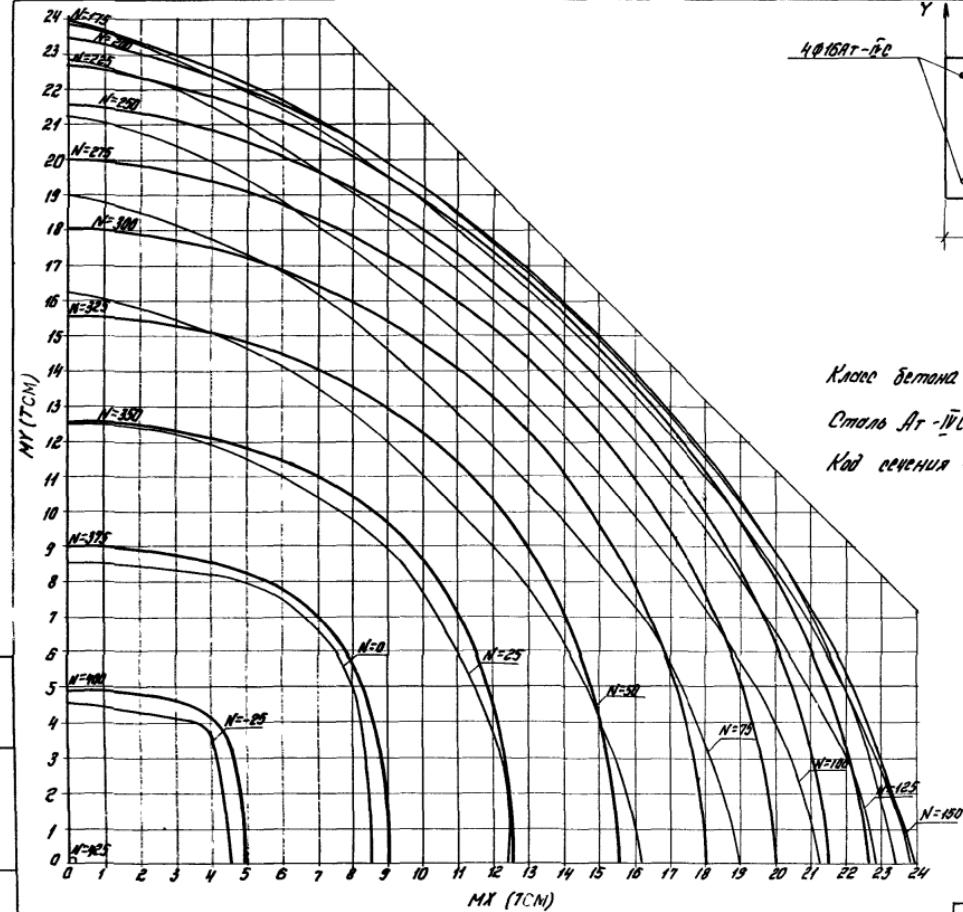
14



1.020. 1-4 0-9 502

15





Класс бетона B40.0 ($R_b = 24.2 \text{ МПа}$ при учете $\gamma_{B_2} = 1.10$)

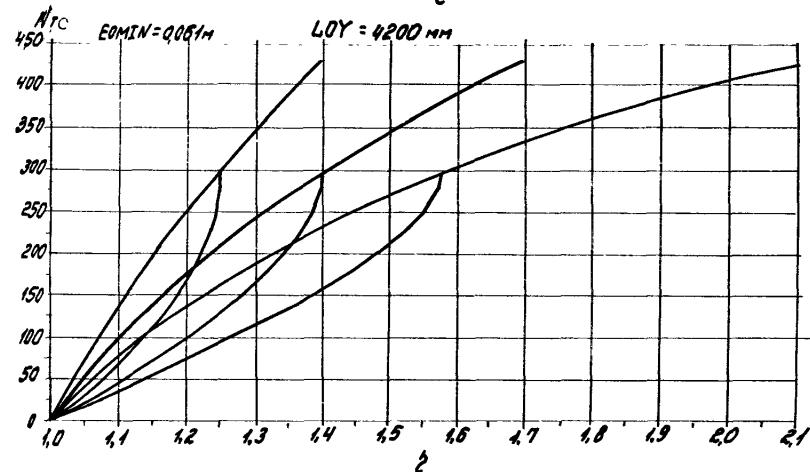
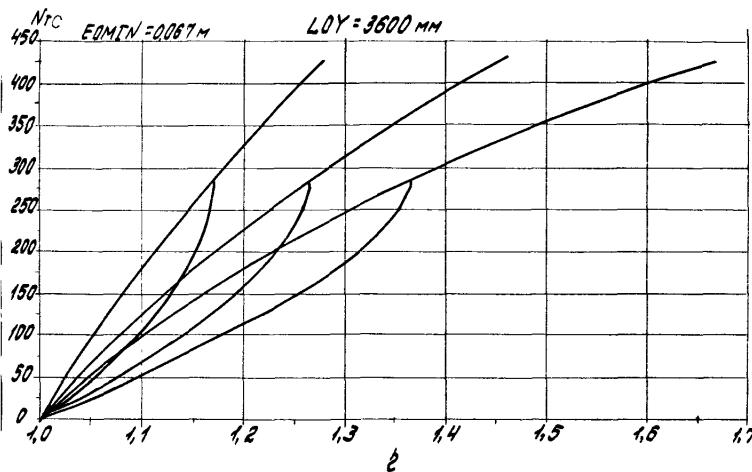
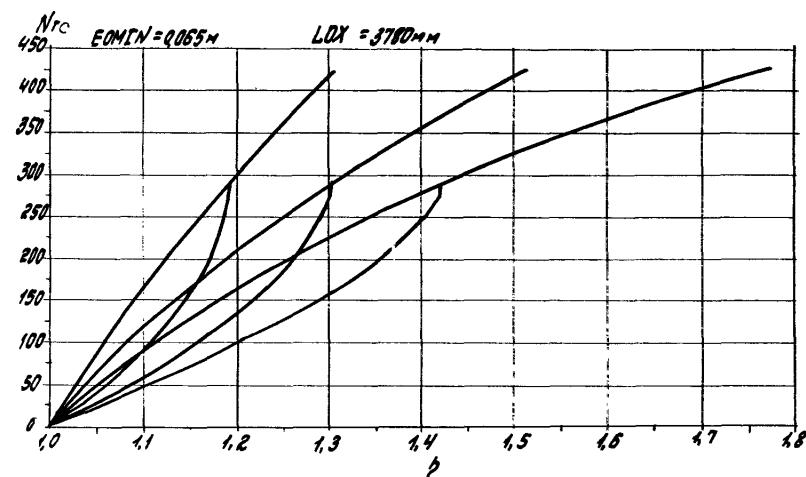
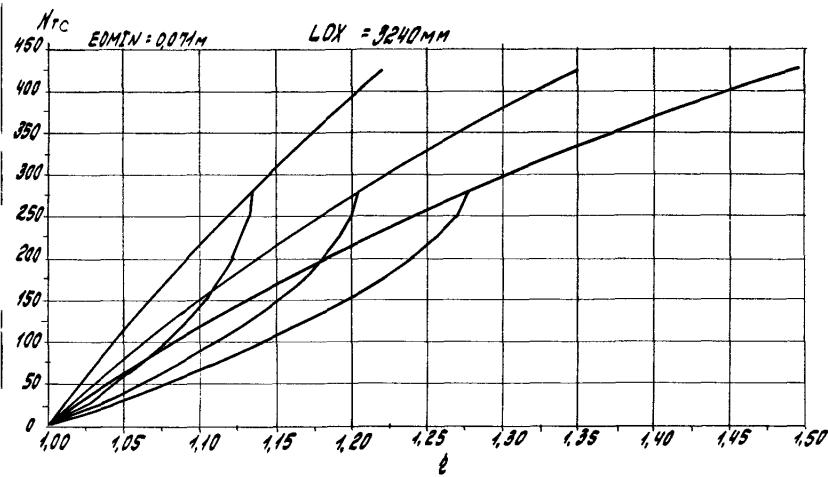
Сталь Аг- $\bar{\mu}\text{C}$

Коэффициент -103α

1.020.1-4 0-9 092

п.п.
17

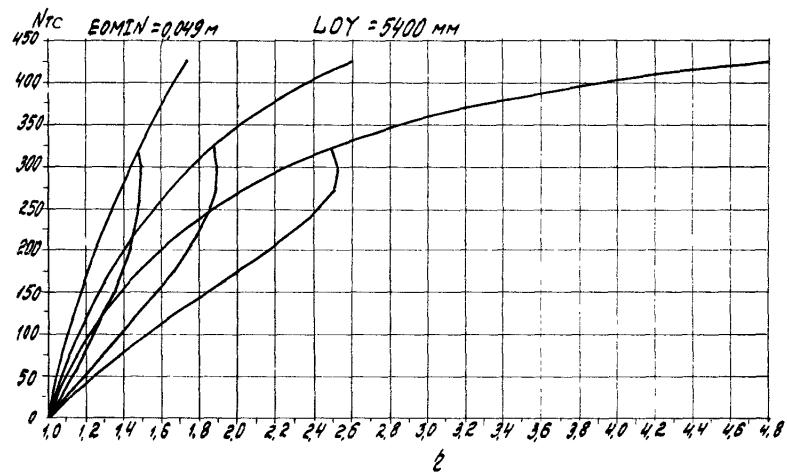
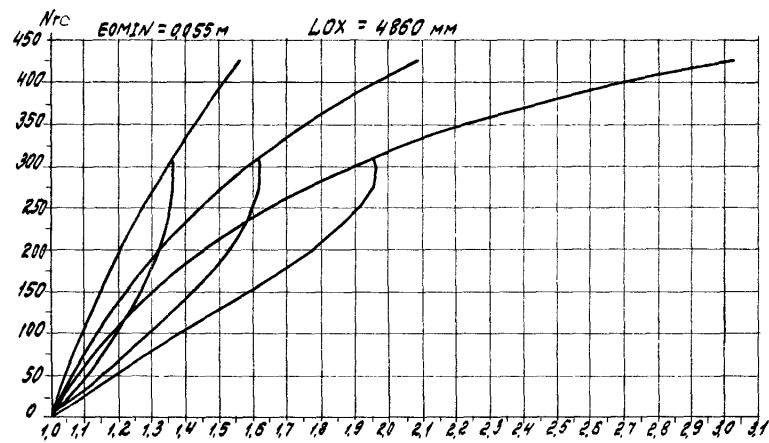
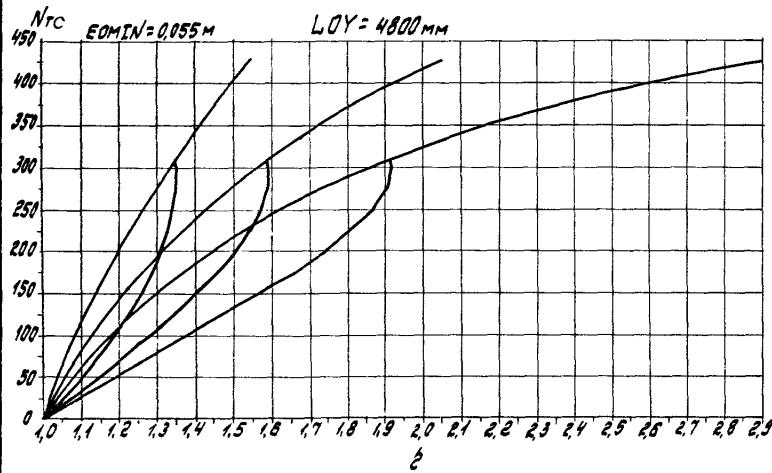
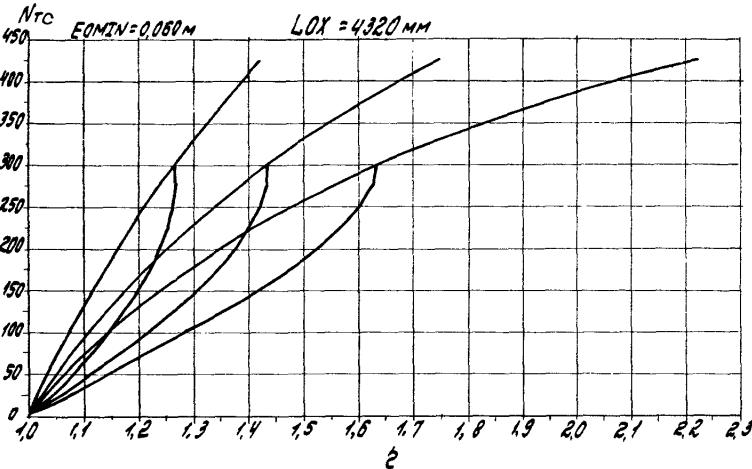
24166-01 33



1020 1-4

D-9 002

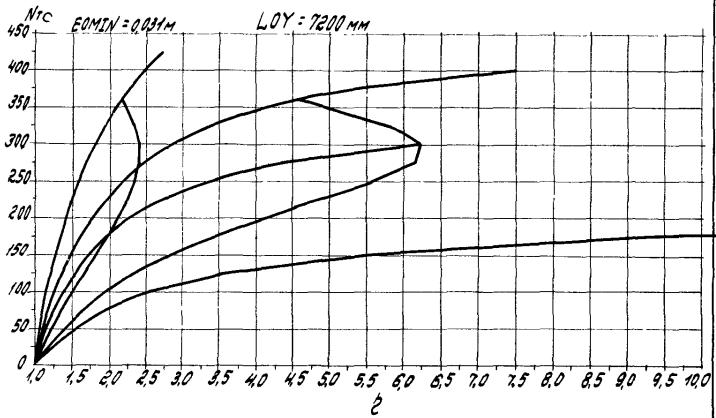
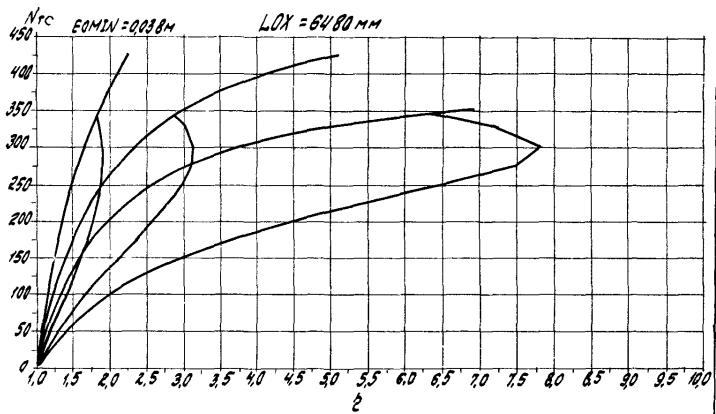
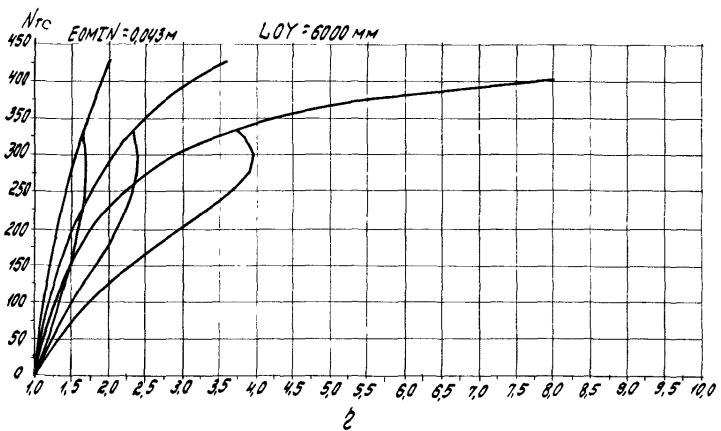
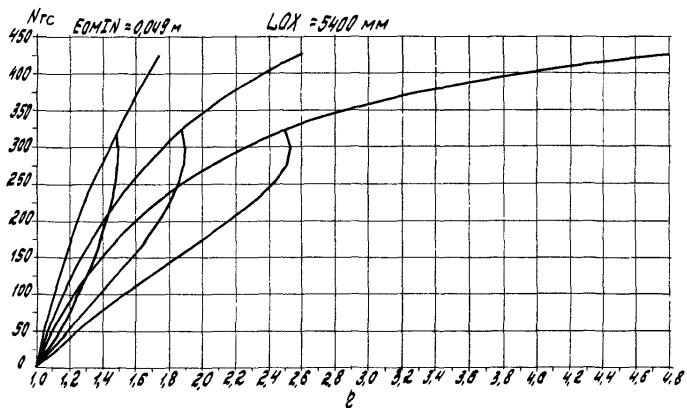
100m
18



1.020.1-4

0-9.302

19

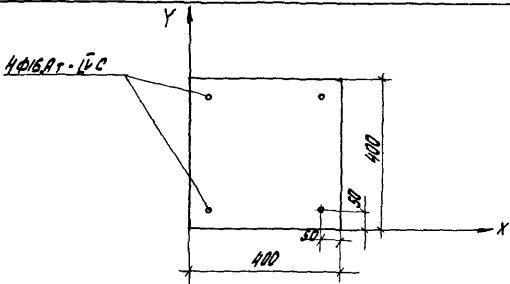
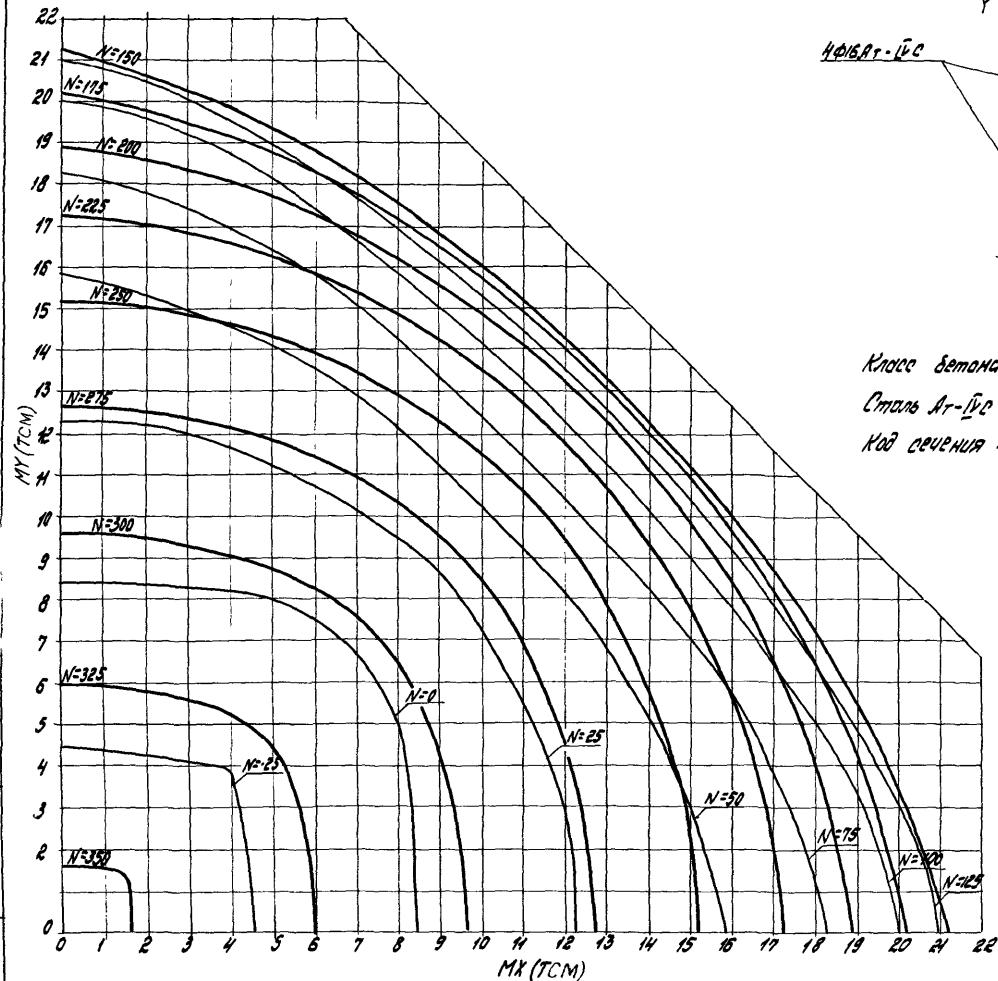


142. Кінодія. Доброволчанка. ВІДН. УМВ. №

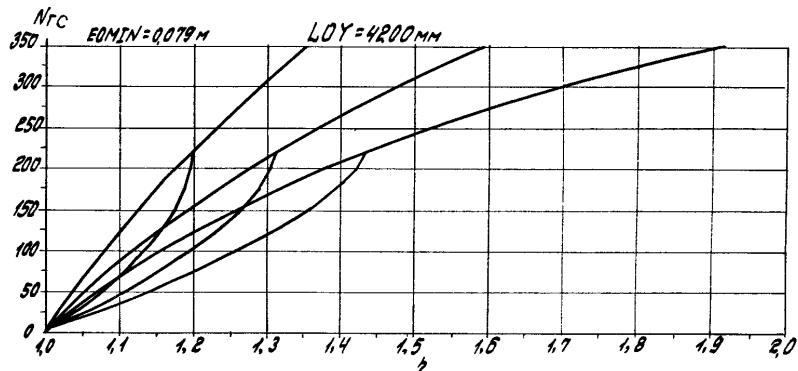
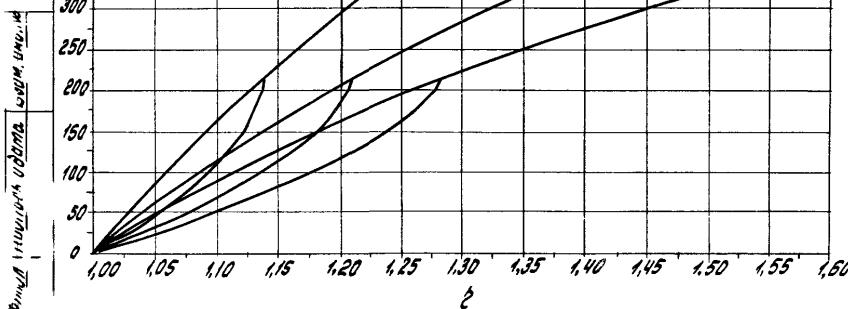
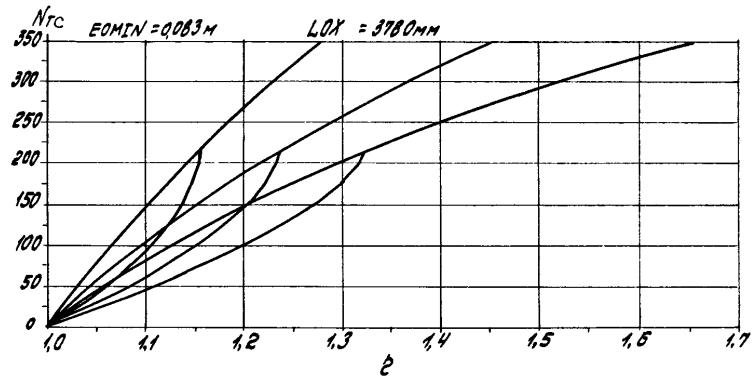
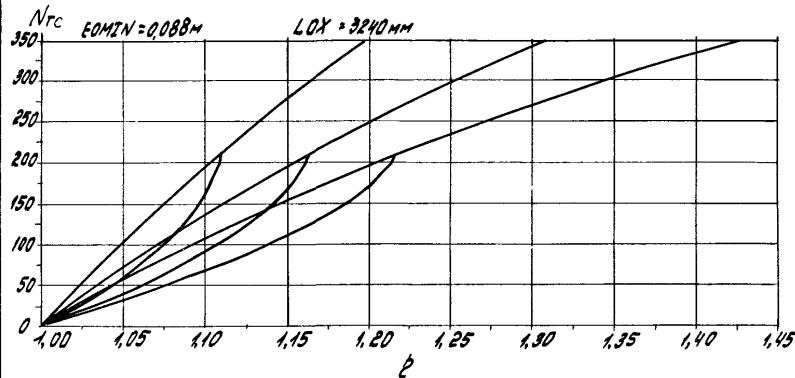
10220 1-4

8-9 002

20



Класс бетона B40,0 ($R_b = 19,8 \text{ МПа}$ при учете $\gamma_{B2} = 0,90$)
Сталь Аг-ЛС
Код сечения - 103Б

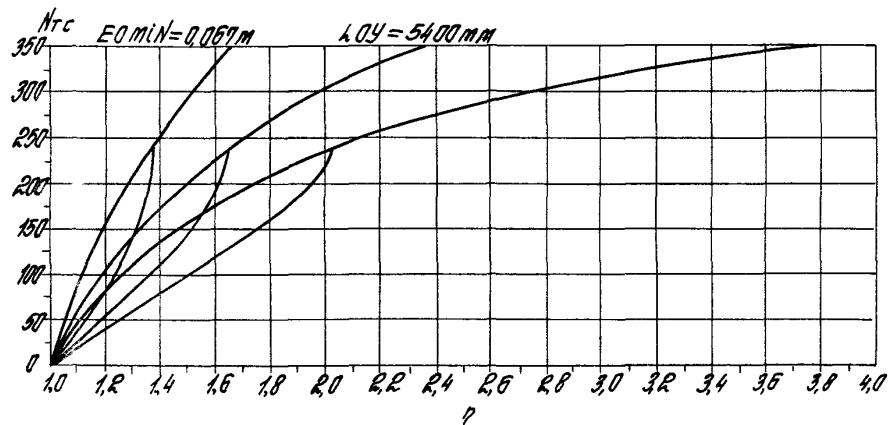
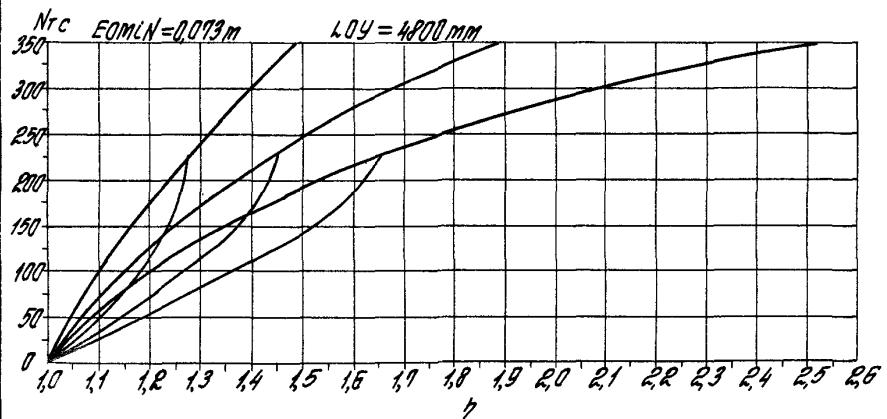
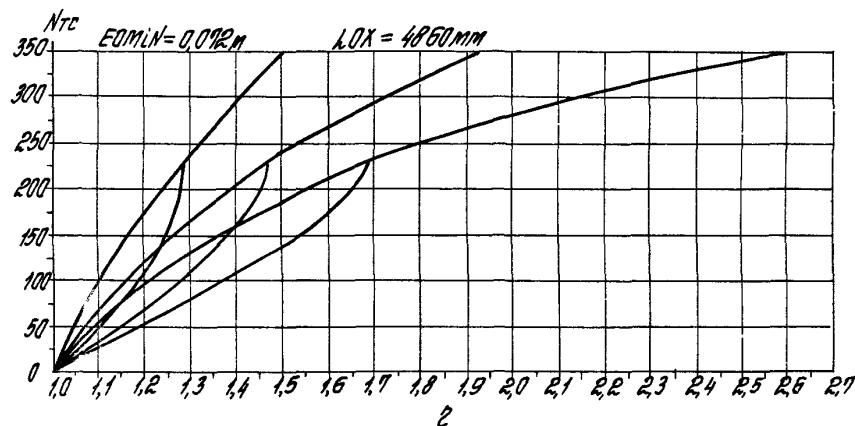
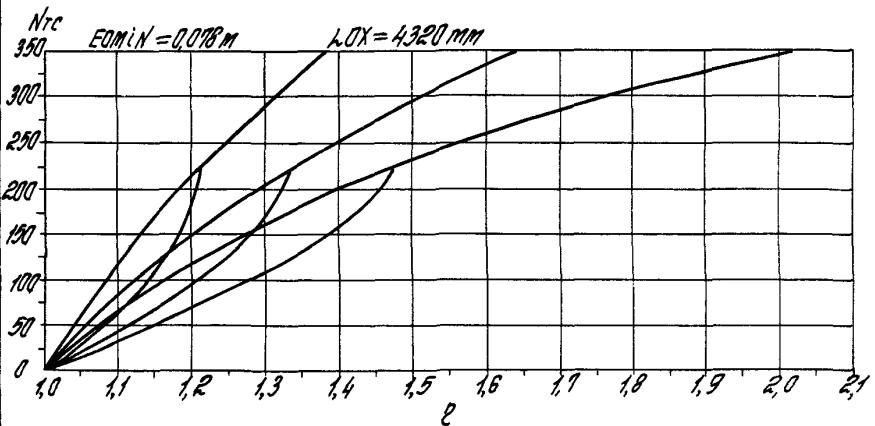


1.028. 1-4

0-9 002

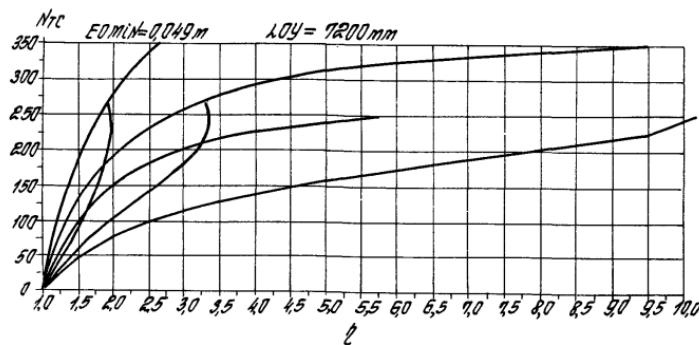
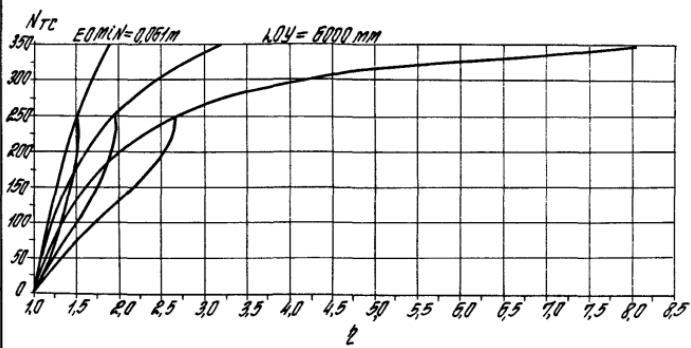
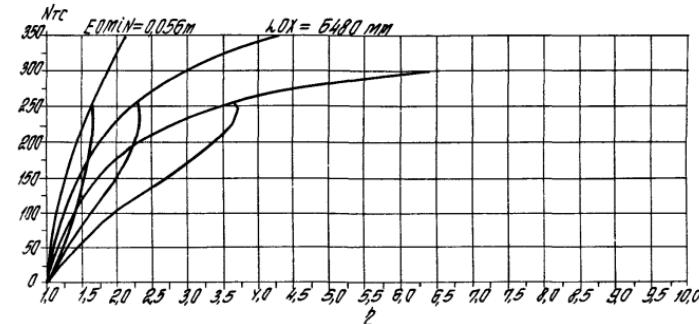
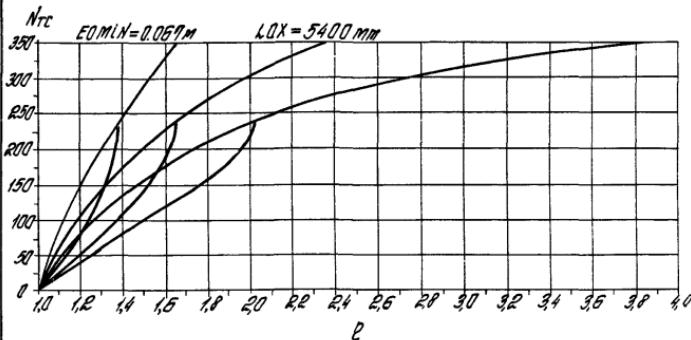
NUC

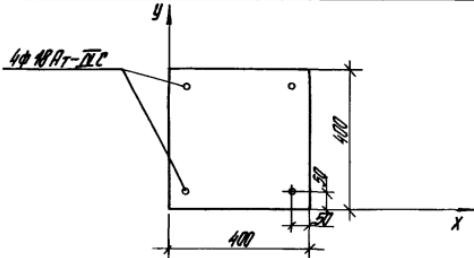
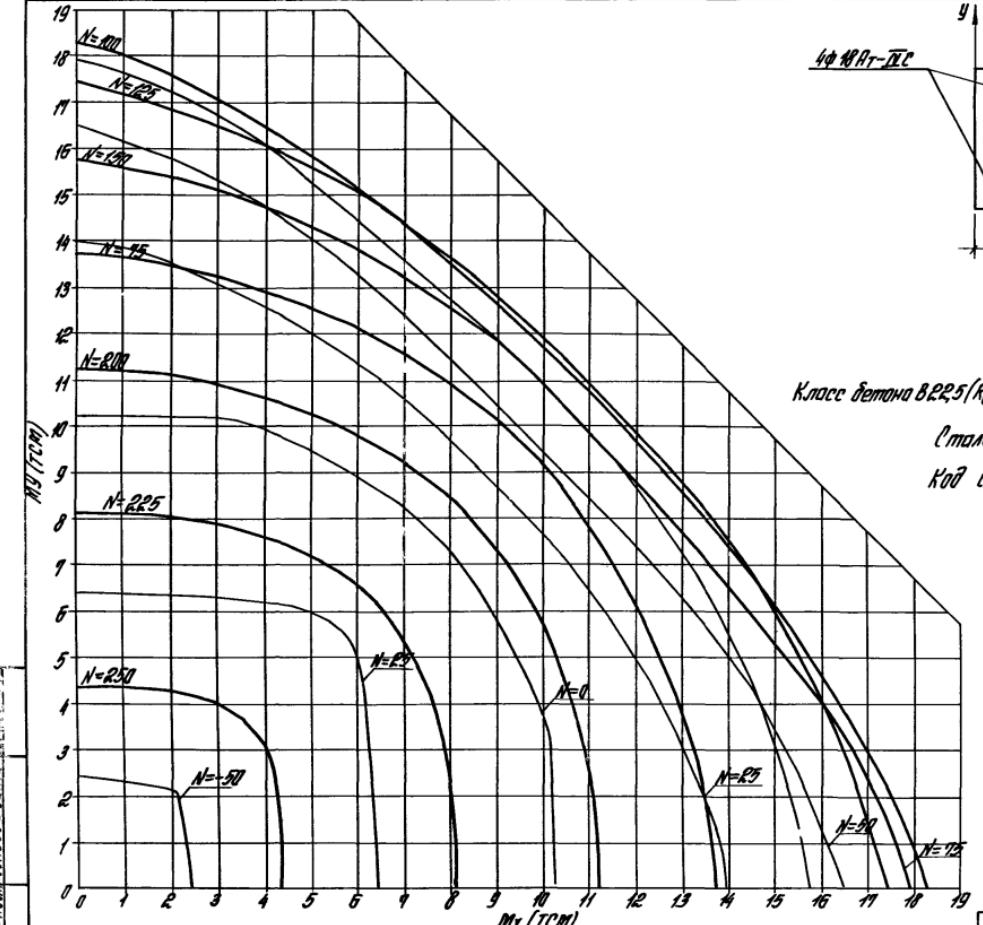
22



1020. 1-4 0-9 002

NET
23

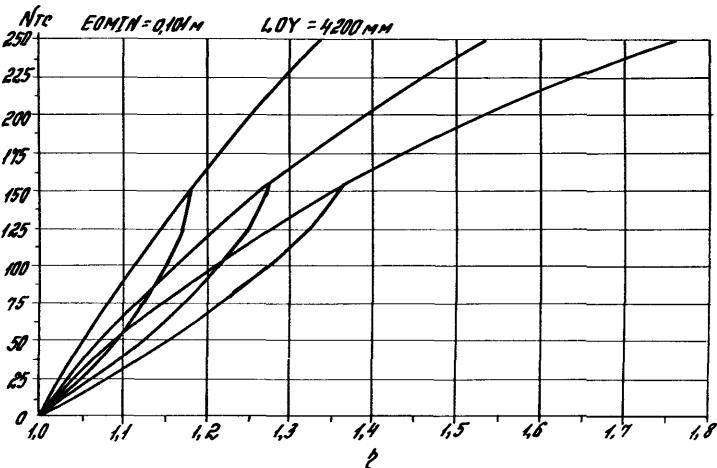
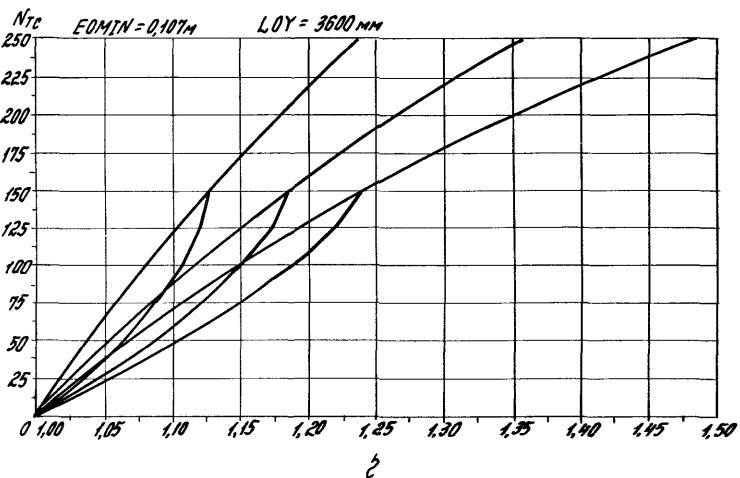
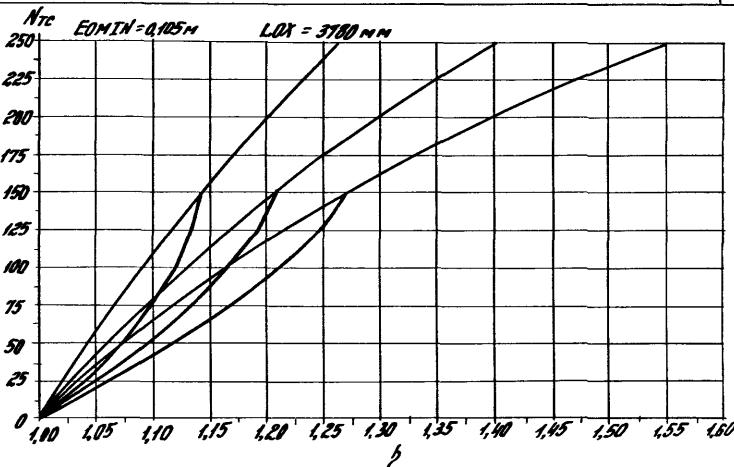
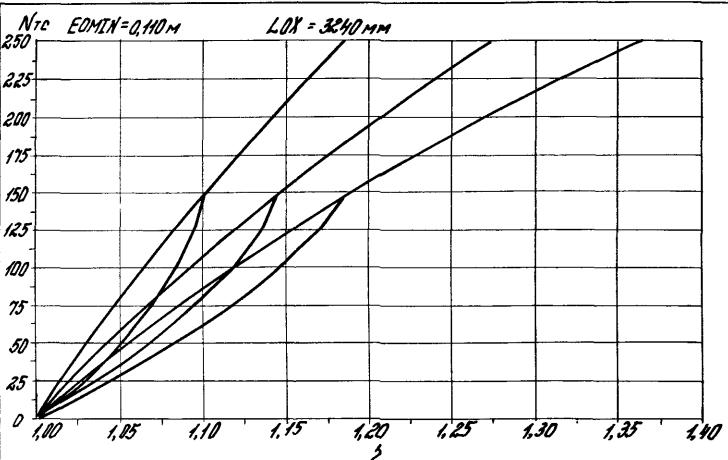




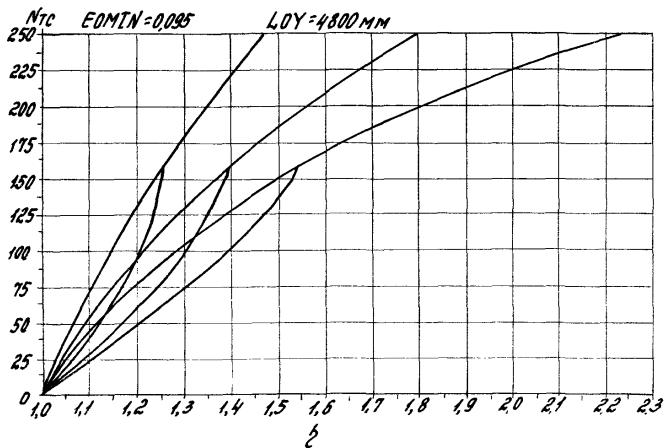
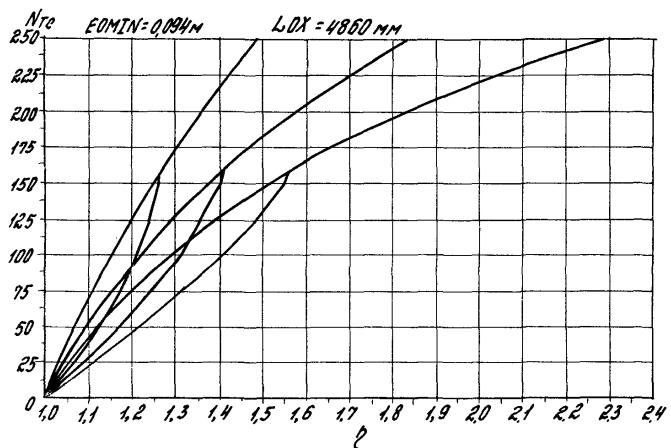
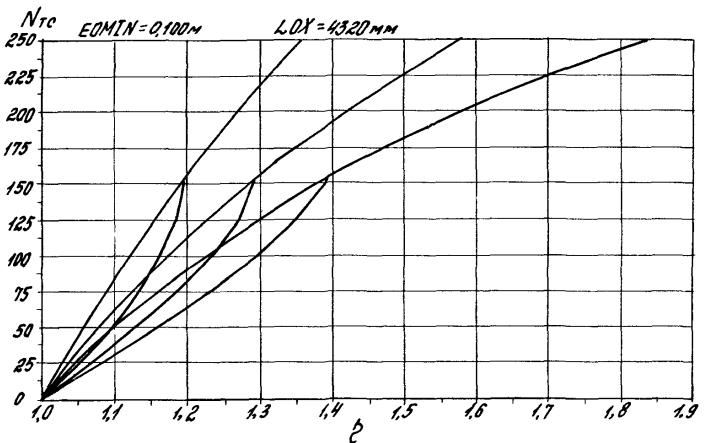
Класс бетона B22,5 ($f_{ck} = 14,3 \text{ МПа}$ при учете $\gamma_{B2} = 1,10$)

Сталь АГ-IVc

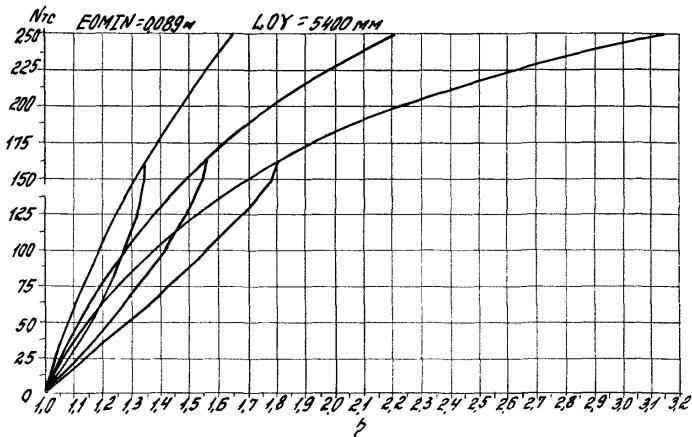
Код сечения - 104a

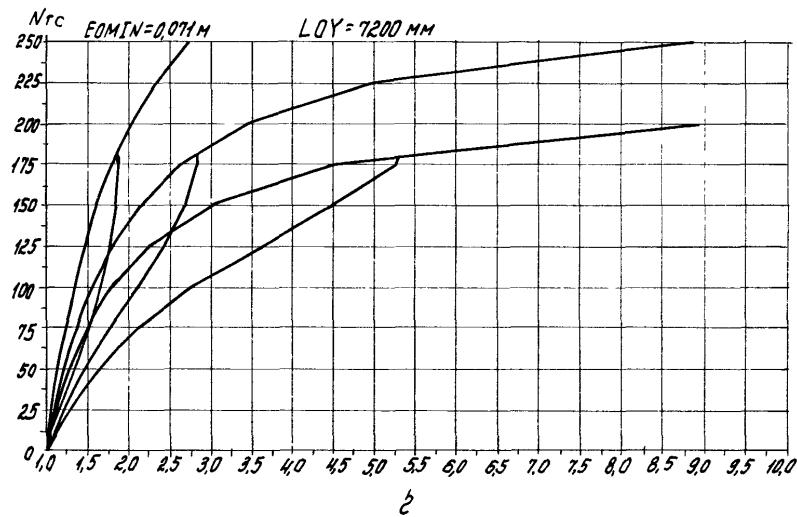
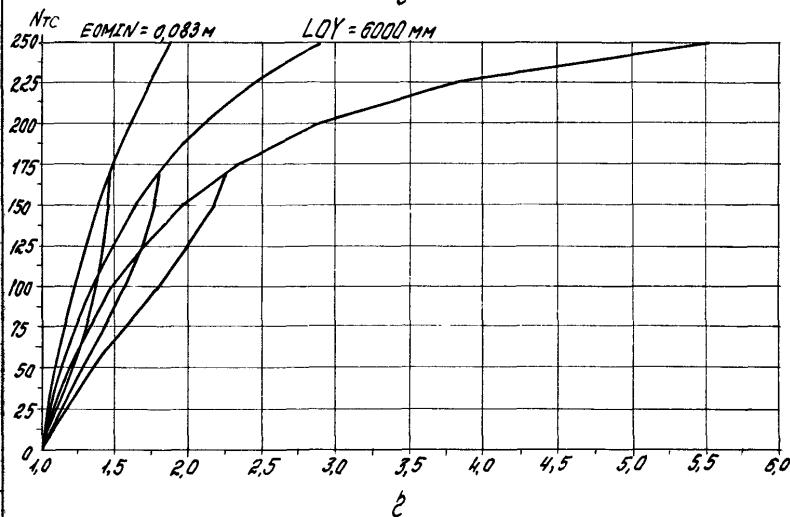
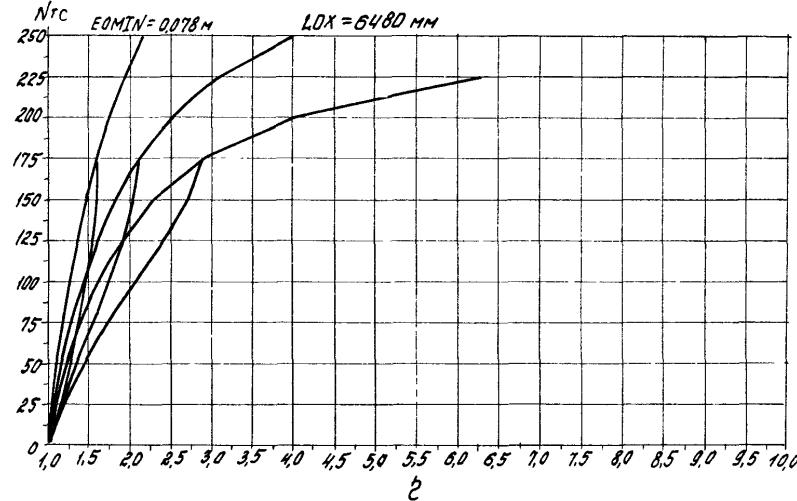
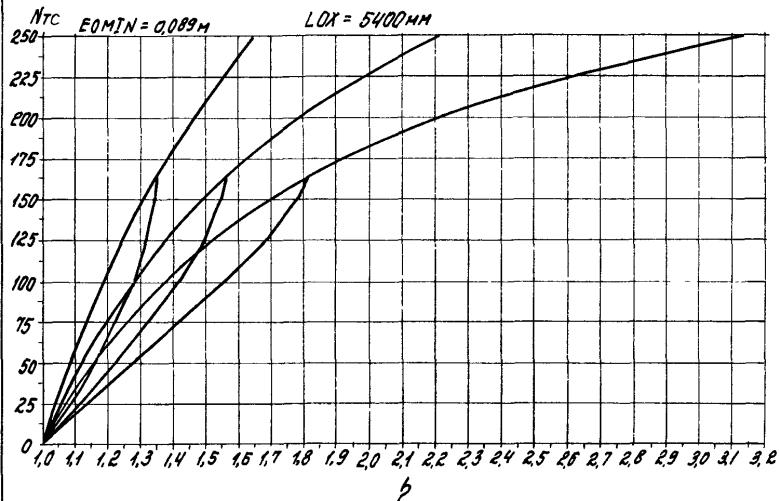


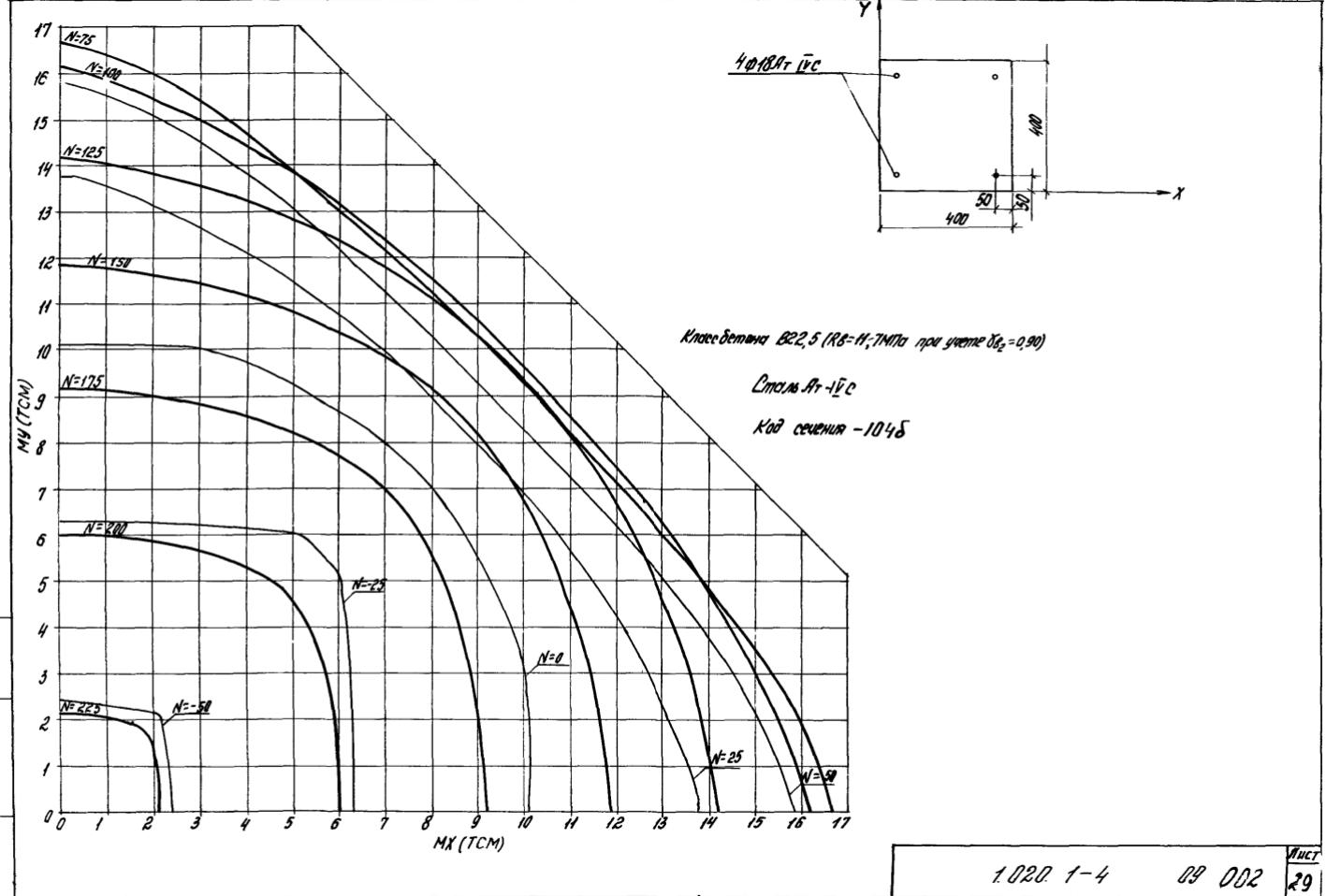
Uvod. Normy pro výrobu a provoz elektrotechnických zařízení

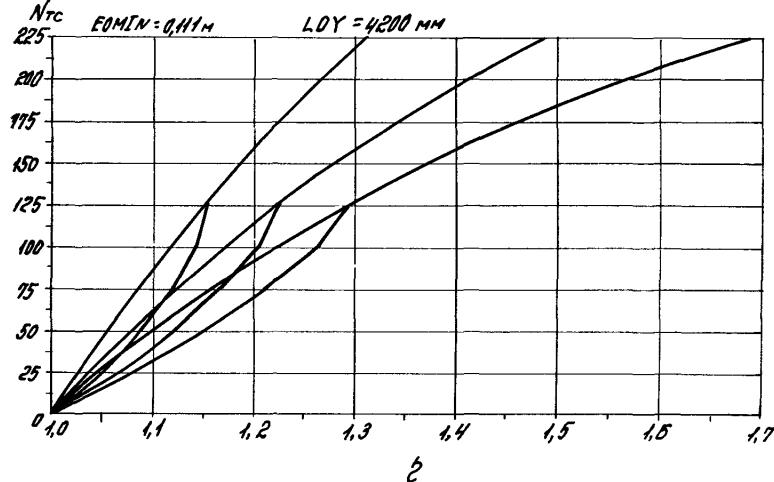
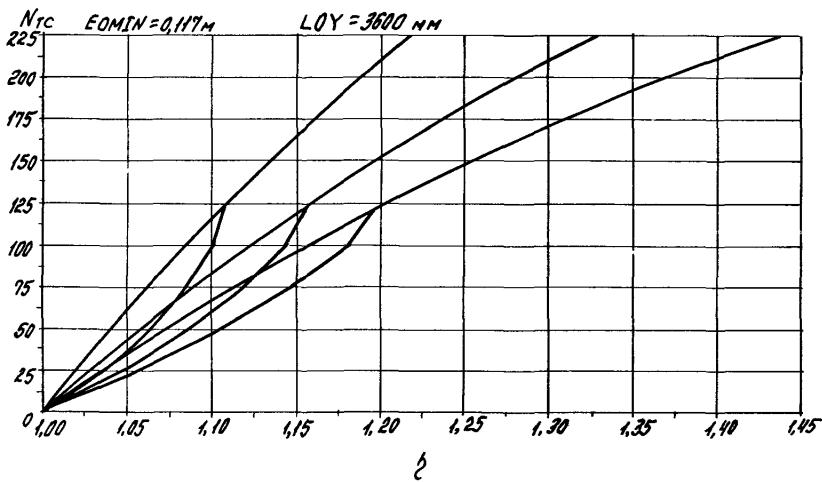
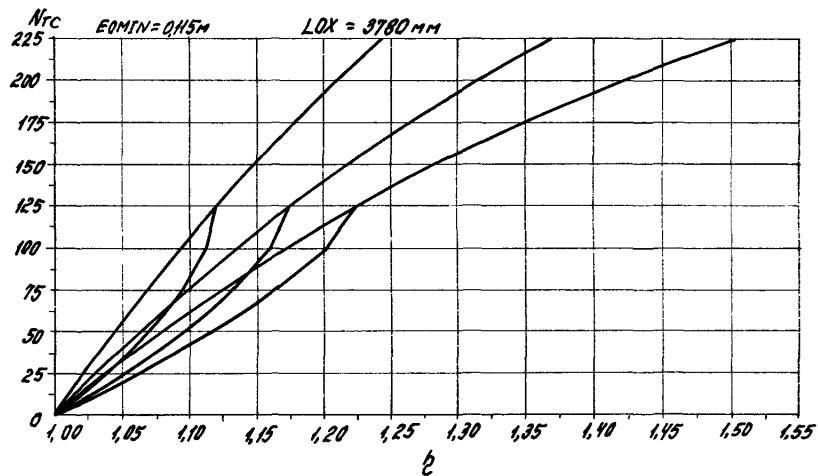
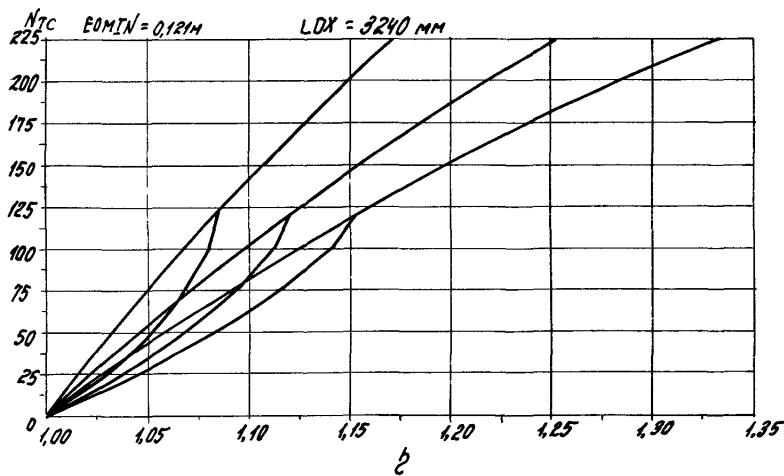


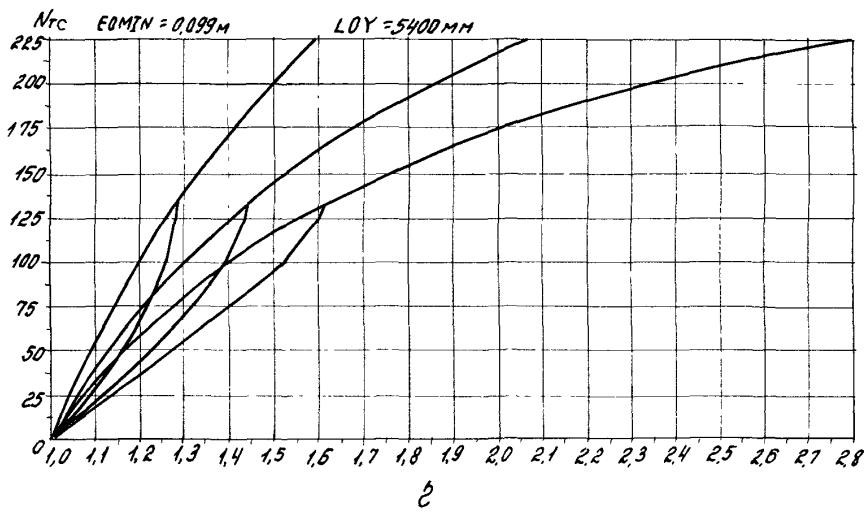
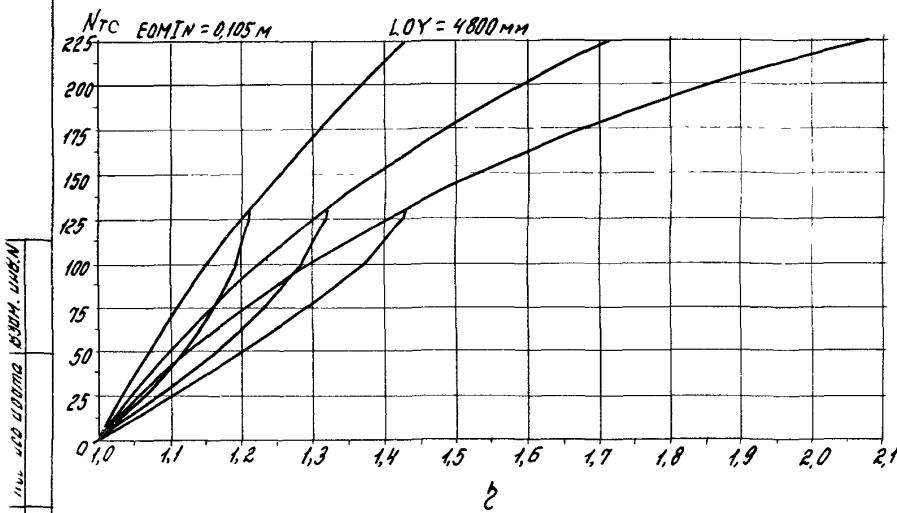
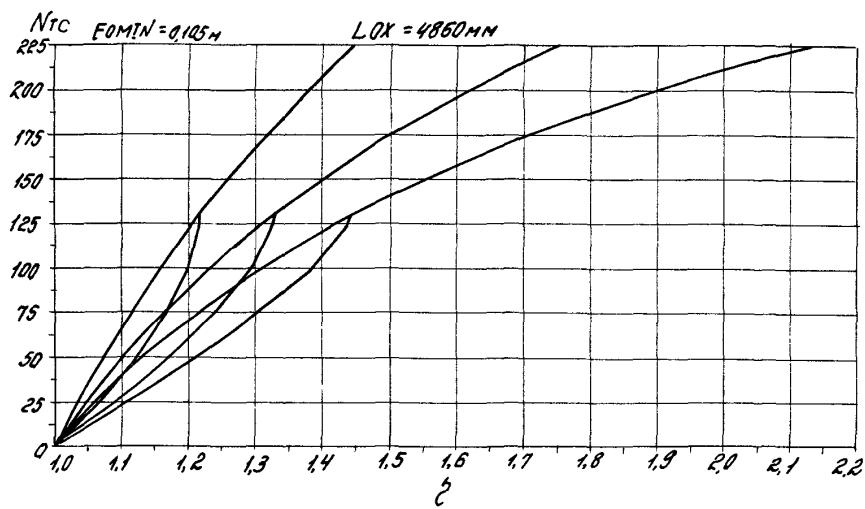
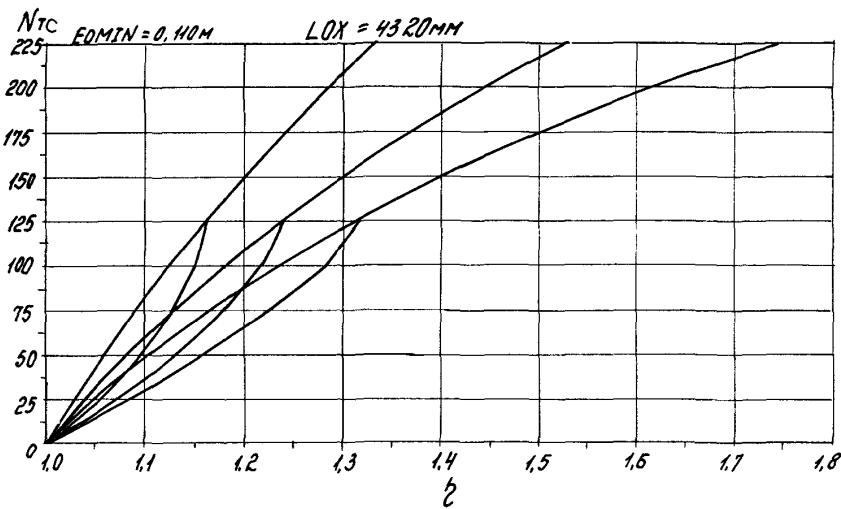
Umožněno - může být použito v závislosti na konkrétních podmínkách.







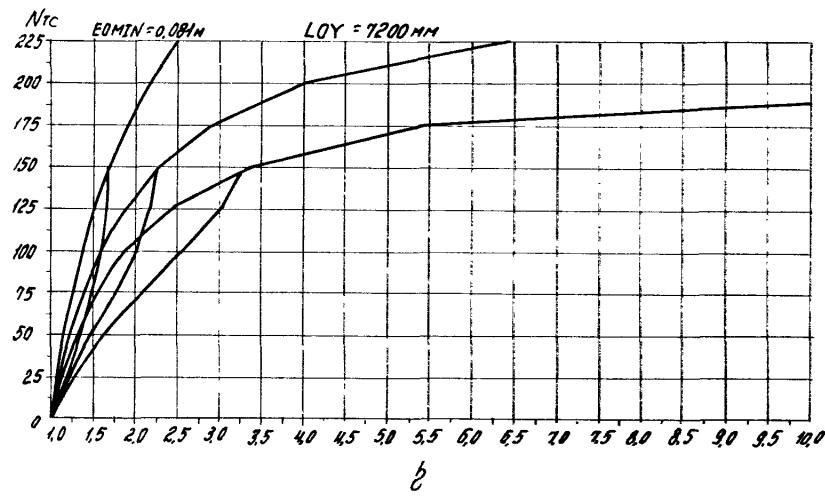
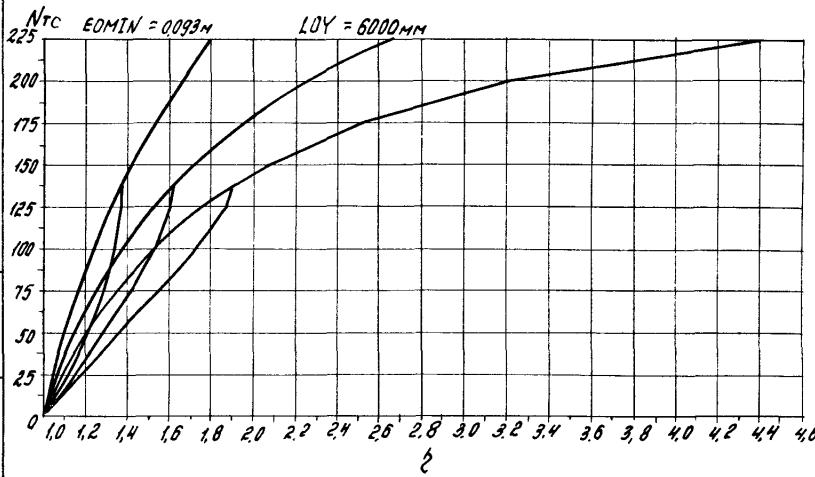
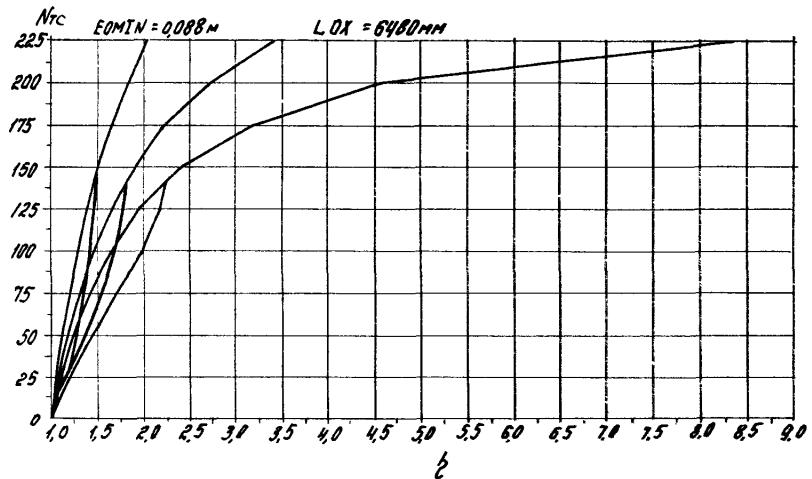
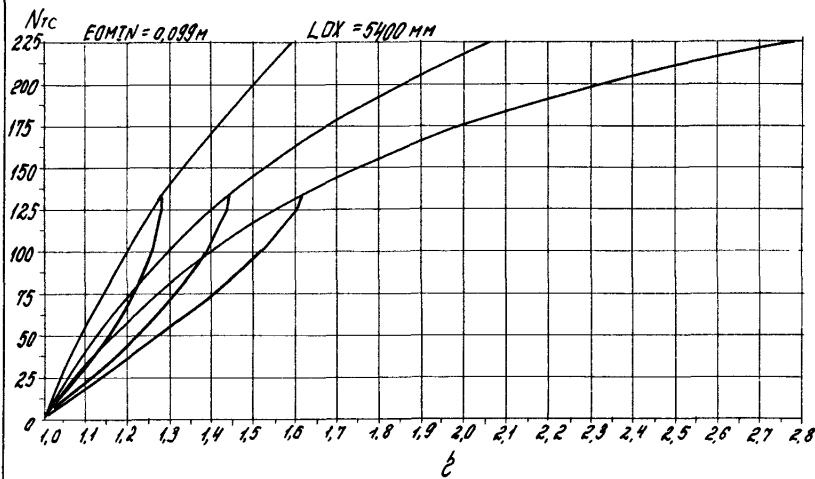




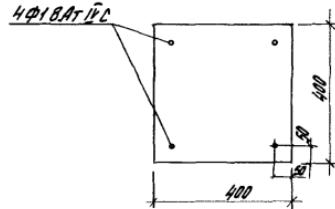
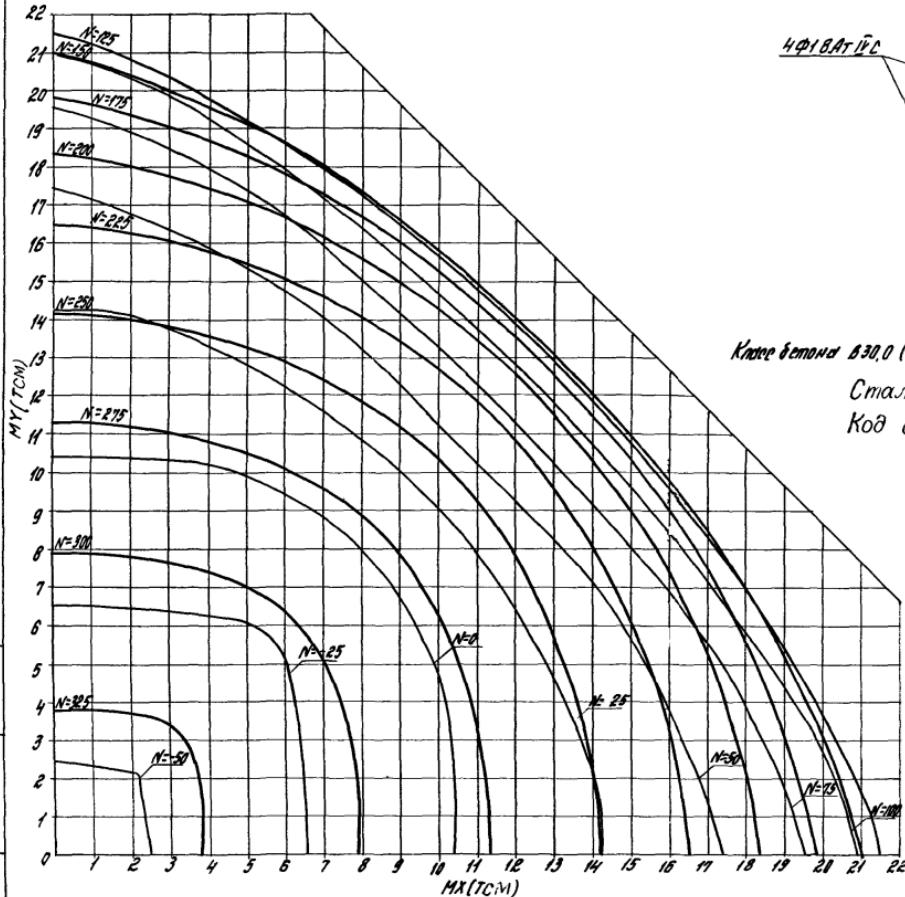
1020. 1-4

0-9 002

Svenn
31



Документ: Техническая документация



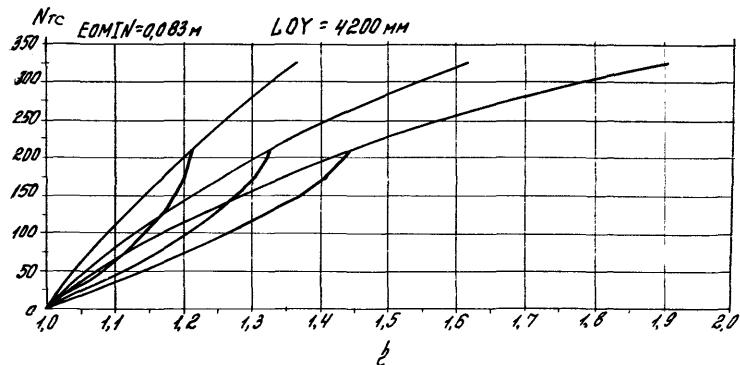
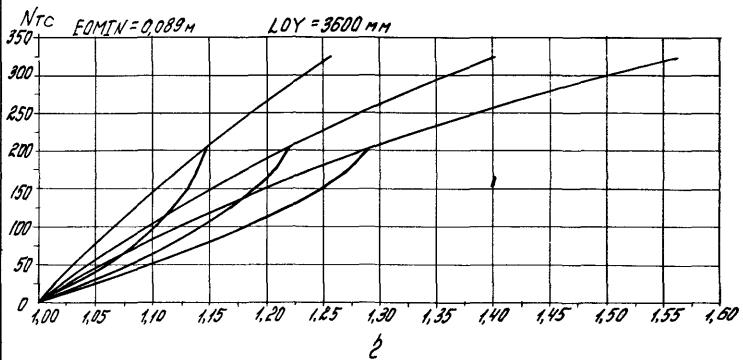
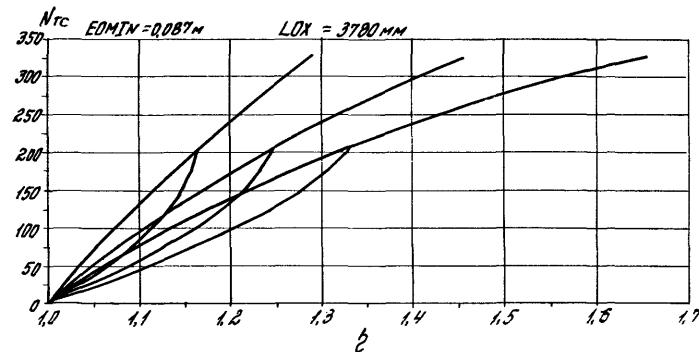
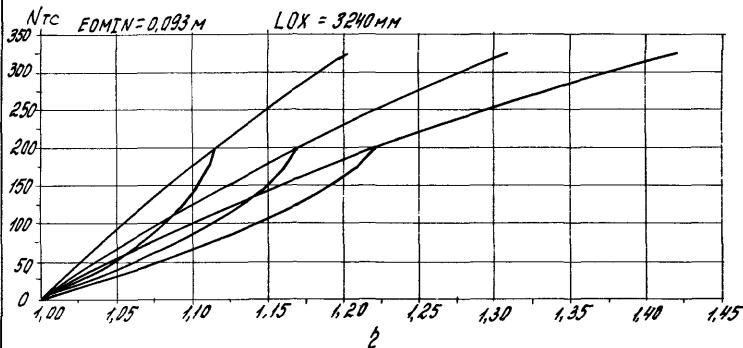
Класс бетона В30,0 ($R_b=18,7$ МПа при учете $\gamma_{R_b}=1,10$)

Сталь АТ-IVC

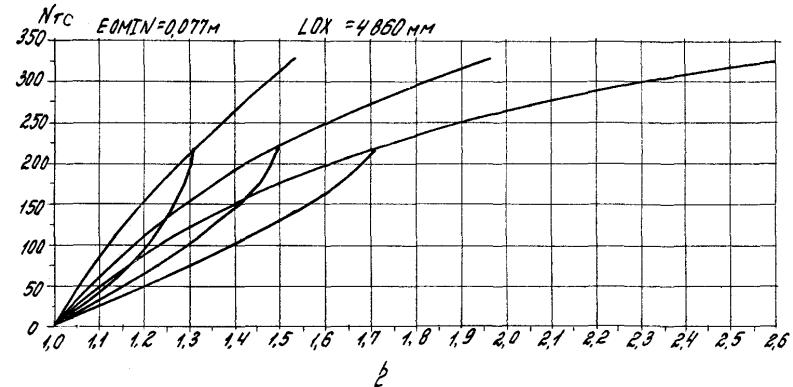
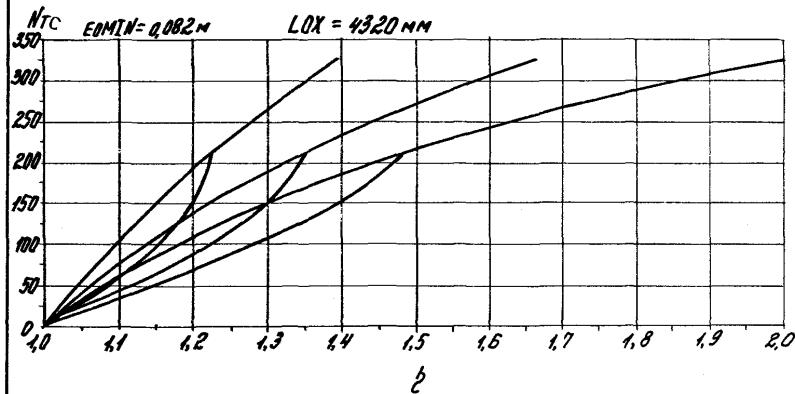
Код сечения -105а

1.020.1-4 0-9 CO3

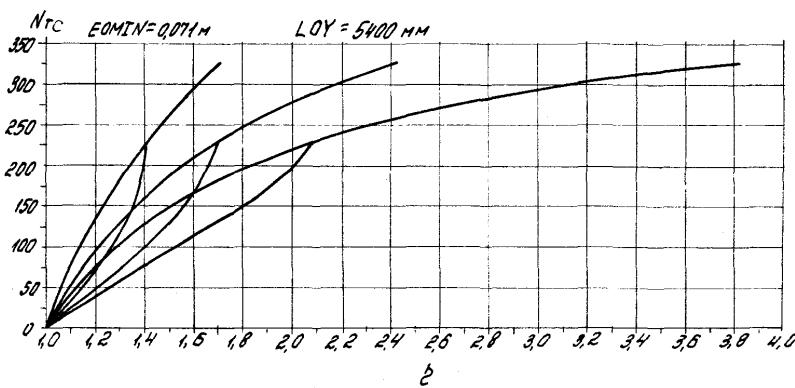
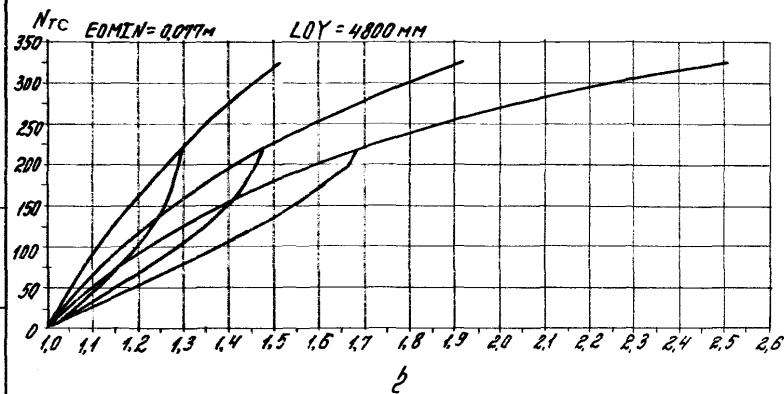
Лист
33



DRÖHNEN (1000m - 3 km) \rightarrow come \rightarrow \rightarrow \rightarrow



C221P. 607844

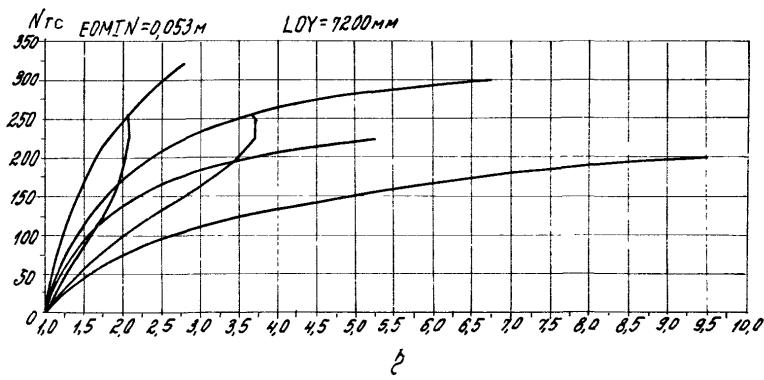
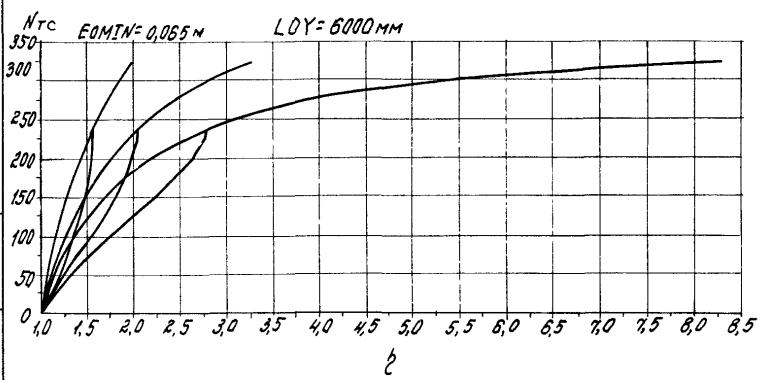
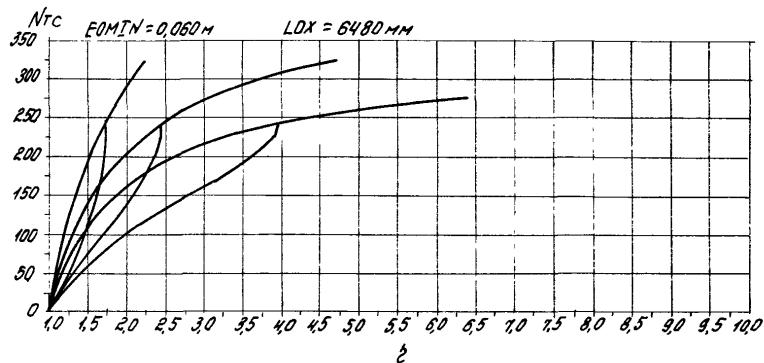
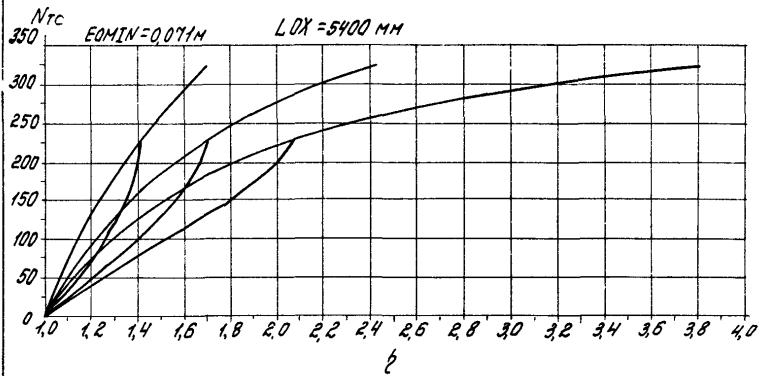


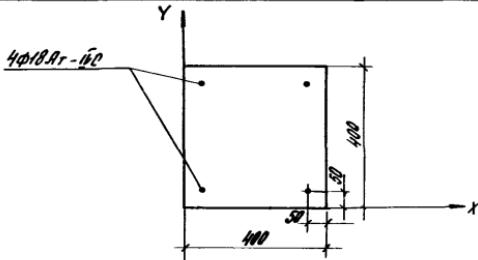
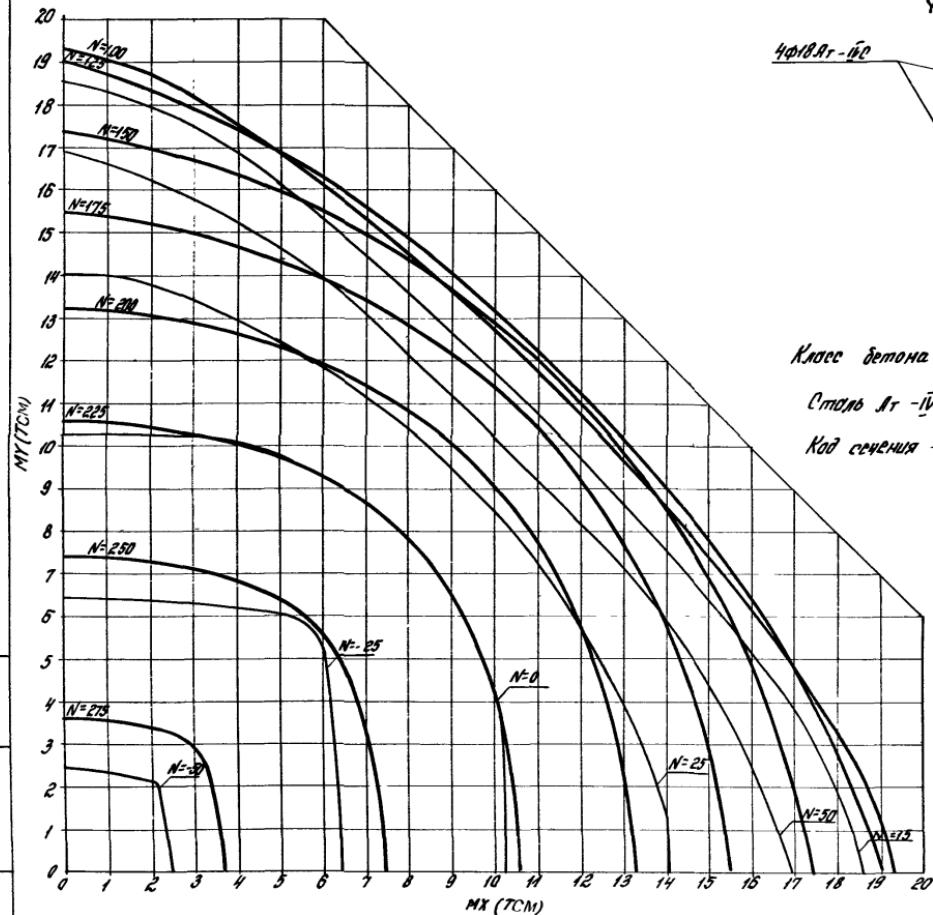
1.020.1-4

0-9 002

10cm

35

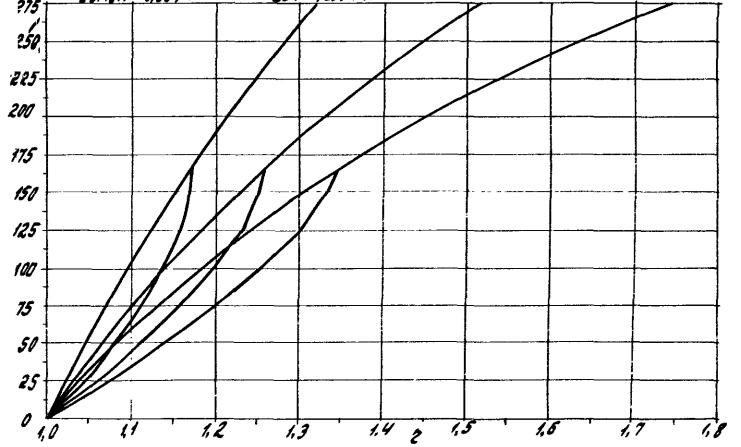
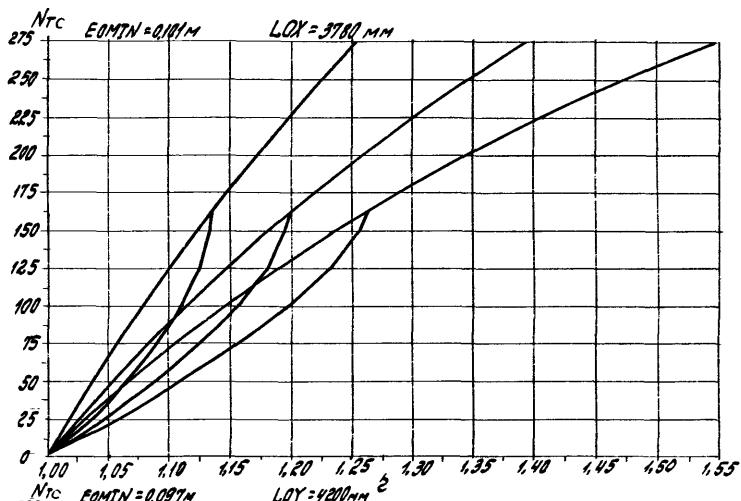
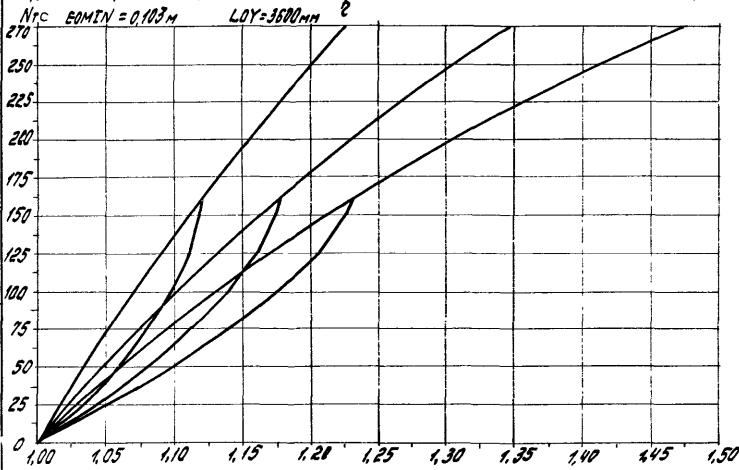
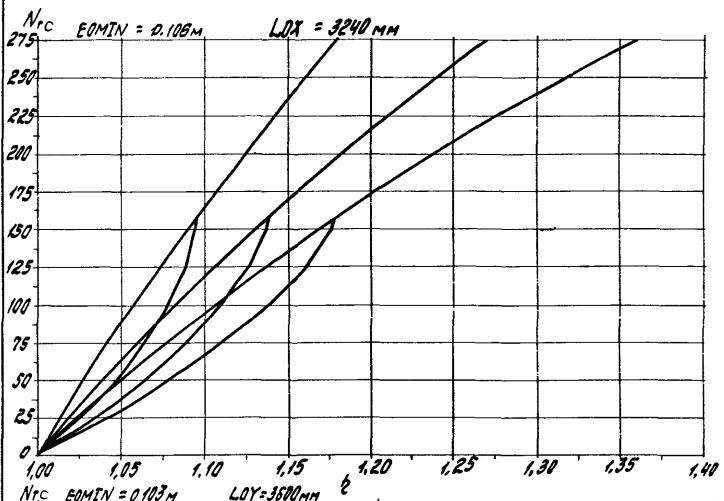




Класс бетона B30,0 ($R_b = 15,3 \text{ МПа}$; $\gamma_{e2} = 0,90$)

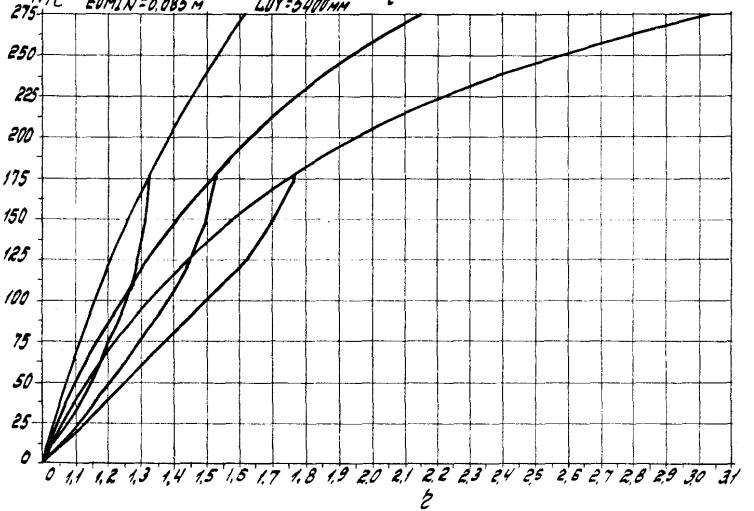
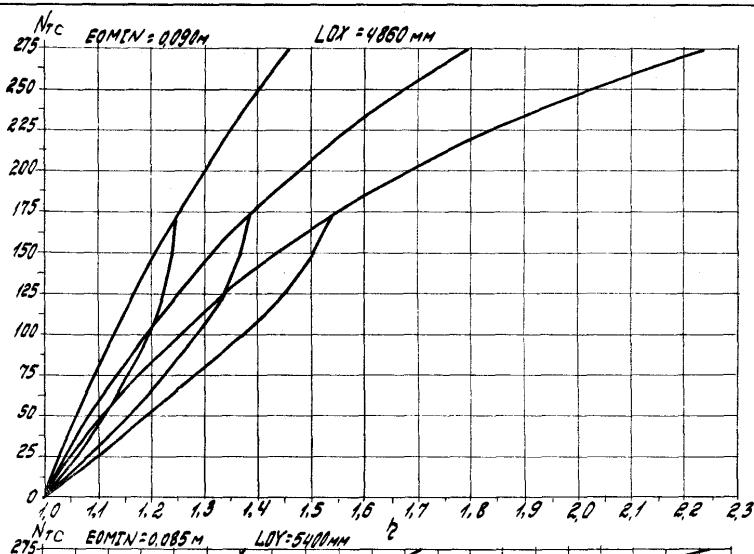
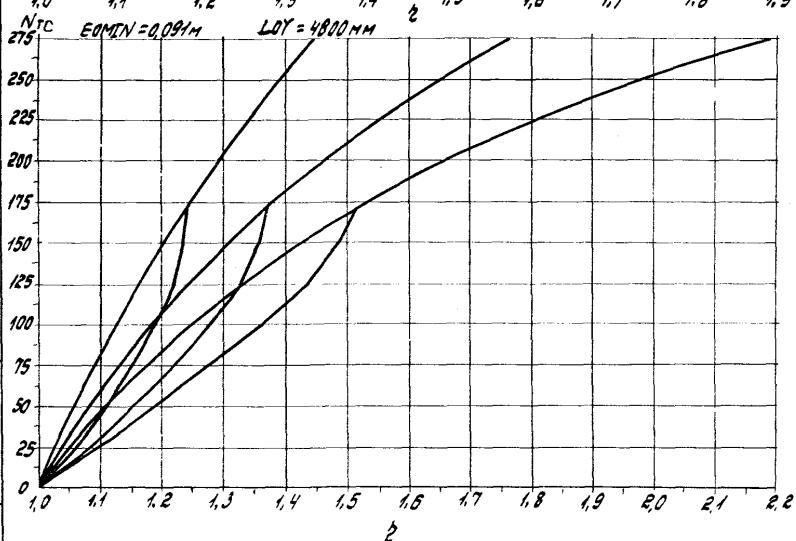
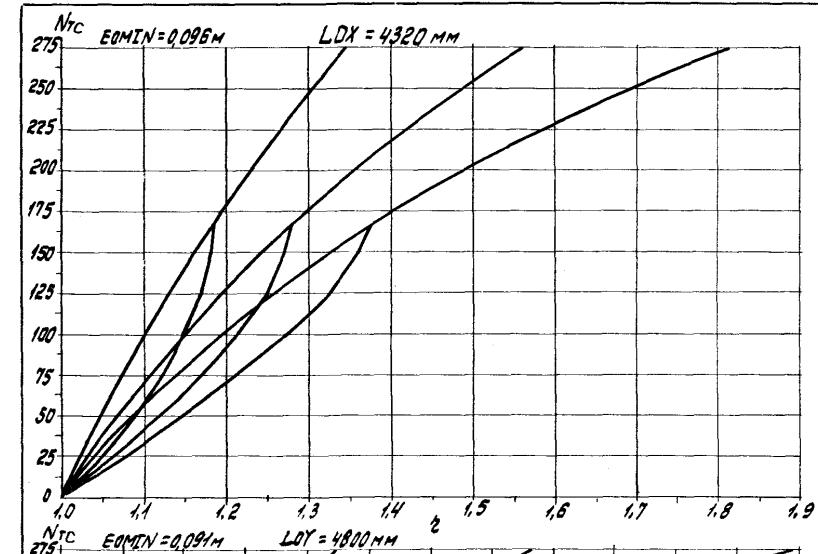
Сталь АГ-16С

Код сечения -105δ

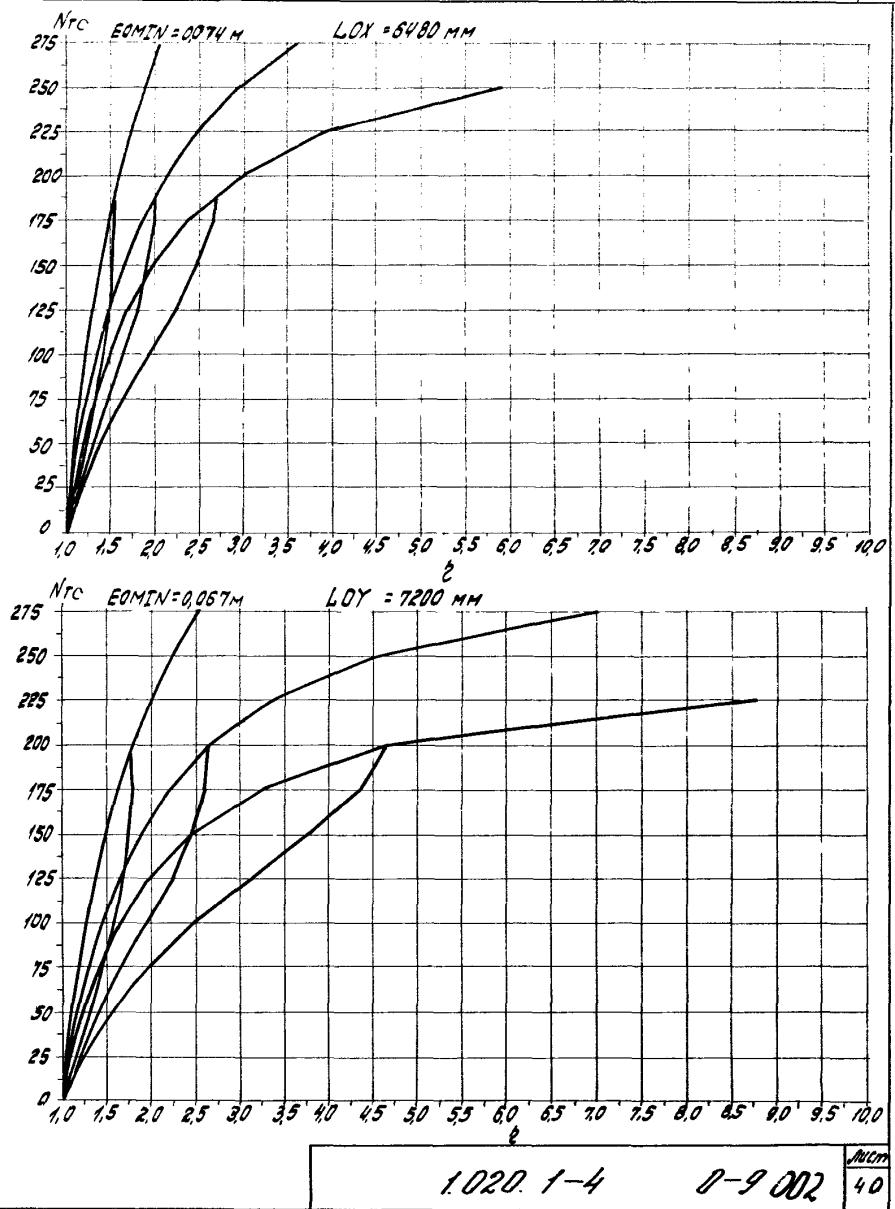
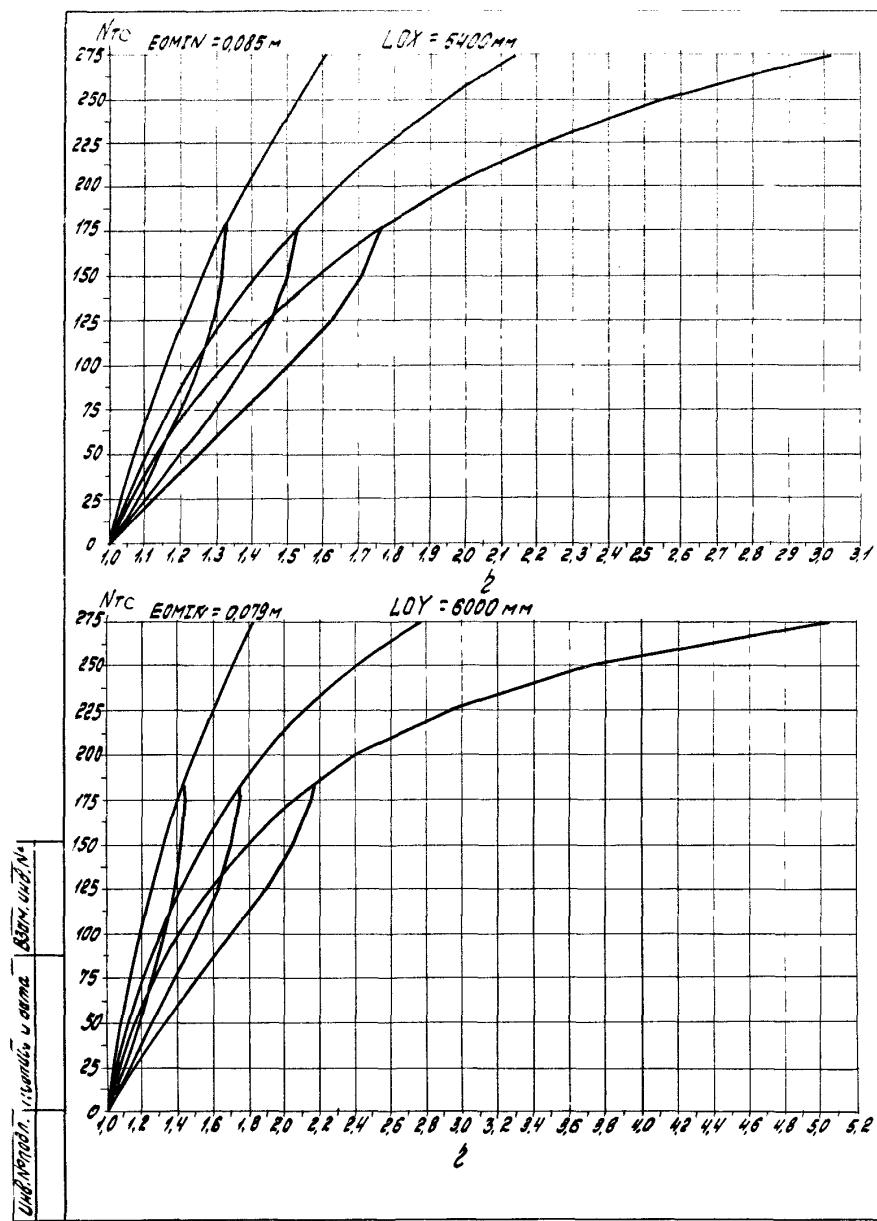


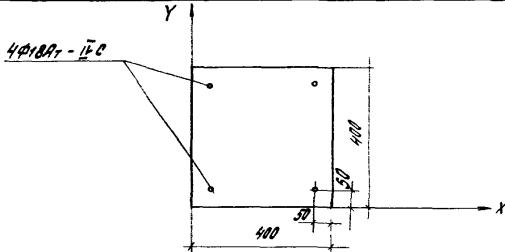
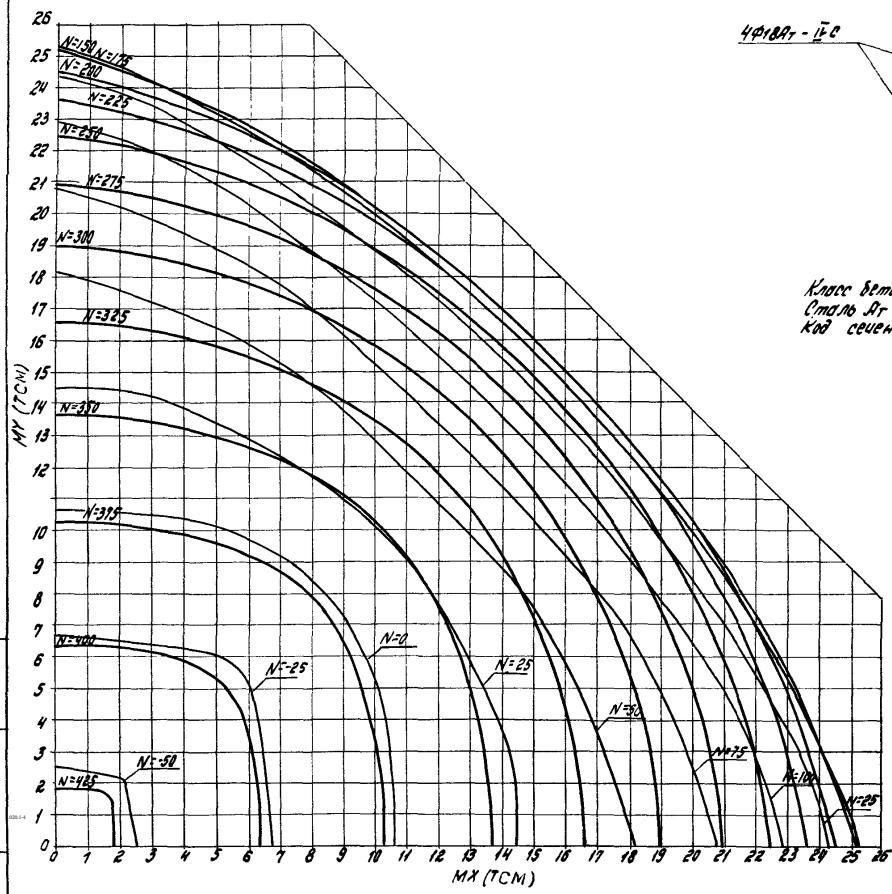
1.0220.1-4 D-9 002 38

1.0220.1-4 D-9 002 38



1.020. 1-4 8-9 003. 39





Класс бетона 400.0 ($R_s = 24.2 \text{ кН/м}^2$ при учете $\delta_{R_s} = 1.10$)
Сталь 45-ГС.
Код сечения - 106а