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
24166-01

gost.e-ecolog.ru

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. Перебозов

ННИИЖБ: Зам. директора Т.И. Мамедов

Рук. лаборатории Ю.П. Гущин

Вед. научн. сотр. 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.	I5
1.020.1-4. 0-9-002	Графики косого внецентренного сжатия сечений №№ I0Iа ... I39б.	I6
1.020.1-4. 0-9-003	Эпюры несущих способностей по изгибающим моментам для ригелей.	328

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

1.020.1-4. 0-9

НАЧОТД	Кодыш		
ПИП	КЛЕБАНОВ		
Вед.Н.Отр	Лемыш		

Содержание

Стадия	Лист	Листов
Р		1

ЦНИИПРОМЗДАНИЙ

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

I В выпуске 0-9 "Указания по подбору элементов каркаса" приведены графики зависимостей между M_x; M_y; N а также между N и ζ 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 a_{crc} 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 косое 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 ζ_x и ζ_y на которые умножаются изгибающие моменты - соответственно M_x и M_y

Графики $\zeta_{x;y} = f(N; \varphi_e)$ сопутствуют графикам $N = f(M_x; M_y)$.

I.3. Графики $\zeta_{x;y} = f(N; \varphi_e)$ построены для трех значений φ_e (см. СНиП 2.03.01-84, ф-ла 21), а именно:

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

для φ_e =1,5 - длительная нагрузка составляет половину от суммарной (средний график);

для φ_e = 2,0 - вся нагрузка длительная (правый график)

I.4.Каждый график $\zeta_{x;y} = f(N; \varphi_e)$ 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 "ζ" в зависимости от величины действующего изгибающего момента M.

Если $M < e_{o\,min} \cdot N$, то "ζ" определяется по левой ветви; если же $M > e_{o\,min} \cdot N$, то "ζ" определяется линейной интерполяцией внутри зоны, ограниченной двумя ветвями графика.

I.6.Значения M_q^m; N_q^{on}; 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		
Нач.отд.	Кодыш		Пояснительная записка	Стадия	Лист	Листов
ГИП	Клебанов			Р	1	12
Вед.инж.	Пенкин			ЦНИИПРОМЗДАНИЙ		

ведены в вып.0-I на стр.73..I80.

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 γ_f =I с несущей способностью сечения по моменту $[M]$ определяемому по формуле

$$[M] = M_{ТАБЛ} + \frac{N-1}{\Theta} \geqslant M$$

где $M_{ТАБЛ}$ – значения усилий в тсм из табл., определенные в зависимости от армирования колонны и предельно допустимой ширины раскрытия трещин $[a_{crc}]$ принимаемой по СНиП 2.03.II-85 табл.9 и по Пособию по проектированию защиты от коррозии бетонных и жел.бет. строительных конструкций (к СНиП 2.03.II-85);

N и M – соответственно нормальная сила и момент, действующие в сечении колонны. При этом $N = N^н_q$ и $M = M^н_q$

Θ – коэффициент пропорциональности, связывающий ширину допустимого раскрытия трещин $[a_{crc}]$ и армирование колонны $A_s = A'_s$

I.9. При определении „$M_{ТАБЛ}$" 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.I0. При определении нормативных значений усилий от длительнодействующей части нагрузок $M^н_q$ и $N^н_q$ допускается пользоваться усредненными коэффициентами перегрузки, приведенными в вып.0-2 на стр.4.

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

Степень агрессивного воздействия среды эксплуатации	$M_{ТАБЛ} = f([a_{crc}])$ тсм, при $A_s = A'_s$												
	2⌀16 Ат IУС	2⌀18 Ат IУС	2⌀20 Ат IУС	2⌀22 Ат IУС	2⌀25 Ат IУС	2⌀28 Ат IУС	2⌀22 $A_т$ IVС + + 2⌀20 $A_т$ IVС	2⌀32 $A_т$ IVС	2⌀28 $A_т$ IVС + + 2⌀20 $A_т$ IVС	2⌀32 $A_т$ IVС + + 2⌀20 $A_т$ IVС	2⌀32 $A_т$ IVС + + 2⌀28 $A_т$ IVС	4⌀32 $A_т$ IVС	Θ
Неагрессивная	3,6	4,4	5,4	6,5	8,5	II,0	16,5	15,7	22,4	35,0*)	42,1*)	47,4*)	7,23
Слабоагрессивная	2,8	2,8	3,4	4,I	5,4	7,6	9,0	10,7	14,2	22,3	32,8	36,4	7,48
Среднеагрессивная	I,22	I,5	I,8	2,I	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 γ_f =I). Для случаев, отмеченных знаком *), $N = \bar{N}^н_q + N^н_w$ и $M = \bar{M}^н_q + M_w$

где $\bar{N}^н_q$ и $\bar{M}^н_q$ – усилия от полной вертикальной нагрузки с γ_f =I; N – в тс; M – в тс.м.

2. Особенности расчета железобетонных конструкций с ненапрягаемой продольной арматурой класса Ат-IУС.

2.1. Проектирование железобетонных конструкций с применением ненапрягаемой арматуры классов Ат-IУС (диаметром I0-32 мм)

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

2.2. Расчетные сопротивления сжатию ненапрягаемой арматуры класса Ат-IУС 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,

где $\gamma_1 = I + \frac{A_{s1}}{A}$

но не более I,05,

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

но не более I,I.

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-IУС 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-IУС 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. 2б, напряжения в i-ом стержне при выполнении условия $h_{oz} \geq h_{oi}$, где $h_{oz} = x(\gamma_1 + \frac{\omega}{1,1} - 1)/(\omega \cdot \gamma_1)$ 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_{o1}

и принимаются не менее – 450 МПа,

где $\gamma_1 = I + \frac{A'_s}{A}$, но не более I,05,

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

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.2б, 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 С между продольными растянутыми стержнями класса Ат-IУС в плоскости растянутой грани, удовлетворяющих условию $C \leq 250$ мм, $a_{crc_1} = 0,50$ мм; $a_{crc_2} = 0,40$ мм,

при 250 мм $< C \leq$ 350 мм – $a_{crc_1} = 0,45$ мм; $a_{crc_2} = 0,35$ мм,

при $C > 350$ мм – $a_{crc_1} = 0,40$ мм; $a_{crc_2} = 0,30$ мм.

При значениях a_{crc_1} и a_{crc_2} , превышающих приведенные в СНиП 2.03.01-84, необходимо выполнение условия: $\sigma_s \leq 0,8 R_{s,ser}$

2.5. При проектировании железобетонных конструкций с ненапрягаемой арматурой классов Ат-IУС следует учитывать указания "Пособия по проектированию защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций", НИИЖБ, ЦНИИПромзданий, I986. При этом для конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах, соответствующие требования для стали класса Ат-IУС должны применяться такими же, как для стали класса А-IУ.

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

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ СЕЧЕНИЯ КОЛОННЫ С ПОМОЩЬЮ ГРАФИКОВ КОСОГО ВНЕЦЕНТРЕННОГО СЖАТИЯ.

Пример №1

Продольная арматура колонны $A_s = A'_s$ = 2Ø22АтIУС + 2Ø20АтIУС

Бетон – класса В22,5

Расчетные длины: L_{ox} = 4,32 м

L_{oy} = 4,80 м

Коэффициент условий работы γ_{b_2} = I,I

Действующие усилия N_q = 2I2,5 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. φ_e =2,0 (см. СНиП 2.03.0I–84, п.3.6).

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

Поскольку коэффициенту φ_e =2,0 соответствует нижний график, то η_x = I,36 и η_y = I,83.

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

$M_x = M_q \cdot \eta_x$ = 9,0xI,36 = I2,24 тс·м

$M_y = M_w \cdot \eta_y$ = 5,0xI,83 = 9,I5 тс·м

При M_x = I2,24 тс·м и M_y = 9,I5 тс·м

$[N]$ = 239,9 тс > N_q = 2I2,5 тс ,

т.е. сечение удовлетворяет требованию прочности

Пример №2

Действующие усилия: N_q = 75 тс

$M_x = M_q$ = 8,0 тс.м

$M_y = M_w$ = 5,0 тс·м

Принимаем, что длительная часть нагрузки „q" составляет половину от суммарной, т.е. φ_e = I,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 $e^x_{o_{min}}$ = 0,I00 м и

$M_{x_{min}} = e^x_{o_{min}} \cdot N$ = 0,I00.75 = 7,5 тсм < $M_x = M_q$ = 8,0 тс·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 тсм (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, $\eta_{x_{max}}$ = I,I4 и максимальный момент, который может быть воспринят сечением в этом случае будет равен $[M]_{x\,max} = \frac{M_{x\,max}}{\eta_{x\,max}}$ = $\frac{30,4}{I,I4}$ = 26,67 тс.м. По левой ветви при N = 75 тс определяем $\eta_{x\,min}$ соответствующий $M_{x\,min}$ = 7,5тсм: $\eta_{x_{min}}$ = I,04.

Таким образом, по левой ветви определяется коэффициент $\eta_{x\,min}$ = I,04, соответствующий $M_{x\,min} = e^x_{o\,min} \cdot N$ = 7,5тс.м, а по правой ветви был определен коэффициент $\eta_{x\,max}$ = I,I4, соответствующий $[M]_{x\,max}$ = 26,67 тс.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:

$e^{y}_{o\,min} = 0,095$ м и $M_{y\,min} = e^{y}_{o\,min} \cdot N = 0,095 \times 75 = 7,125$ 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 суммарной, т.е. $\varphi_e = 1,5$

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

По оси X:

$M_{x\,min} = e^{x}_{o\,min} \cdot N = 0,100 \cdot 175 = 17,5$ тс.м $> M_x = 11,0$ тс.м

следовательно, коэффициент „η" определяется по левой ветви графика $\eta_x = 1,23$

По оси Y:

$M_{y\,min} = e^{y}_{o\,min} \cdot N = 0,095 \cdot 175 = 16,625$ 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

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

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 $A_s = A'_s = 2\varnothing 32$ AтIУС эксплуатируемый в условиях среднеагрессивной среды

Усилия от длительнодействующих нормативных нагрузок:

$N^{н}_q = 57,5$ тс

$M^{н}_q = 18,7$ тс.м

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

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

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

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

Пример № 5

Требуется проверить сечение колонны при $A_s = A'_s = 4\varnothing 32$ AтIУС, 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).

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

$\bar{N}^н_q$ = 76,0 тс ; $N^н_w$ = 4,0 т ; $N = \bar{N}^н_q + N^н_w$ =80,0 т

$\bar{M}^н_q$ = 54,0 тс.м ; $M^н_w$ = 3,0 тс.м ; $M = \bar{M}^н_q + M^н_w$ =57,0тс.м

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

$[M] = 47{,}4 + \frac{800 - 1}{7{,}23} = 58{,}33_{тс.м} > \bar{M}^н_q + M^н_w$ = 57,0тс.м, следовательно 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 СЕЧЕНИЙ ПО ПРОЧНОСТИ

Пример №6 Дано: Нижняя крайняя колонна поперечной рамы 2-6-5 (4.8) - II,0 - ША; размеры сечения b = 40 см, h = 40 см, $a = a'$ = 5 см; арматура класса Ат-IУс площадью сечения $A_s = A'_s$ = I2,32 см^2 (2Ø28 АтIУС) (R_s = 5200 кг/см^2, E_s = = I,9·I0^6 кгс/см^2); класс бетона В25 (E_b = 2,75·I0^5 кгс/см^2); усилия: постоянные (от собственного веса конструкций) - Мсв = = 2,75 тс.м, $N_{св}$ = 9I,I4 тс; длительные $M_{дл}$ = 6,98 тс.м, $N_{дл}$ = = 88,57тс; кратковременные (от ветровой нагрузки) Мв = 5,66 тс.м, $N_в$ = I0,I3 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 γ_{b2} = 0,9 (R_b = = I33 кгс/см^2), расчетное сопротивление арматуры класса Ат-IУС сжатию R_{sc} = 4500 кгс/см^2; коэффициент сочетания нагрузок ψ = I;

б) при учете всех нагрузок, включая ветровые, сопротивление бетона сжатию R_b принимается при γ_{b2} = I,I (R_b = I63 кгс/см^2), сопротивление арматуры класса Ат-IУС сжатию R_{sc} = 4000·$\gamma_{f1}\cdot\gamma_{b2} \leq$ $\leq$ 4500 кгс/см^2; коэффициенты сочетания для длительных нагрузок ψ_1 = 0,95, для кратковременных ψ_2 = 0,9.

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

$N = N_{св} + N_{дл}$ = 9I,I4 + 88,57 = I79,7I тс,

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

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

$$x = \frac{R_s A_s + N - R_{sc} A'_s}{R_b b} = \frac{5200\cdot 12{,}32 + 179710 - 4500\cdot 12{,}32}{133\cdot 40} =$$

= 35,4I см.

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

Определяем величину ξ_R.

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

= 0,46,

где $\omega = \alpha - 0{,}0008\cdot R_b$ = 0,85 - 0,0008·I33 =0,74 ;

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

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

Так как x = 35,4I см > $\xi_R h_o$ = 0,46·35 = I6,I см, напряжение в растянутой арматуре $\sigma_s < R_s$. Поэтому высоту сжатой зоны x и напряжение σ_s определяем согласно общему случаю расчета (СНиП 2.03.0I-84, п.3.28) из совместного решения уравнений :

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

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

После подстановки 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

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

$\cdot 5200 = 4160$ кгс/см^2.

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

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

$$N \cdot e = R_b b x (h_o - 0,5x) + R_{sc} A_s' (h_o - a') = 133 \cdot 40 \cdot 24,84 \cdot (35 - 0,5 \cdot 24,84) +$$

$$+ 4500 \cdot 12,32 \cdot (35 - 5) = 46,55 \text{ тс.м}.$$

Предельный момент относительно центра тяжести сечения равен:

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

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

Определяем следующие величины, необходимые для вычисления силы:

$$l_o = 0,9 \cdot h_{эт} = 0,9 \cdot 480 = 432 \text{ см};$$

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

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

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

$\times 133 = 0,259$, принимаем $\delta_e = 0,259$;

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

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

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

$$N_{cr} = \frac{6,4 \cdot E_b}{l_o^2} \left[\frac{J}{\varphi_e} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha J_s \right] =$$

$$= \frac{6,4 \cdot 2,75 \cdot 10^5}{432^2} \cdot \left[\frac{2,13 \cdot 10^5}{2} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,259} + 0,1 \right) + \right.$$

$$\left. + 6,91 \cdot 5571 \right] = 768 \text{ тс}.$$

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

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". $N = N_{cв} + \psi_1 N_{эт} + \psi_2 N_в = 91,14 + 0,95 \cdot$ $\cdot 88,57 + 0,9 \cdot 10,13 = 184,66$ тс; $M = M_{cв} + \psi_1 M_{эт} + \psi_2 M_в =$ $= 2,75 + 0,95 \cdot 6,98 + 0,9 \cdot 5,66 = 14,47$ тс.м.

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

$$x = \frac{R_s A_s + N - R_{sc} A_s'}{R_в b} = \frac{5200 \cdot 12{,}32 + 184660 - 4000 \cdot 12{,}32}{163\ 40}$$

$= 30{,}6$ см.

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

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

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

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

$- 184660 = 0$.

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

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

$= 4160$ кгс/см^2.

Уточняем значения расчетного сопротивления арматуры сжатию

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

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

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

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

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 $x = 22{,}5$ см.

Определим предельный момент относительно центра тяжести сечения

$$M_{ue} = R_в b x \cdot \left(h_o - 0{,}5x\right) + R_{sc} A_s' \cdot \left(h_o - a'\right) - N\frac{h_o - a'}{2} =$$

$= 163 \cdot 40 \cdot 22{,}5 \cdot (35 - 0{,}5 \cdot 22{,}5) + 4470{,}4 \cdot 12{,}32(35-5) - 184660 \cdot \frac{35-5}{2} = 23{,}73$ тс.м.

Определяем коэффициент η. Для этого вычисляем:

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

$$M_{1e} = N_{g1}\frac{h_o - a'}{2} + M_{g1} = (9114{,}0 + 0{,}95 \cdot 88570) \cdot \frac{35-5}{2} + 2{,}75 \cdot 10^5 +$$

$+ 0{,}95 \cdot 6{,}98 \cdot 10^5 = 35{,}67$ тс.м.

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

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

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

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

$$N_{cr} = \frac{6{,}4 \cdot E_в}{l_o^2}\left[\frac{J}{\varphi_e}\left(\frac{0{,}11}{0{,}1 + \delta_e} + 0{,}1\right) + \alpha \cdot J_s\right] =$$

$$= \frac{6{,}4 \cdot 2{,}75 \cdot 10^5}{432^2} \cdot \left[\frac{2{,}13 \cdot 10^5}{1{,}84} \cdot \left(\frac{0{,}11}{0{,}1 + 0{,}229} + 0{,}1\right) + 6{,}91 \cdot 557{,}1\right] = 860 \text{ тс};$$

$$\eta = \frac{1}{1-\frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1-\frac{184,66}{860}} = 1,27 .$$

Прочность сечения обеспечена, так как предельный момент, воспринимаемый сечением $M_{ul} = 23,73$тсм больше момента внешних сил $M = 14,47 \cdot 1,27 = 18,38$ тс.м .

Пример №7 Дано: верхняя крайняя колонна поперечной рамы 2-6-5 (4.8) - 11,0 - Ш; размеры сечения, классы бетона и арматуры - те же, что и в примере №1. Площадь сечения арматуры $A_s = A'_s = 9,82$ см^2 (2Ø25 АтIVс). Усилия: постоянные (от собственного веса конструкций) $M_{cl} = 4,39$ тс.м, $N_{cl} = 10,02$ тс, длительные $M_{gl} = 8,31$ тс.м, $N_{gl} = 6,81$ тс, кратковременные (от ветровой нагрузки) $M_l = 0,9$ тс.м, $N_l = 0,39$ 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 №1).

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

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

Определяем высоту сжатой зоны x .

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

где $\xi_R h_o = 0,46 \cdot 35 = 16,1$ 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_{s6} . (см. СНиП 2.03.01-84 п.3.13)

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

принимаем $\gamma_{s6} = 1.2$.

$R_s = 1,2 \cdot 5200 = 6240$ 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:

$$M_{ul} = R_b b x (h_o - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_o - a') - N\frac{h_o - a'}{2} =$$

$$= 133 \cdot 40 \cdot 6,38 \left(35 - \frac{6,38}{2}\right) + 4500 \cdot 9,82(35-5) - 16830 \cdot \frac{35-5}{2} =$$

$= 21,48$ тс.м;

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

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

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

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

$$N_{cr} = \frac{6,4E_b}{l_o^2}\left[\frac{J}{\varphi}\left(\frac{0,11}{0,1+\delta_e} + 0,1\right) + \alpha J_s\right] = \frac{6,4 \cdot 2,75 \cdot 10^5}{432^2} \cdot$$

$$\cdot\left[\frac{2,13 \cdot 10^5}{2}\left(\frac{0,11}{0,1+2,16} + 0,1\right) + 6,9 \cdot 4419\right] = 435,22\text{тс};$$

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

Прочность сечения обеспечена, так как предельный момент, воспринимаемый сечением, $M_{ul} = 21,48$ тс.м больше момента внешних сил $M = 12,7 \cdot 1,04 = 13,21$ тс.м .

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

Расчет по случаю "Б". $N = N_{св} + \psi_1 N_{дл} + \psi_2 N_в$ =10,02+6,81 0,95 + 0,39·0,9 = 16,84 тс;

$M = M_{св} + \psi_1 M_{дл} + \psi_2 M_в$ =4,39+8,31·0,95+0,9·0,9=13,09 тс.м .

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

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

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

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

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

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

$R_{sc} = 4000 \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 = 4000 \cdot 1,01 \cdot 1,1 = 4444$ кгс/см^2;

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

$\gamma_2 = 1,25 - 0,25\frac{x}{h} = 1,25 - \frac{4,39 \cdot 025}{40} = 1,22 > 1,1$,

принимаем $\gamma_2 = 1,1$.

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

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

Предельный момент относительно центра тяжести сечения равен

$$M_{ul} = R_в b x (h_o - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_o - a') - N\frac{h_o - a'}{2} =$$

$$= 163 \cdot 40 \cdot 5,29 \cdot (35 - 0,5 \cdot 5,29) + 4444 \cdot 9,82(35-5) -$$

$$- 16840 \cdot \frac{35-5}{2} = 21,71 \text{ тс.м}.$$

Для учета влияния продольного изгиба колонн определяем коэффициент η.

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

$$M_{1l} = (10,02 + 6,81 \cdot 0,95) \cdot 10^3\,\frac{35-5}{2} + 4,39 + 8,31 \cdot 0,95 = 14,75 \cdot 10^5 =$$

$= 14,75$ тс.м ;

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

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

$$N_{cr} = \frac{6,4 E_в}{l_o^2} \cdot \left[\frac{J}{\varphi_e}\left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1\right) + \alpha \cdot J_s\right] =$$

$$= \frac{6,4 \cdot 2,75 \cdot 10^5}{432^2} \cdot \left[\frac{2,13 \cdot 10^5}{1,94} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + 2,22} + 0,1\right) + 6,91 \cdot 4419\right] =$$

$= 460$ тс;

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

Таким образом, $M_{ul} = 21,71$ 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)-11,0 – IIIА; размеры сечения, класс бетона и арматуры, сечение арматуры – те же, что и в примере №7. Усилие от нормативных нагрузок: постоянных и длительных $M_{дл}$ = 9,76 тс.м, $N_{дл}$ =14,61тс; кратковременных $M_{кр}$ = 0,64 тс.м, $N_{кр}$ = 0,28 тс. Используемые в расчете характеристики бетона класса В25: $R_{b,ser}$ = 189 $\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$,

$R_{bt,ser}$ = I6,3 $\frac{кгс}{см^2}$, E_s = 2,75·I0^5 $\frac{кгс}{см^2}$, арматура класса Ат-IУС: E_s = I,9·I0^6 $\frac{кгс}{см^2}$, $R_{s,ser}$ = 6000 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

$$A_{red} = bh + \alpha(A_s + A_s') = 40\ 40 + \frac{I,9\cdot I0^6}{2,75\cdot I0^5}(9,82+9,82) = I735,7\ см^2;$$

$$J_{red} = \frac{bh^3}{I2} + \alpha\left(A_s+A_s'\right)\left(\frac{h_o-a'}{2}\right)^2 = \frac{40\cdot40^3}{I2} + 6,9I(9,82+9,82)\cdot\left(\frac{35-5}{2}\right)^2 = 2,44\cdot I0^5\ см^4;$$

$$W_{red} = \frac{J_{red}}{h/2} = \frac{2,44\cdot I0^5}{20} = I2I75\ см^3;$$

$$r = \varphi\frac{W_{red}}{A_{red}} = \varphi\frac{I2I75}{I735,7} = \varphi\cdot7,0I\ см.$$

Определяем коэффициент φ.

$M_{tot} = M_{gl} + M_{kp}$ = 9,76 + 0,64 = I0,4 тс.м;

$N_{tot} = N_{gl} + N_{kp}$ = I4,6I+0,28 = I4,89 тс;

$$\sigma_b = \frac{M_{tot}}{W_{red}} + \frac{N_{tot}}{A_{red}} = \frac{I0,4\cdot I0^5}{0,I22\cdot I0^5} + \frac{I4,89\cdot I0^3}{I,736\cdot I0^3} = 94,53\ кгс/см^2;$$

$$\varphi = I,6 - \frac{\sigma_b}{R_{b,ser}} = I,6 - \frac{94,53}{I89} = I,I > I;$$ принимаем φ =I.

Проверяем условие образования трещин.

$$M_r = N(e_o - r) = I4890\cdot\left(\frac{I0,4\cdot I0^5}{I4,89\cdot I0^3} - 7,0I\right) = 9,35\ тс.м;$$

$W_{pe} = \gamma\cdot W_{red}$ = I,75·I2I75= 2I306 см^3;

$M_{crc} = R_{bt,ser}\cdot W_{pe}$ = I6,3·2I306 = 3,47 тс.м.

Так как M_r = 9,35 > M_{crc} = 3,47 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 2.03.0I-84) М., I986, п.4.9

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

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

Для этого вычисляем:

$$\mu_\alpha = \alpha\cdot\frac{A_s}{bh_o} = \frac{I,9\cdot I0^6}{2,75\cdot I0^5}\cdot\frac{9,82}{40\cdot35} = 6,9I\cdot0,0070I = 0,048;$$

$$\varphi_f = \frac{\alpha A_s'}{0,9bh_o} = \frac{6,9I\cdot9,82}{0,9\cdot40\cdot35} = 0,054;\quad e_s = \frac{M_{tot}}{N_{tot}} + \frac{h_o-a'}{2} = \frac{I0,4\cdot I0^5}{I4,89\cdot I0^3} + \frac{35-5}{2} = 84,8\ см;\quad \frac{e_s}{h_o} = \frac{84,8}{35} = 2,42.$$

Из таблицы 30 указанного "Пособия" находим φ_{crc} = 0,72.

$$\sigma_{s,tot} = \frac{I4,89\cdot I0^3\cdot84,8}{9,82\cdot35}\cdot0,72 = 2645\ кгс/см^2.$$

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

$$e_s = \frac{M_{gl}}{N_{gl}} + \frac{h_o-a'}{2} = \frac{9,76\cdot I0^5}{I4,6I\cdot I0^3} + \frac{35-5}{2} = 82\ см;$$

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

$$\sigma_{s,l} = \frac{I4,6I\cdot I0^3\cdot82}{9,82\cdot35}\cdot0,69 = 2405\ кгс/см^2.$$

Определяем ширину продолжительного раскрытия трещин от действия постоянных и длительных нагрузок

$$\varphi_l = 1{,}6 - 15\cdot\bar{\mu} = 1{,}6 - 15\cdot 0{,}007 = 1{,}495\ ,$$

$$a_{crc,l} = \varphi_l \cdot \eta \cdot \frac{\sigma_{s,l}}{E_s} \cdot 20(3{,}5 - 100\bar{\mu})\sqrt[3]{d} = 1{,}495\cdot 1\cdot \frac{2405}{1{,}9\cdot 10^6} 20\cdot(3{,}5 -$$

$$- 100\cdot 0{,}007)\cdot\sqrt[3]{25} = 0{,}31 \text{ мм}\ .$$

Определяем непродолжительное раскрытие трещин от действия всех нагрузок

$$a_{crc} = a_{crc,l}\cdot\left[1+\left(\frac{\sigma_{s,tot}}{\sigma_{s,l}}-1\right)\frac{1}{\varphi_l}\right] = 0{,}309\cdot\left[1 + \left(\frac{2645}{2405} - 1\right)\frac{1}{1{,}495}\right] =$$

$$= 0{,}33 \text{ мм}\ .$$

Согласно "Рекомендациям по расчету железобетонных конструкций с применением ненапрягаемой арматуры классов Ат-IУС и Врп-I" разработанным НИИЖБ и ЦНИИпромзданий в 1988 году, при расстояниях „с" между продольными растянутыми стержнями класса Ат-IУС в плоскости растянутой грани 250 мм $< c \leq$ 350 мм $a_{crc1} = 0{,}45$ мм, $a_{crc2} = 0{,}35$ мм. При этом необходимо выполнение условия

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

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

$c = h - a - a' = 40 - 5 - 5 = 30$ см $<$ 35 см, $a_{crc1} = 0{,}45$ мм ,

$a_{crc2} = 0{,}35$ мм .

Поскольку $a_{crc,l} = 0{,}31 < a_{crc2} = 0{,}35$ мм, $a_{crc} = 0{,}33 < a_{crc1} =$

$= 0{,}45$ мм ;

трещиностойкость колонны обеспечена .

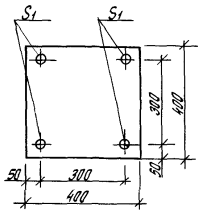
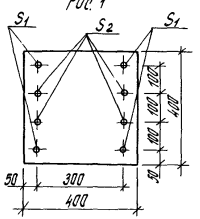
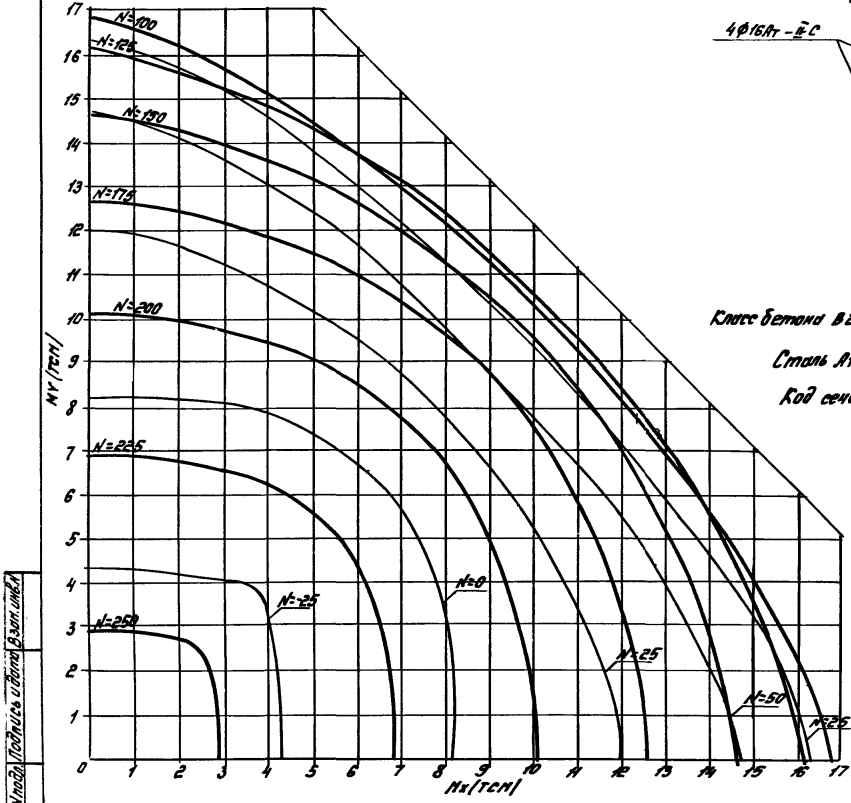
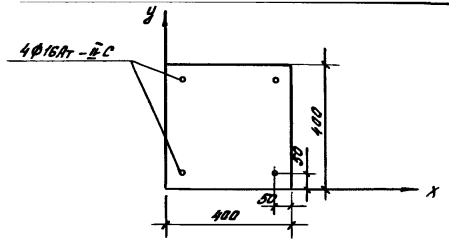
Эскиз	Код несущей способн. сечения	Рис.	Класс бетона	Армирование ΣS_1	Армирование ΣS_2	$A_s = A_s'$ $см^2$	График от. стр.	Код несущей способн. сечения	Рис	Класс бетон	Армирование ΣS_1	Армирование ΣS_2	$A_s = A_s'$ $см^2$	График от. стр.
	101	1	B22,5	4ф16 Ат IV с	—	4,02	16	121	2	B40	4ф22 Ат IV с	4ф20 Ат IV с	13,88	176
	102		B30				24	122	1	B22,5	4ф32 Ат IV с	—	16,09	184
	103		B40				32	123		B30				172
	104		B22,5	4ф18 Ат IV с		5,09	40	124		B40				200
	105		B30				48	125	2	B22,5	4ф28 Ат IV с	4ф20 Ат IV с	18,55	208
	106		B40				56	126		B30				216
	107		B22,5	4ф20 Ат IV с		6,28	64	127		B40				224
	108		B30				72	128		B45				232
	109		B40				80	129	2	B22,5	4ф32 Ат IV с	4ф20 Ат IV с	22,37	240
	110		B22,5	4ф22 Ат IV с	—	7,60	88	130		B30				248
	111		B30				96	131		B40				256
	112		B40				104	132		B45				264
	113		B22,5	4ф25 Ат IV с		9,82	112	133	2	B22,5	4ф32 Ат IV с	4ф28 Ат IV с	28,40	272
	114		B30				121	134		B30				280
	115		B40				128	135		B40				288
	116		B22,5	4ф28 Ат IV с		12,32	136	136		B45				296
	117		B30				144	137	2	B30	4ф32 Ат IV с	4ф32 Ат IV с	36,45	304
	118		B40				152	138		B40				312
	119	2	B22,5	4ф22 Ат IV с	4ф20 Ат IV с	13,88	160	139		B45				320
	120		B30				168							

Рис. 1

Рис. 2

| | | | | | | |





Класс бетона В22,5 (Rв = 14,8 мПа при учете $\gamma_{в2}$ = 1,10)

Сталь Ат-IIIС

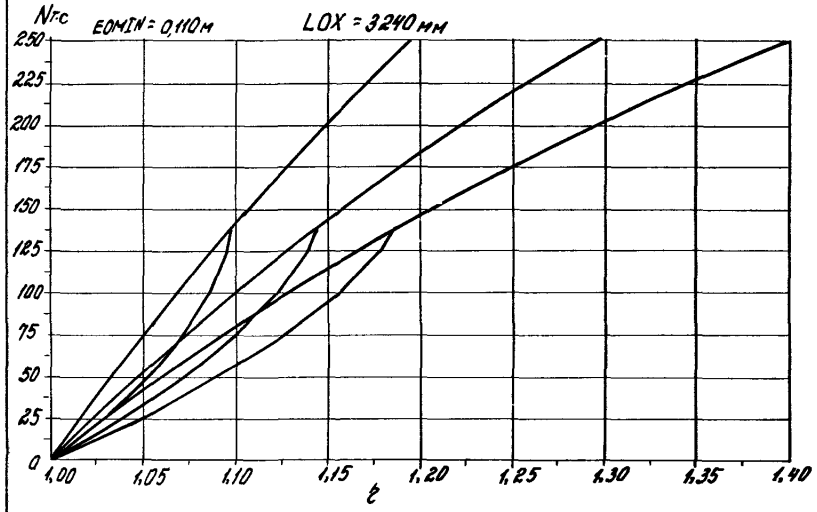
Код сечения - 101а

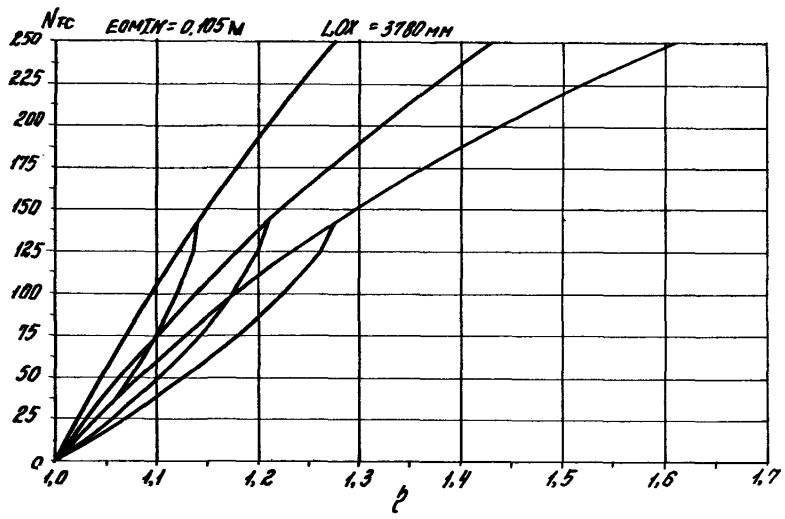
Индекс „а" в обозначении кода сечения соответствует $\gamma_{в2}$ = 1,1 аналогично „б" - соответствует $\gamma_{в2}$ = 0,9

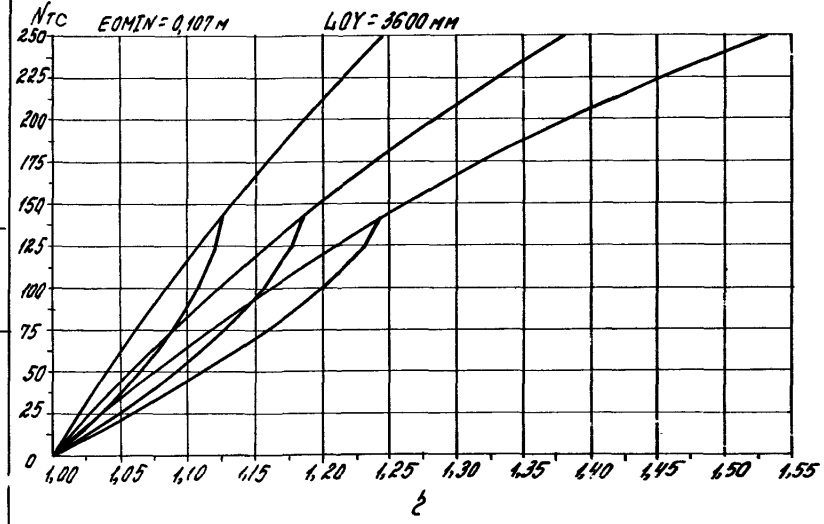
1.020.1-4	0-9 002		
Графики класса внецентренного сжатия сечений N N 101а÷139б	Стадия	Лист	Листов
	Р	1	
	ЦНИИПРОМЗДАНИЙ		
Нач. отд.	Кадыш		
ГИП	Клеванов		
Инж.	Голованова		

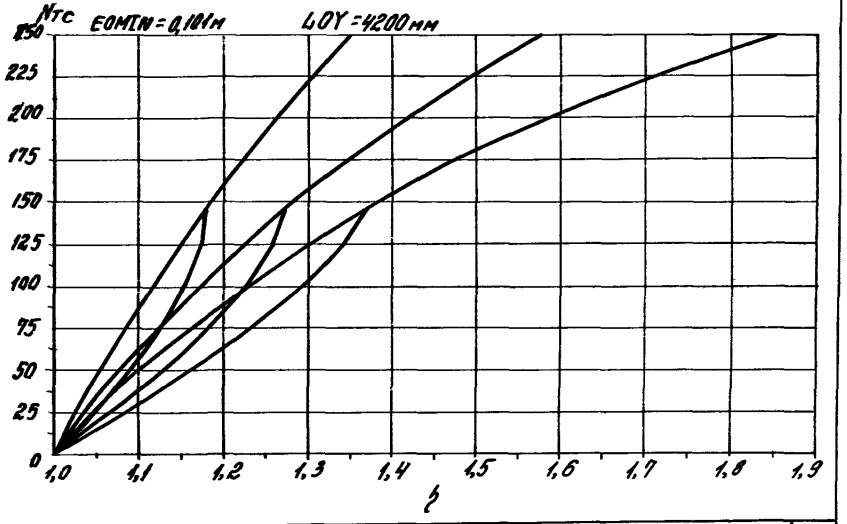
Инв. N подл. | Подпись и дата | Взам. инв. N

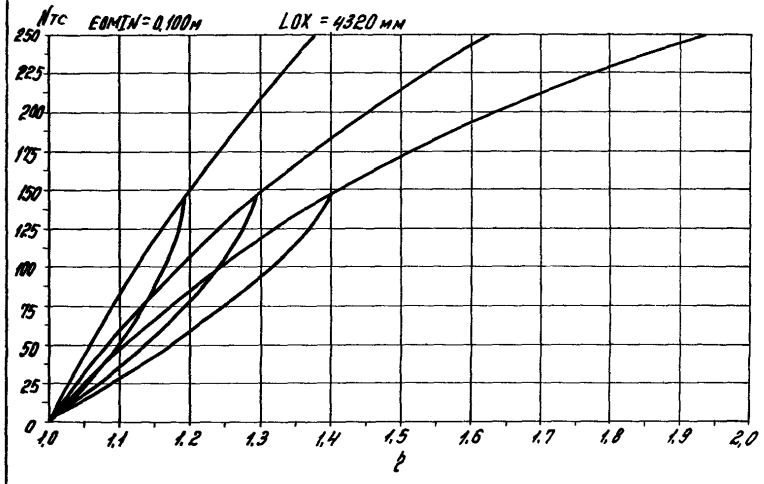
24166-01 17

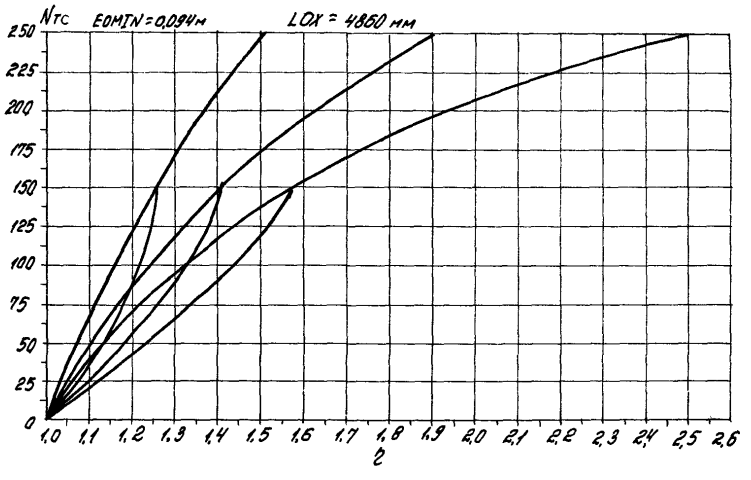

Nтс
e0min = 0,110 м
Lox = 3240 мм
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,00
1,05
1,10
1,15
1,20
1,25
1,30
1,35
1,40
ℓ

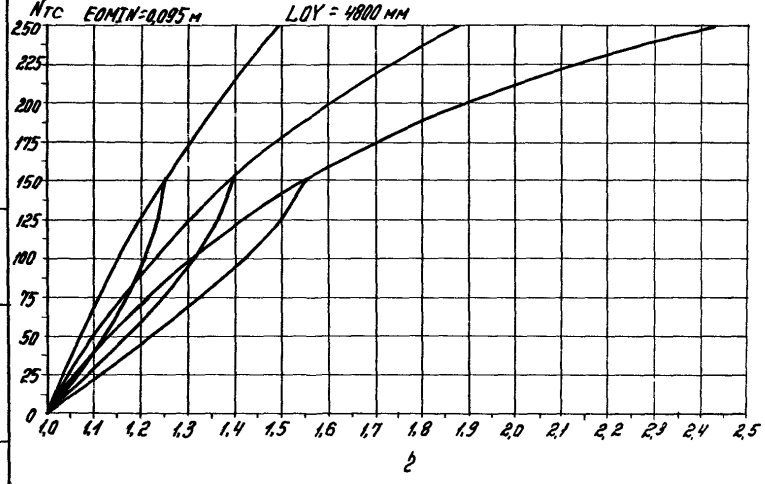

Nтс
e0min = 0,105 м
Lox = 3780 мм
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
ℓ

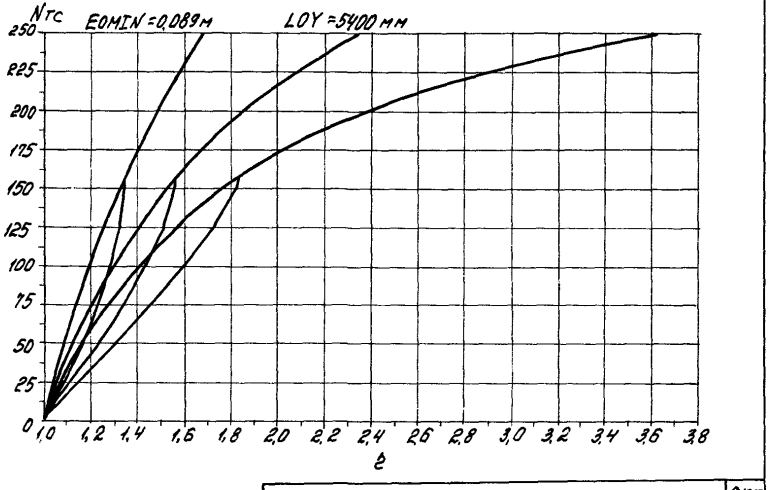

Nтс
e0min = 0,107 м
Loy = 3600 мм
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,00
1,05
1,10
1,15
1,20
1,25
1,30
1,35
1,40
1,45
1,50
1,55
ℓ

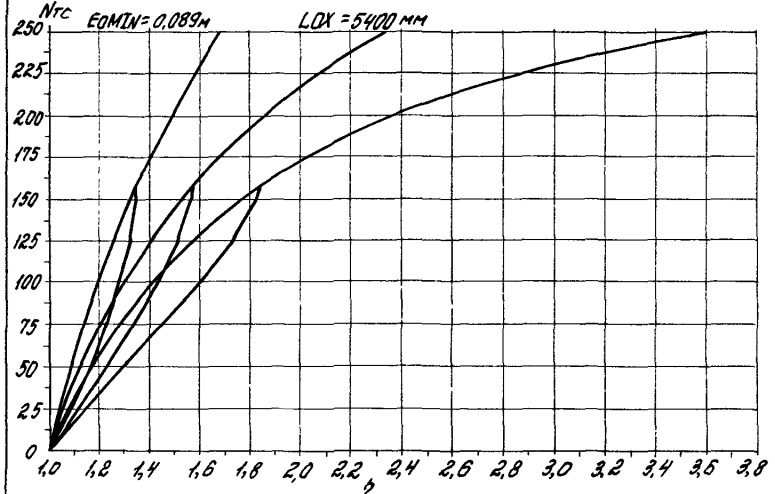

Nтс
e0min = 0,101 м
Loy = 4200 мм
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
1,9
ℓ

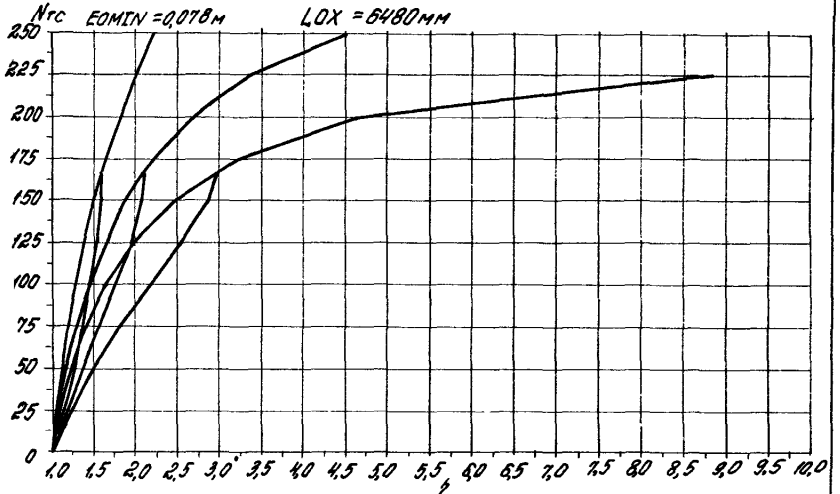

Nтс
e0min=0,100м
Lox = 4320 мм
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0
ℓ

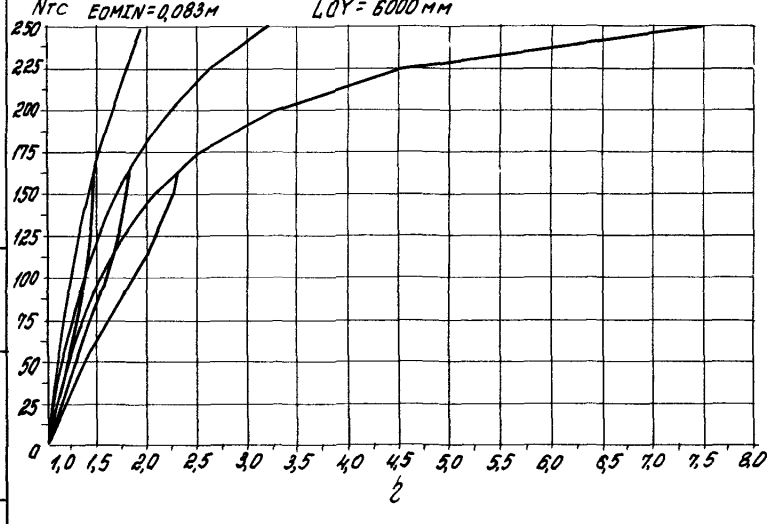

Nтс
e0min=0,094м
Lox = 4860 мм
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6
ℓ

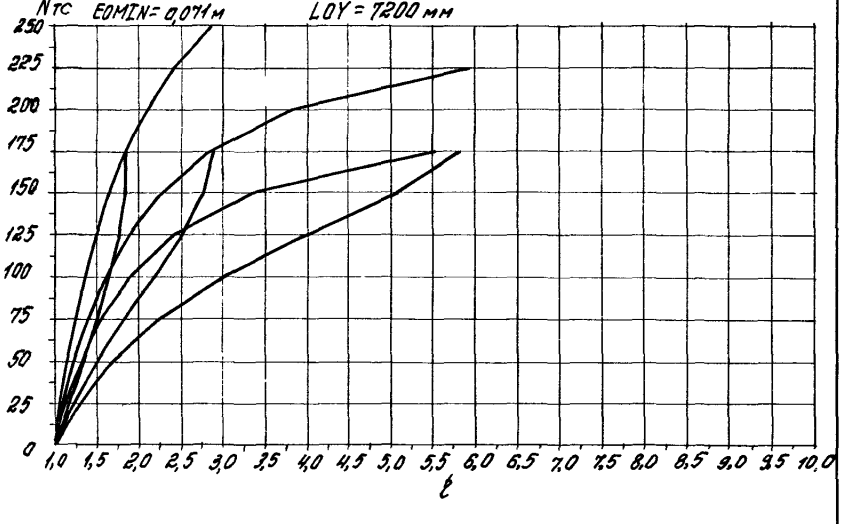

Nтс
e0min=0,095м
Loy = 4800 мм
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5
ℓ


Nтс
e0min=0,089м
Loy = 5400 мм
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0 1,2 1,4 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,6 2,8 3,0 3,2 3,4 3,6 3,8
ℓ

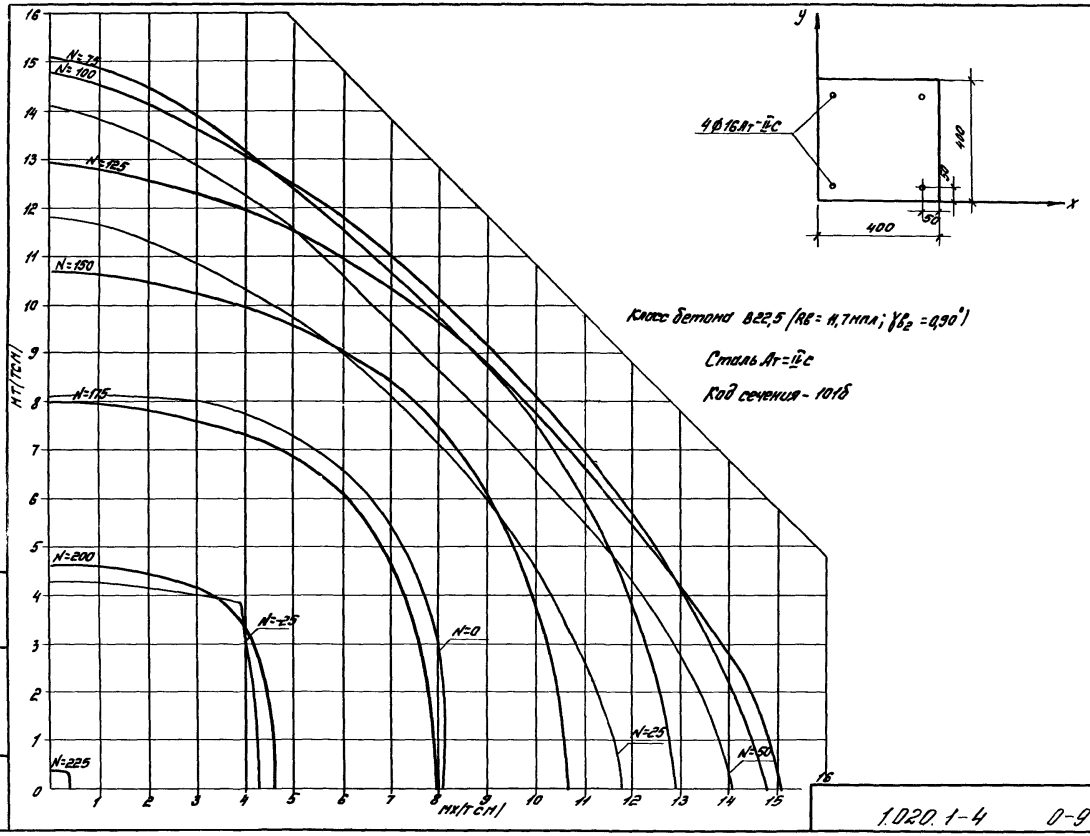








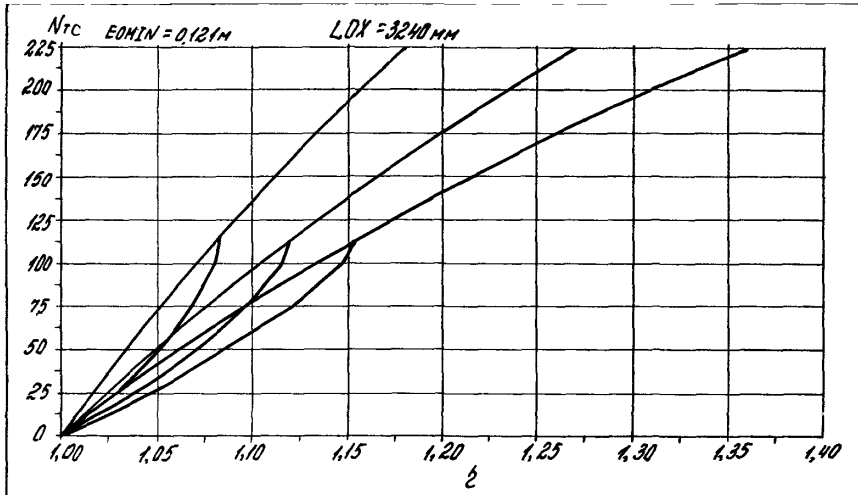
Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

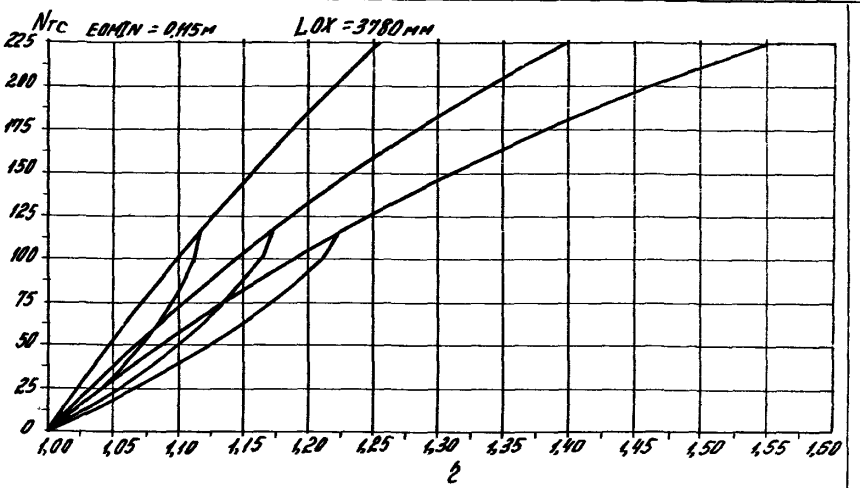


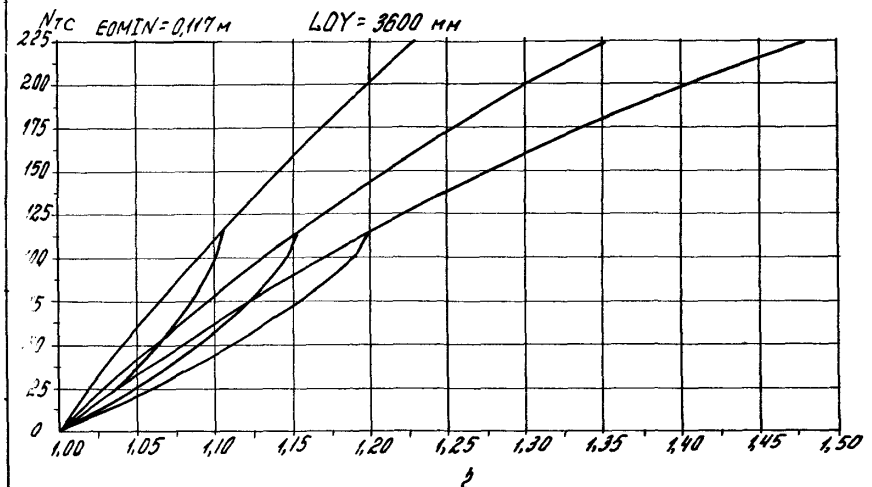
Класс бетона В22,5 (Rв = 11,7 мпа; γв2 = 0,90)

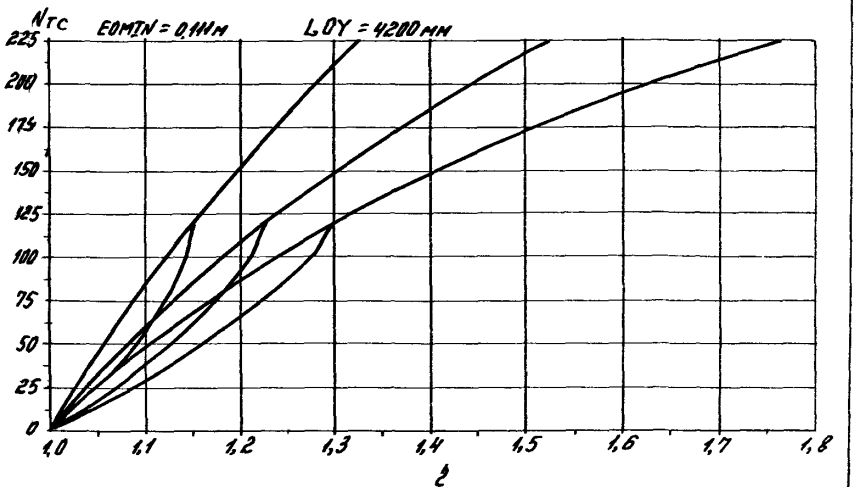
Сталь Ат-IIС

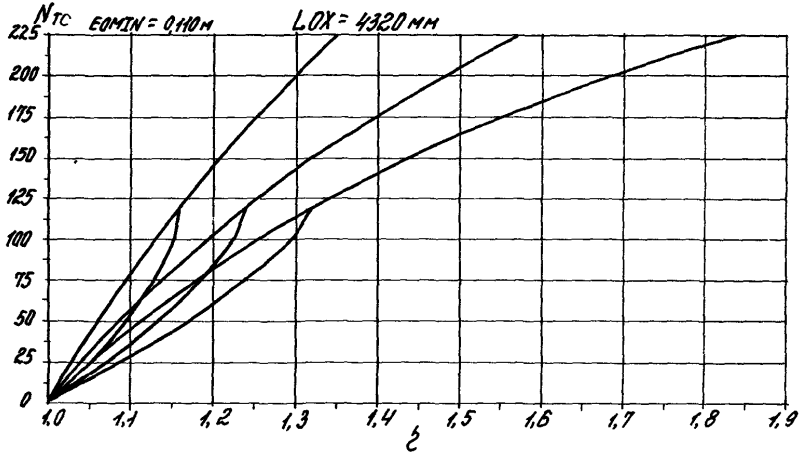
Код сечения - 101б

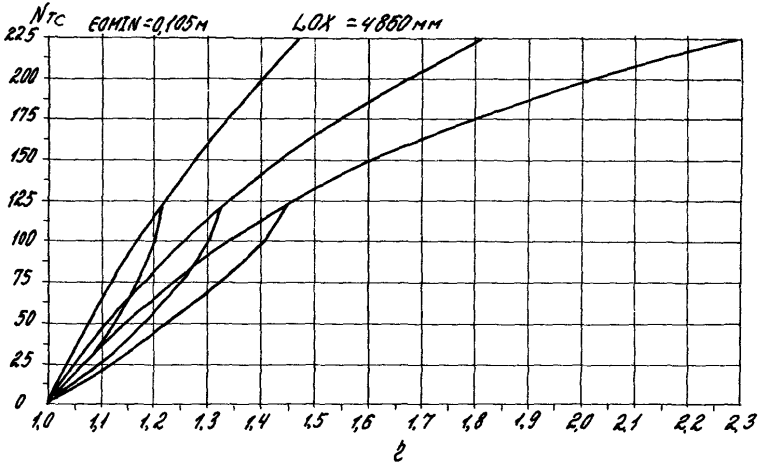

Nтс
e0min = 0,121м
l0x = 3240 мм
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,00
1,05
1,10
1,15
1,20
1,25
1,30
1,35
1,40
ℓ

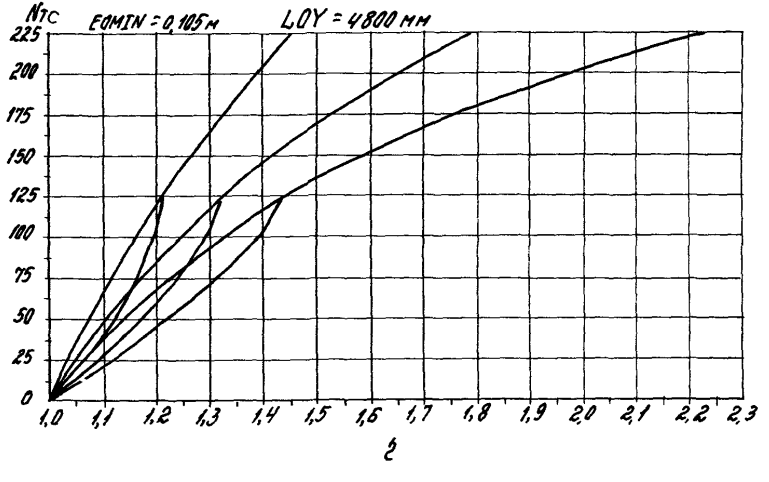

Nтс
e0min = 0,115м
l0x = 3780 мм
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,00
1,05
1,10
1,15
1,20
1,25
1,30
1,35
1,40
1,45
1,50
1,55
1,60
ℓ

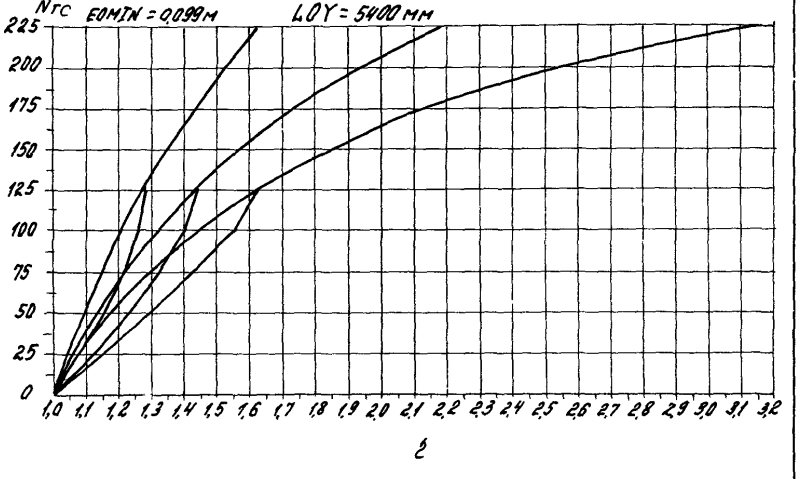

Nтс
e0min = 0,117м
l0y = 3600 мм
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,00
1,05
1,10
1,15
1,20
1,25
1,30
1,35
1,40
1,45
1,50
ℓ

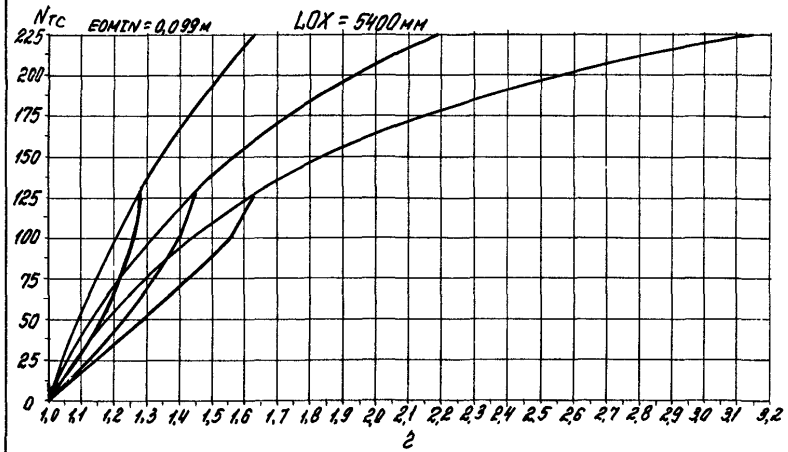

Nтс
e0min = 0,111м
l0y = 4200 мм
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
ℓ

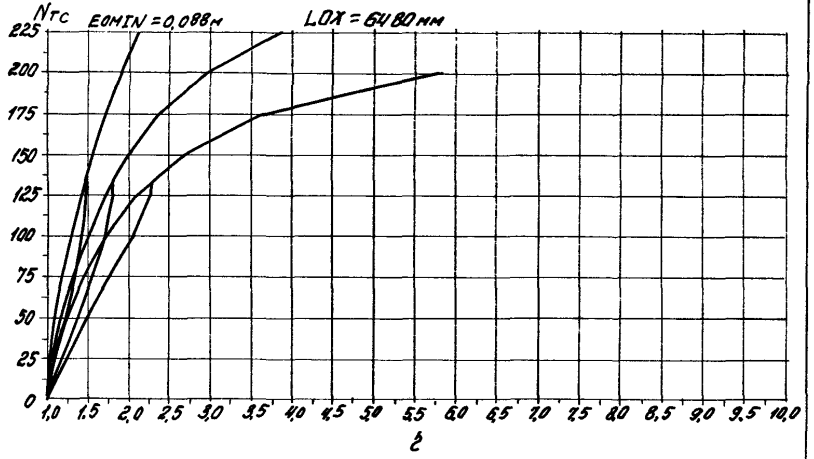

N_{TC}
EOMIN = 0,110м
LOX = 4320 мм
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9
ℓ

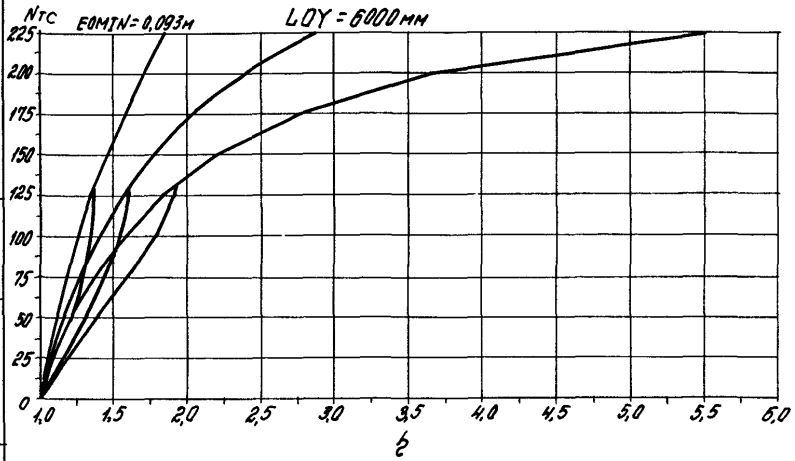

N_{TC}
EOMIN = 0,105м
LOX = 4860 мм
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3
ℓ

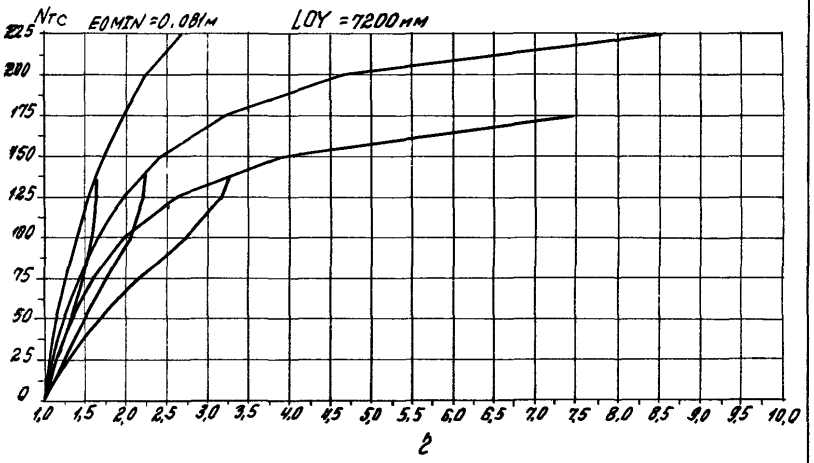

N_{TC}
EOMIN = 0,105м
LOY = 4800 мм
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3
ℓ


N_{TC}
EOMIN = 0,099м
LOY = 5400 мм
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6 2,7 2,8 2,9 3,0 3,1 3,2
ℓ

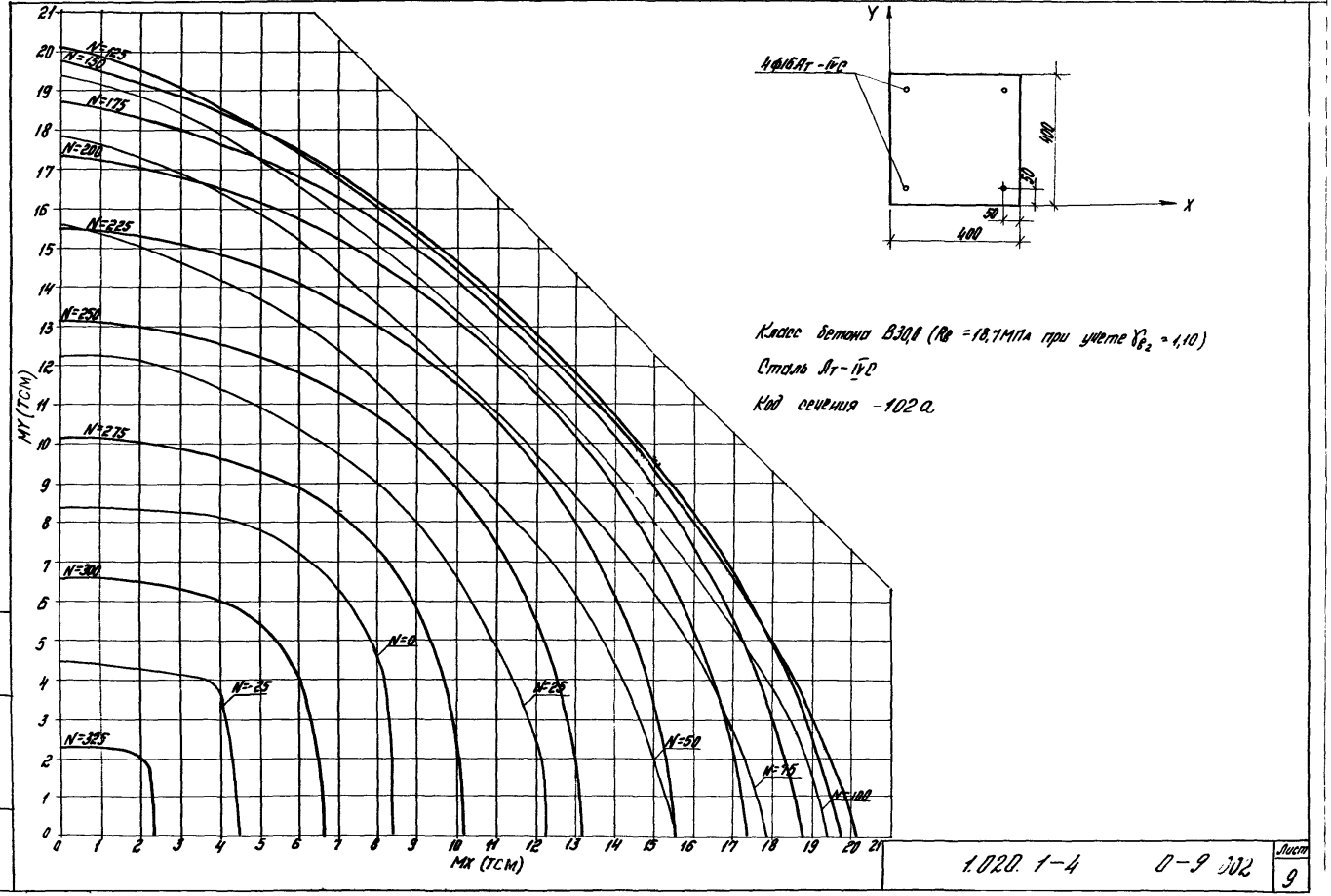








Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам. инв.№



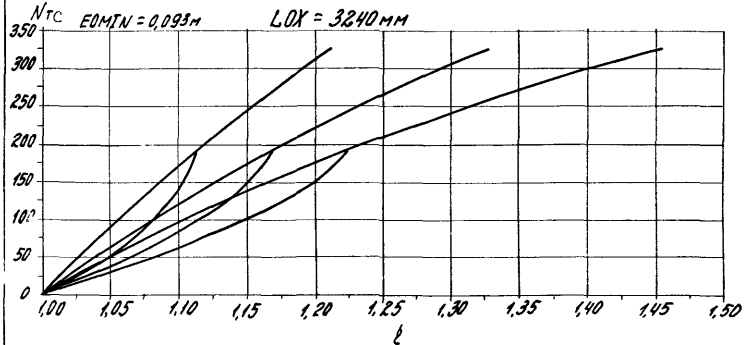
Класс бетона В30,0 (R_B = 18,7 МПа при учете γ_{B_2} = 1,10)

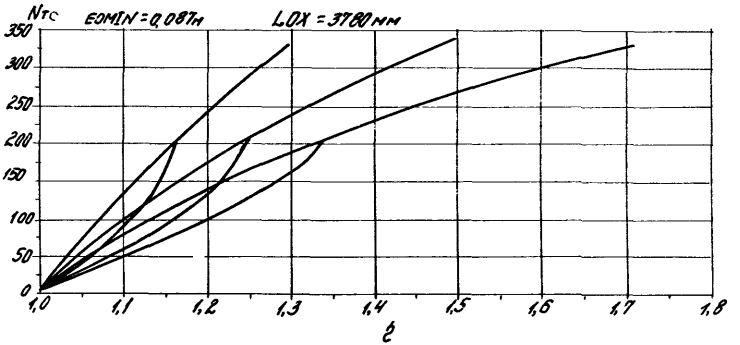
Сталь Ат-IVС

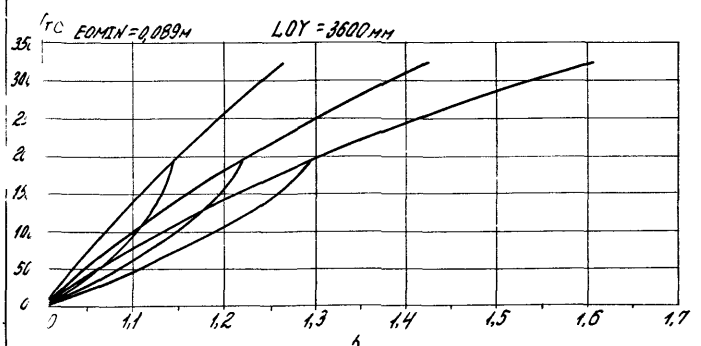
Код сечения -102.0.

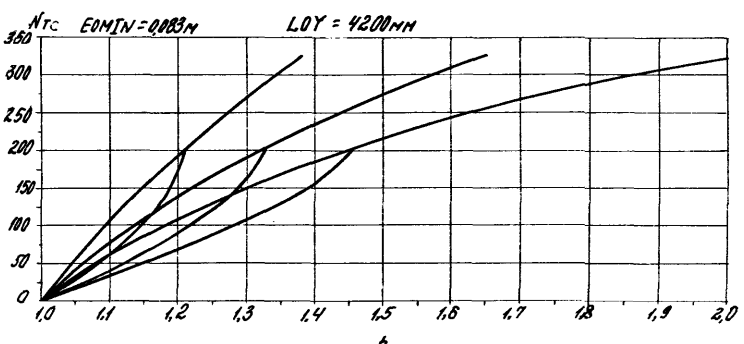
Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

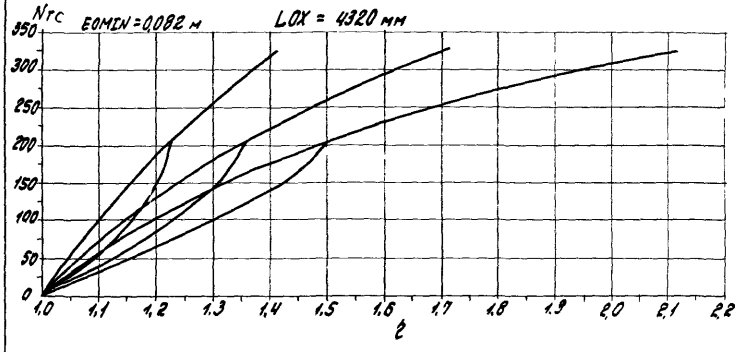
1.020.1-4 0-9.302 Лист 9

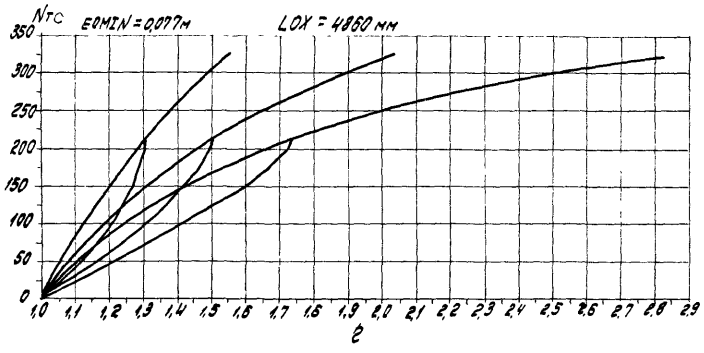

Nтс
EOMIN = 0,093м
LOX = 3240мм
350
300
250
200
150
100
50
0
1,00
1,05
1,10
1,15
1,20
1,25
1,30
1,35
1,40
1,45
1,50
ℓ

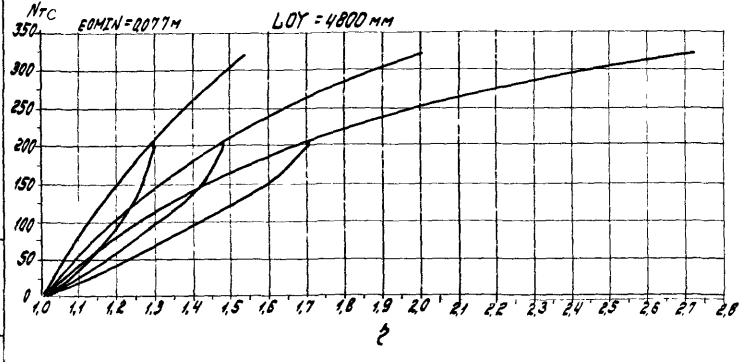

Nтс
EOMIN = 0,087м
LOX = 3780мм
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
ℓ

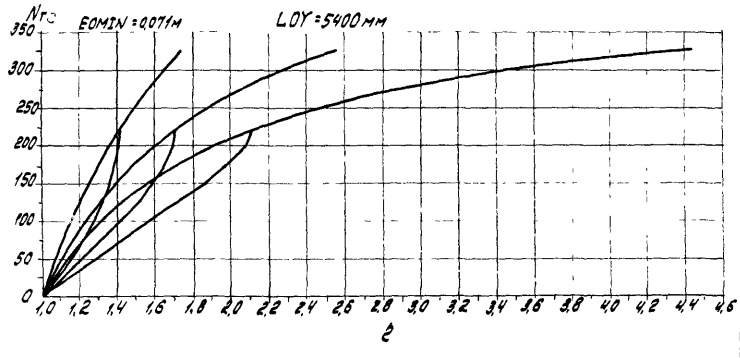

Nтс
EOMIN = 0,089м
LOY = 3600мм
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
ℓ

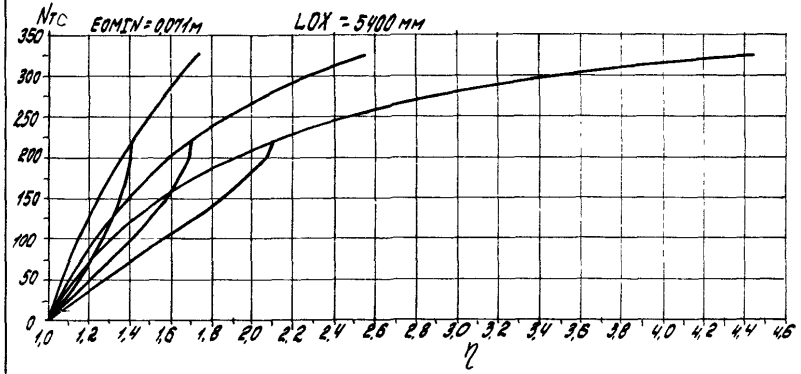

Nтс
EOMIN = 0,083м
LOY = 4200мм
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
1,9
2,0
ℓ

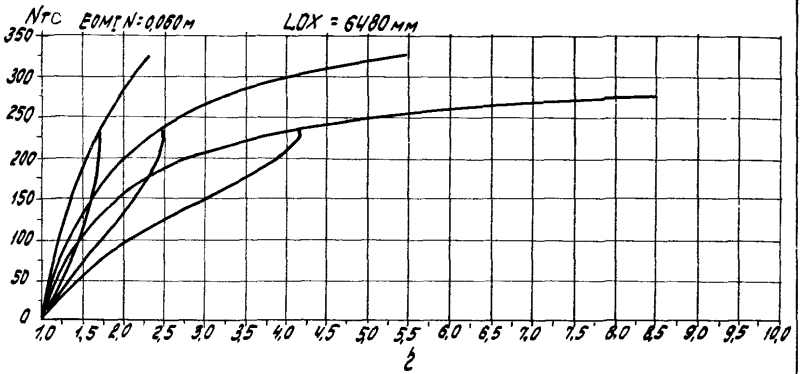

Nтс
e0min=0,082 м
Lox = 4320 мм
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2
ℓ

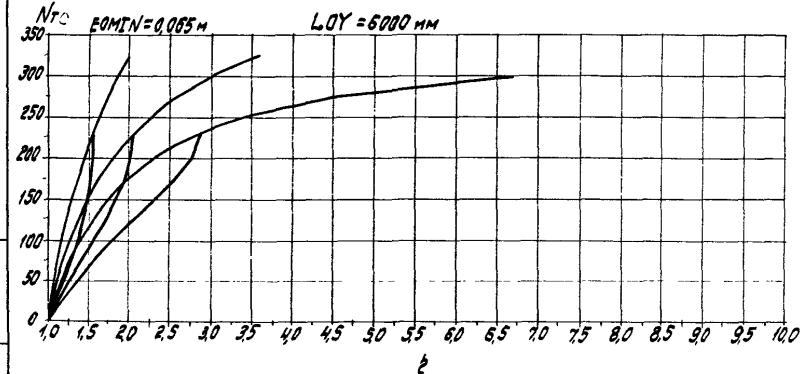

Nтс
e0min=0,077м
Lox = 4860 мм
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6 2,7 2,8 2,9
ℓ

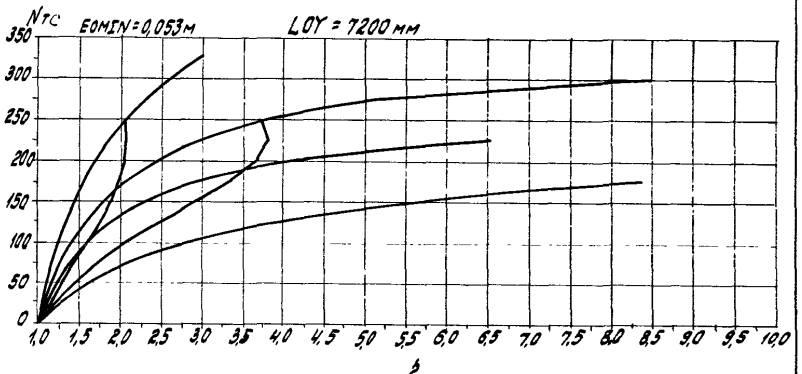

Nтс
e0min=0,077м
Loy = 4800 мм
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6 2,7 2,8
ℓ


Nтс
e0min=0,071м
Loy=5400мм
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,2 1,4 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,6 2,8 3,0 3,2 3,4 3,6 3,8 4,0 4,2 4,4 4,6
ℓ

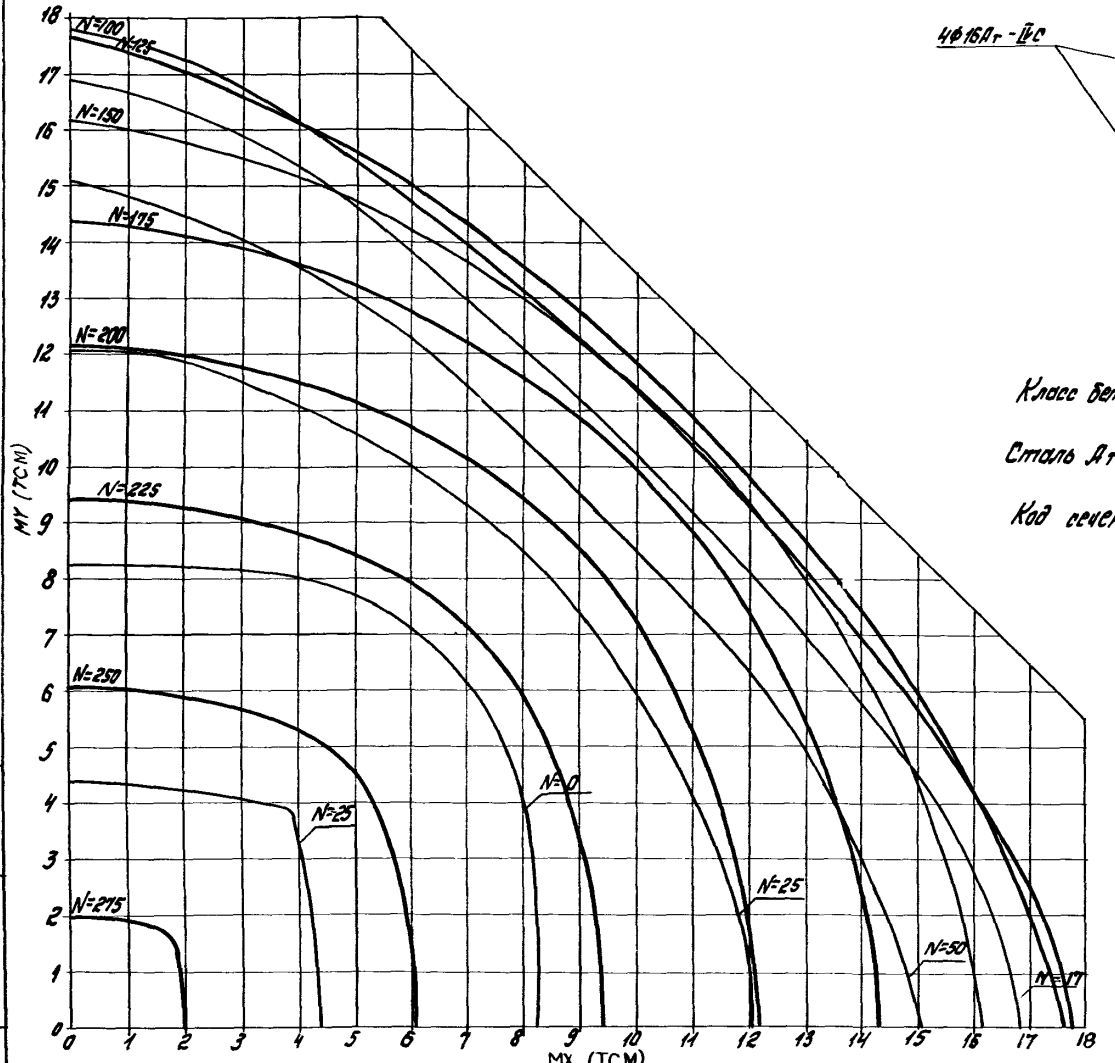


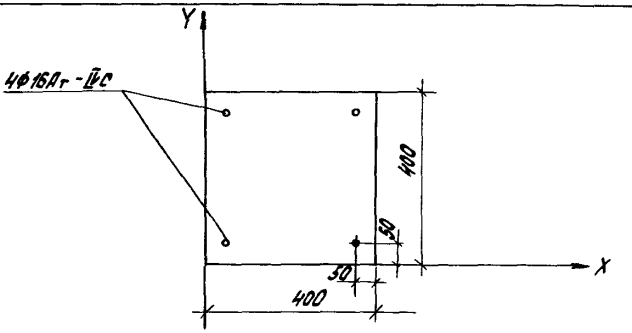






Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №





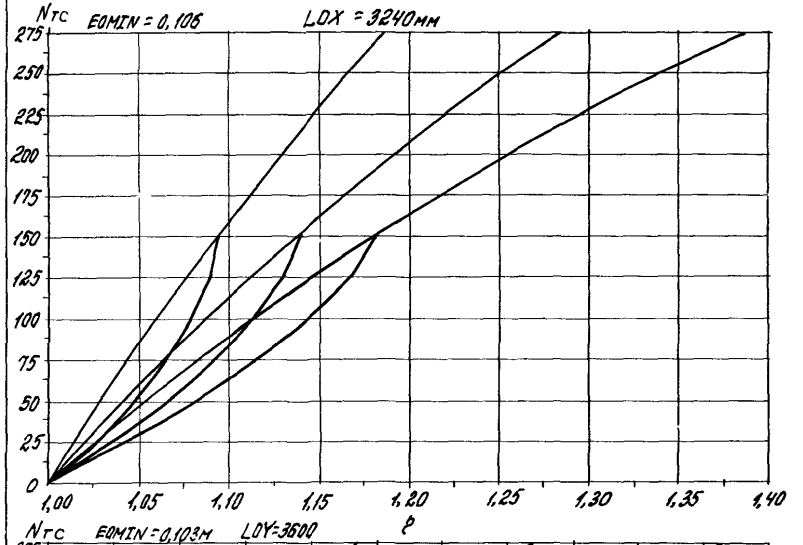
Класс бетона В30,0 ($R_в$ = 15,3 МПа при учете $\gamma_{в2}$ = 0,90)

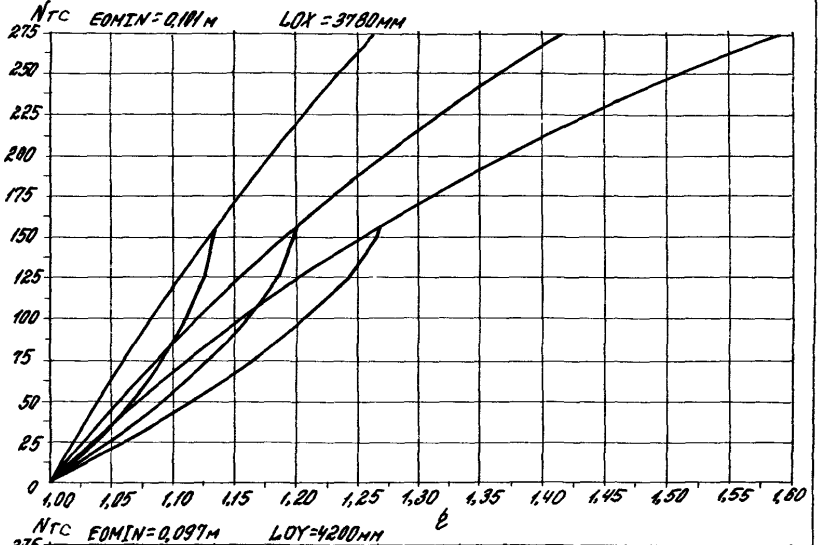
Сталь Ат-IVC

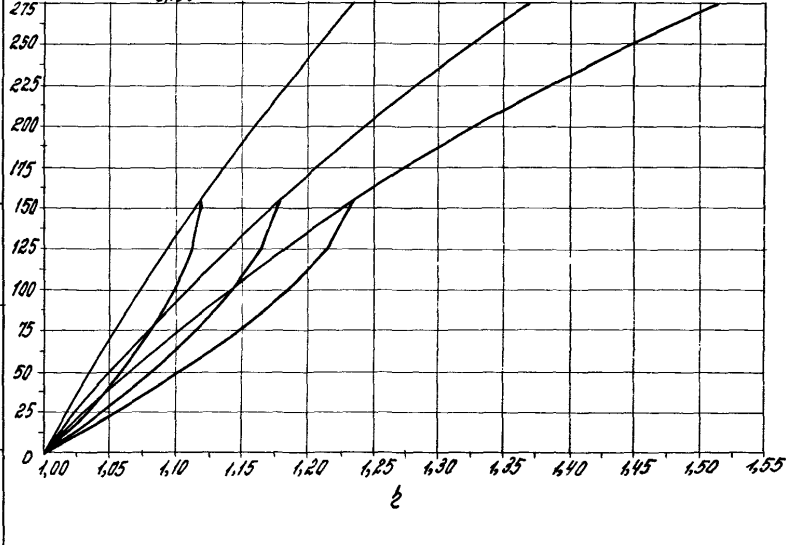
Код сечения - 102б

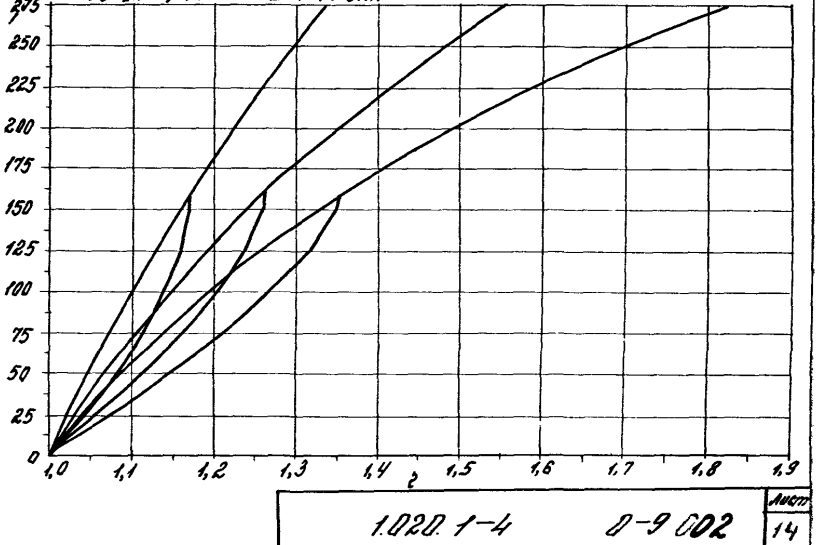
1.020. 1-4	0-9 002	Лист 13

24166-01 09

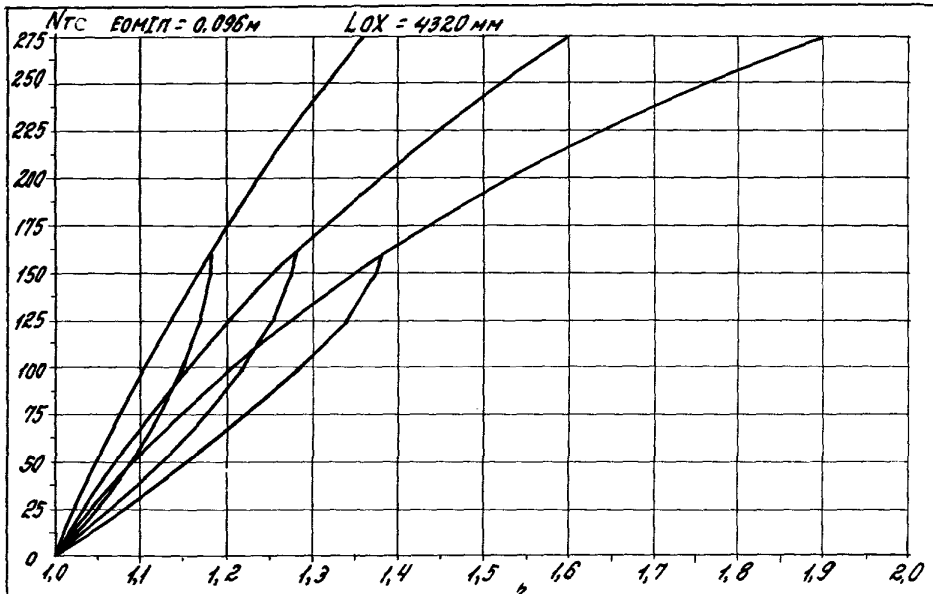


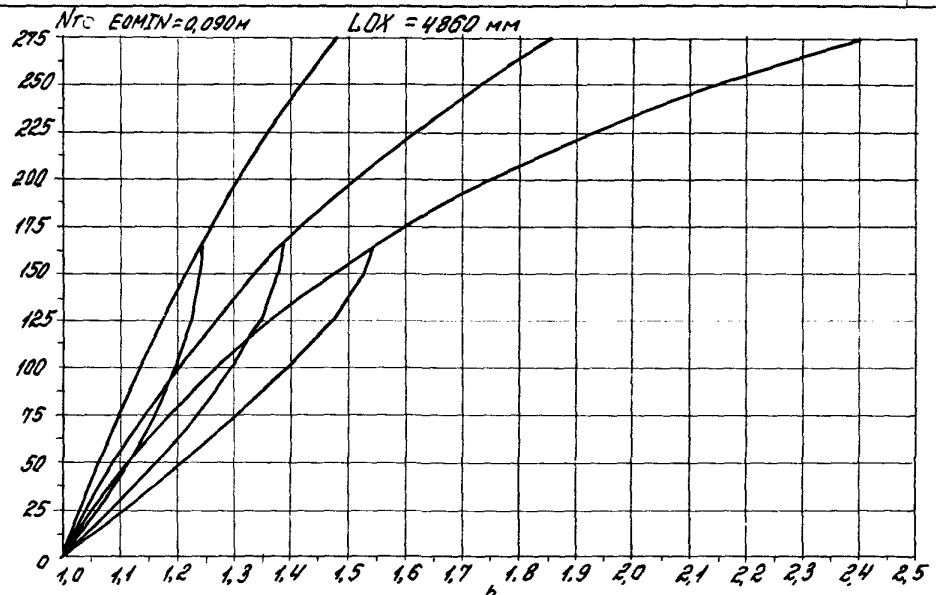


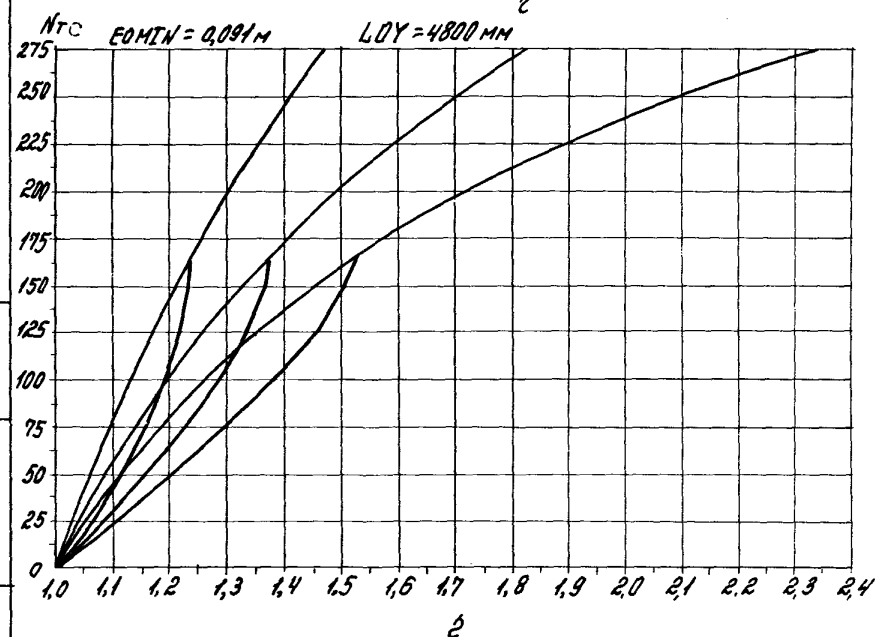


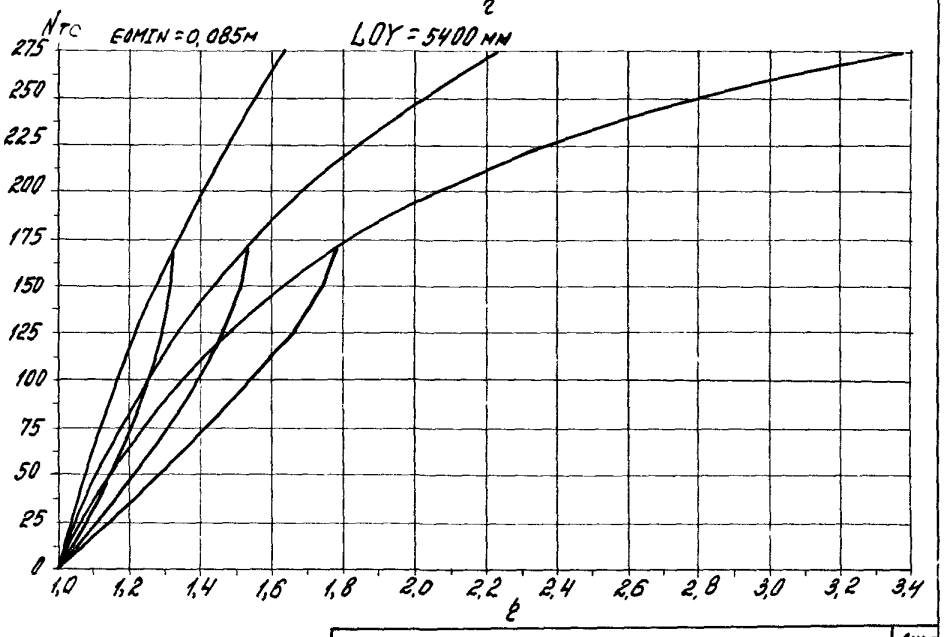


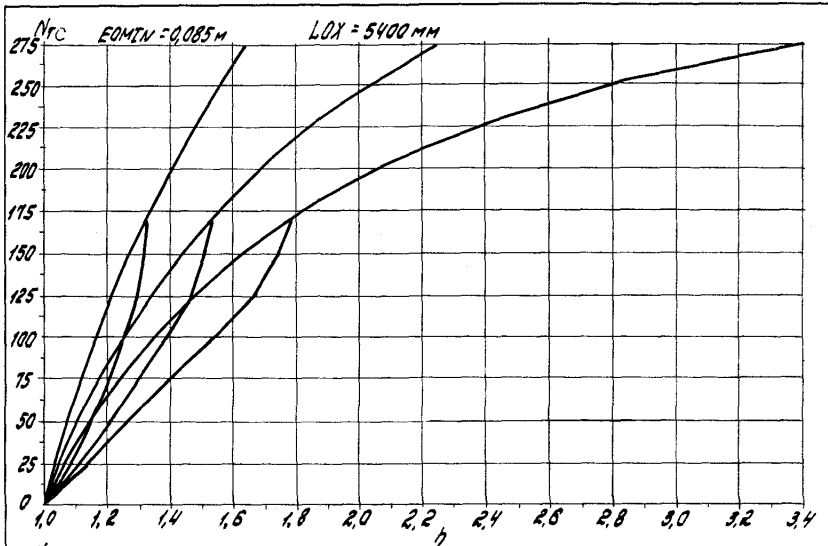
Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

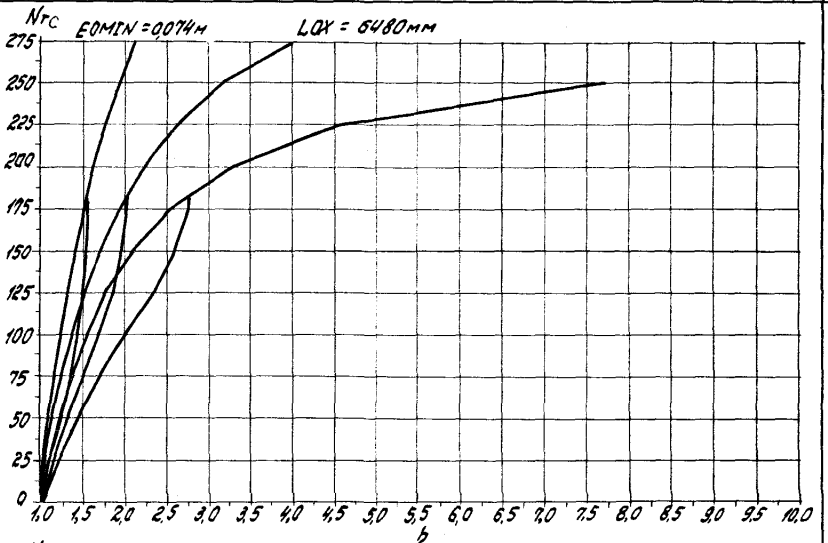

NTC EOMIN = 0,096M
LOX = 4320 MM
275
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0
ζ

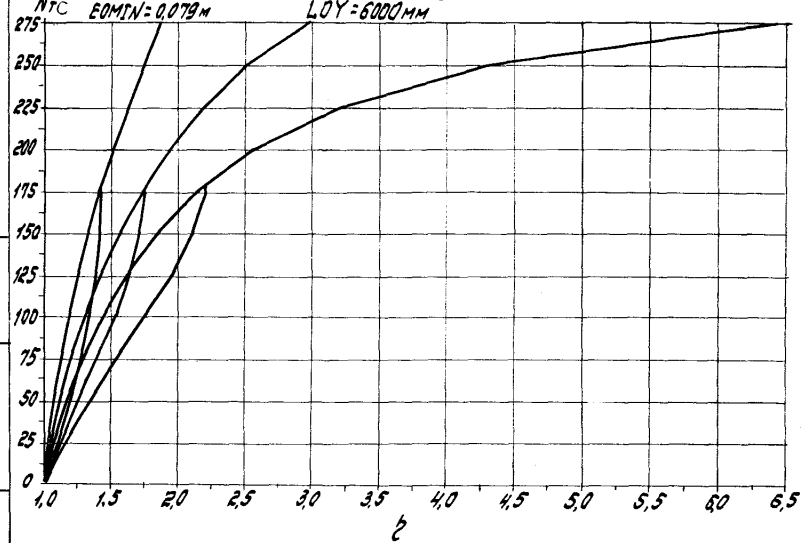

NTC EOMIN=0,090M
LOX = 4860 MM
275
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5
ζ

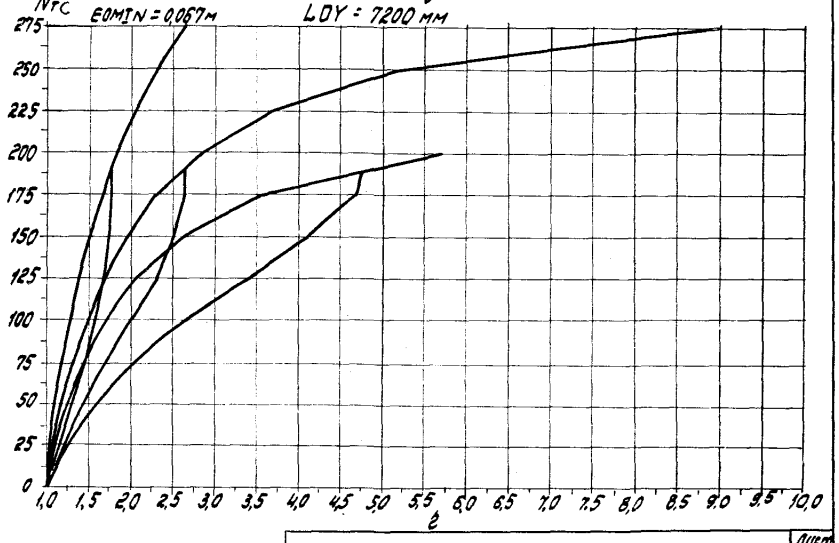

NTC EOMIN = 0,091M
LOY = 4800 MM
275
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4
ζ


NTC EOMIN = 0,085M
LOY = 5400 MM
275
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0 1,2 1,4 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,6 2,8 3,0 3,2 3,4
ζ

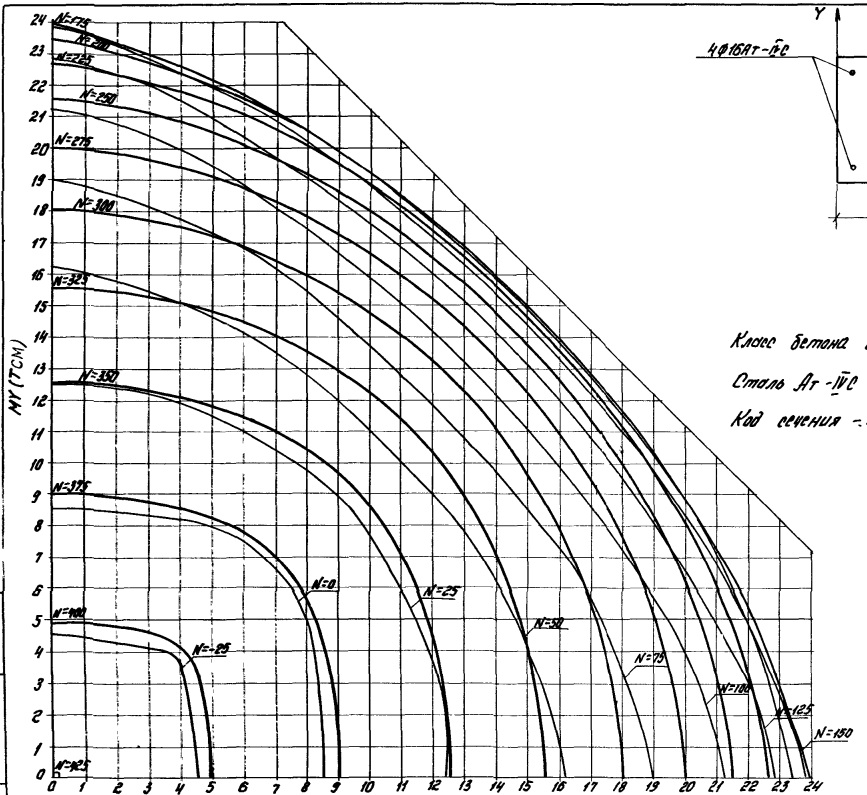


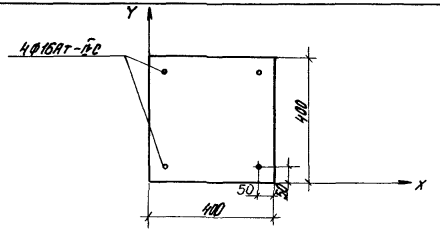






Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

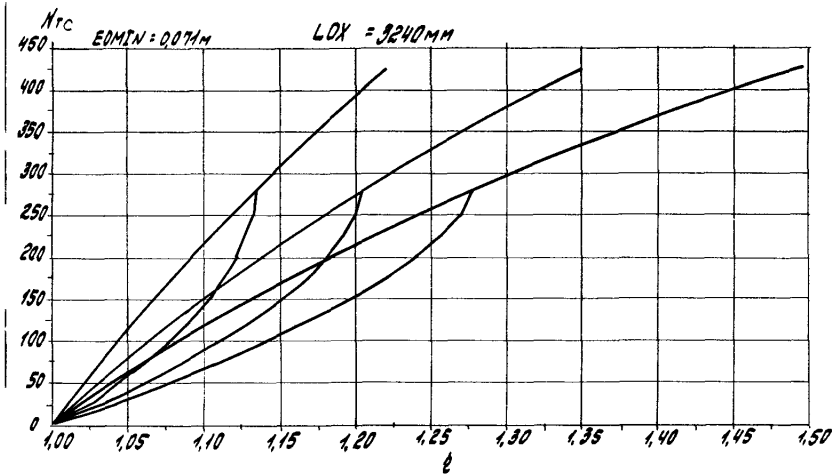


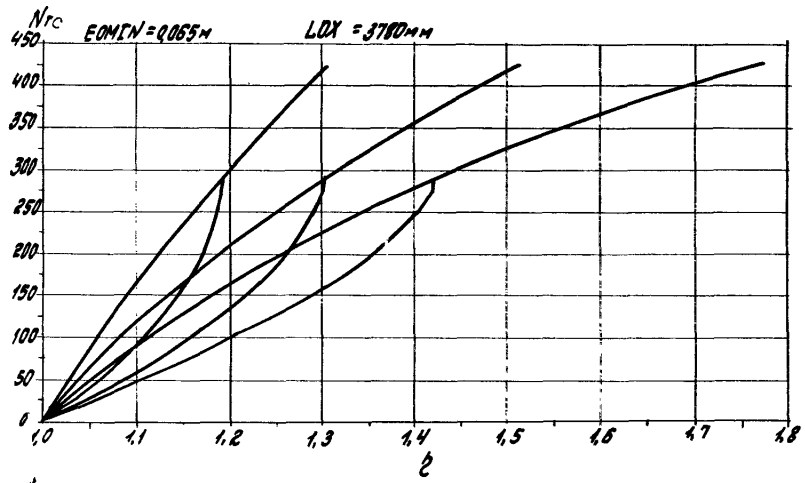


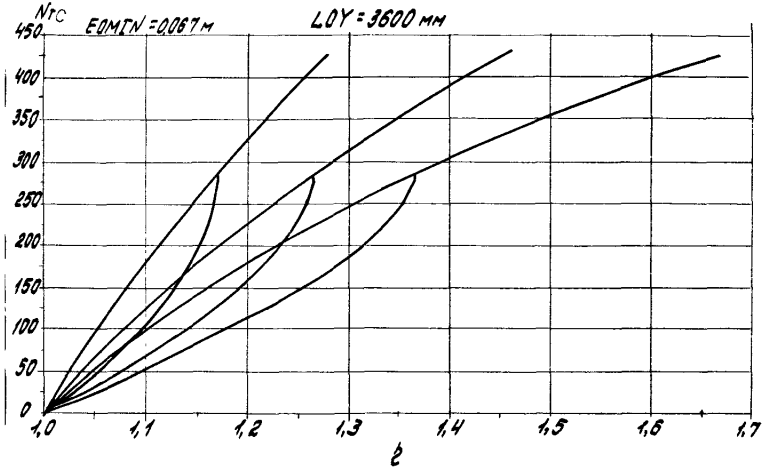
Класс бетона В40,0 (R_B = 24,2МПа при учете γ_{B_2} = 1,10)

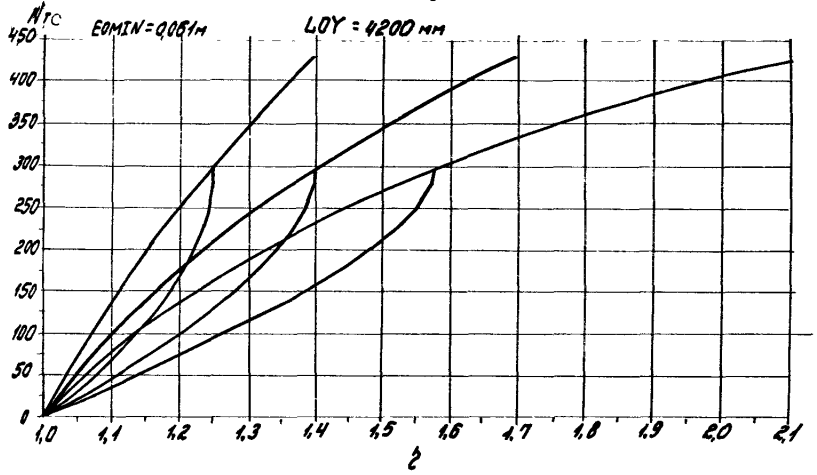
Сталь Ат-IVС

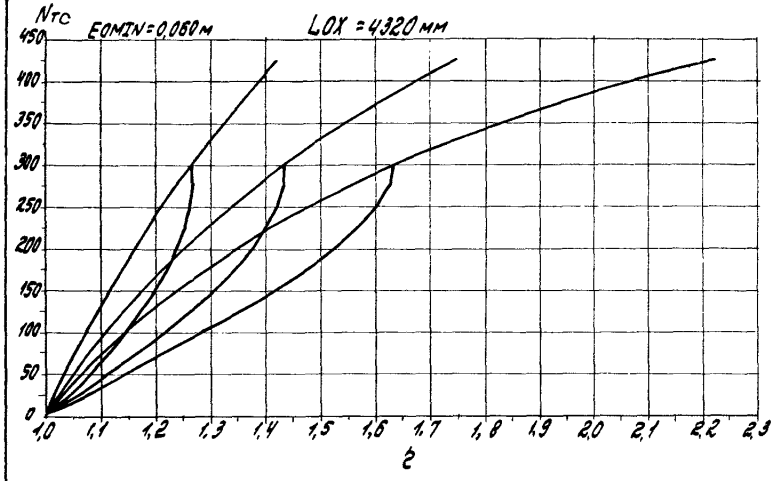
Код сечения – 103а

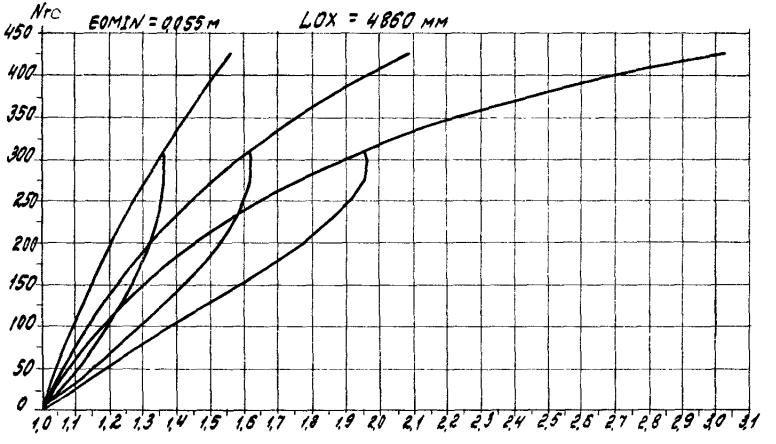

Nтс
EOMIN = 0,071м
LOX = 3240мм
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
1,00
1,05
1,10
1,15
1,20
1,25
1,30
1,35
1,40
1,45
1,50
ℓ

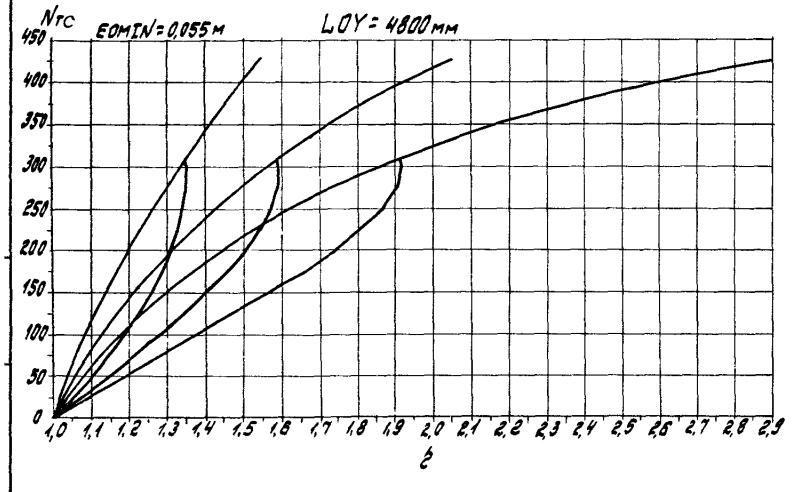

Nтс
EOMIN = 0,065м
LOX = 3780мм
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
ℓ

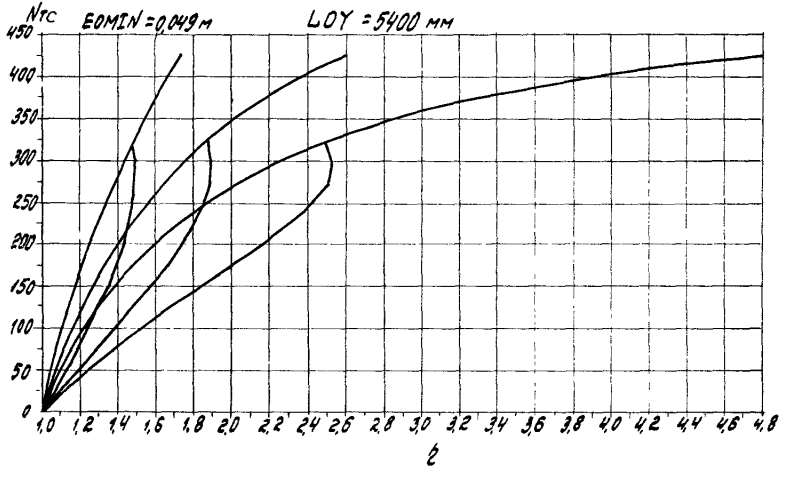

Nтс
EOMIN = 0,067м
LOY = 3600 мм
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
ℓ

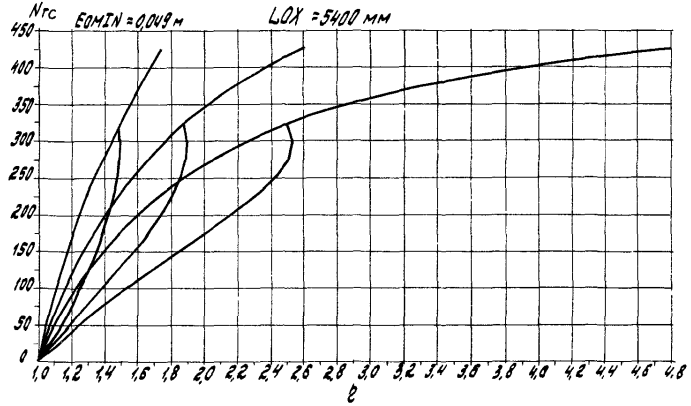

Nтс
EOMIN = 0,061м
LOY = 4200 мм
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
1,9
2,0
2,1
ℓ

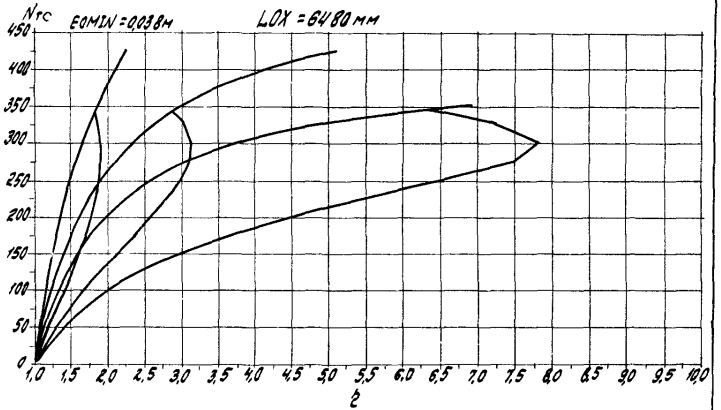

Nтс
EOMIN=0,060м
LOX=4320мм
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3
ℓ

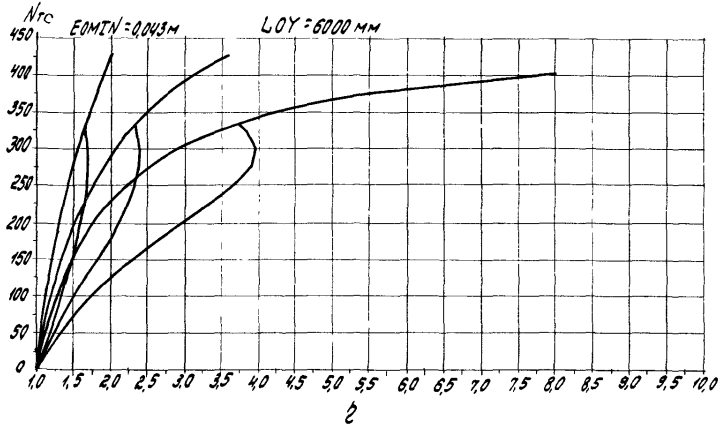

Nтс
EOMIN=0,055м
LOX=4860мм
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6 2,7 2,8 2,9 3,0 3,1

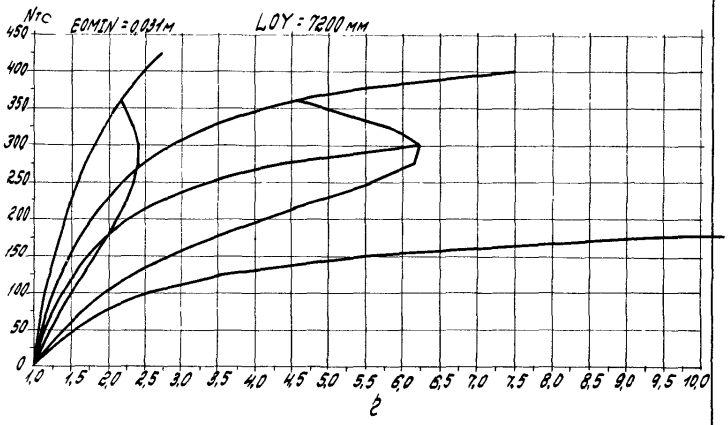

Nтс
EOMIN=0,055м
LOY=4800мм
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6 2,7 2,8 2,9
ℓ


Nтс
EOMIN=0,049м
LOY=5400мм
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,2 1,4 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,6 2,8 3,0 3,2 3,4 3,6 3,8 4,0 4,2 4,4 4,6 4,8
ℓ

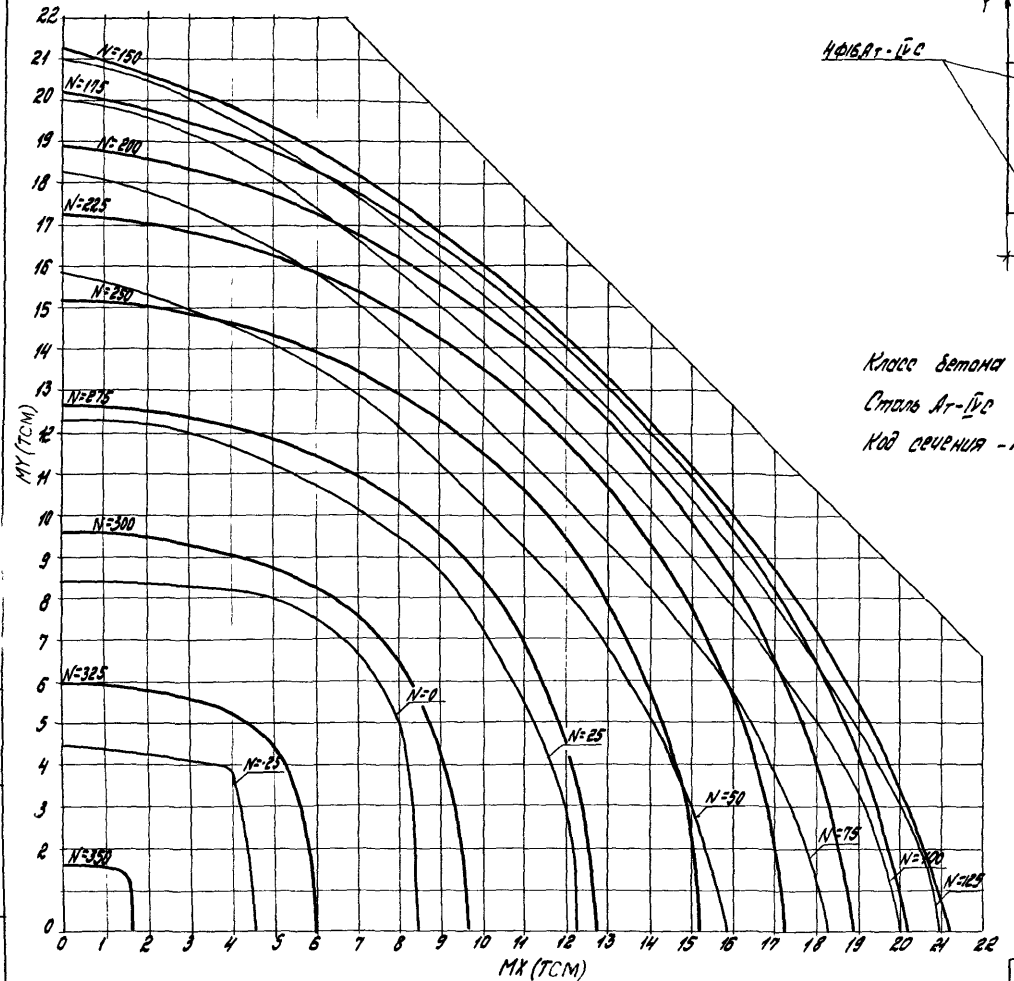


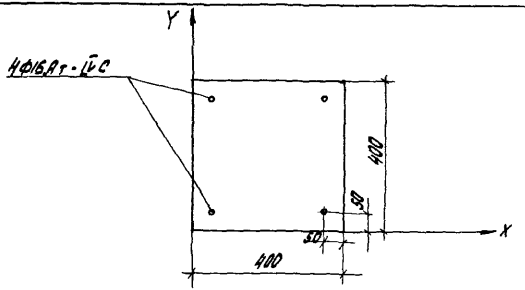






Инв.№подл. | Подп. и дата | Взам. инв.№

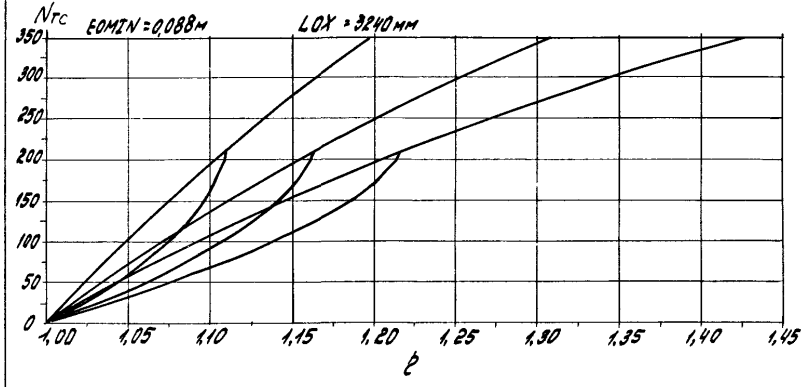


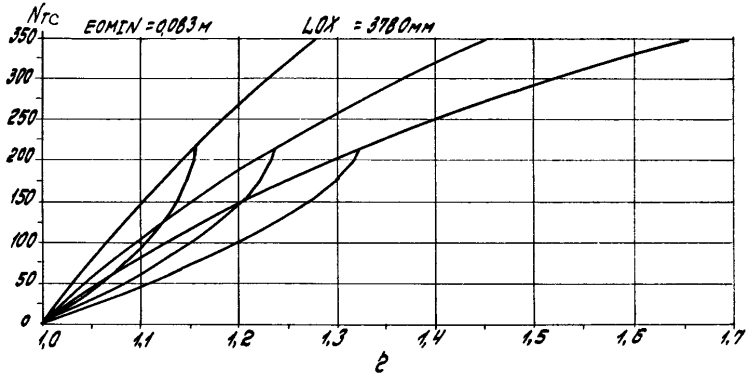


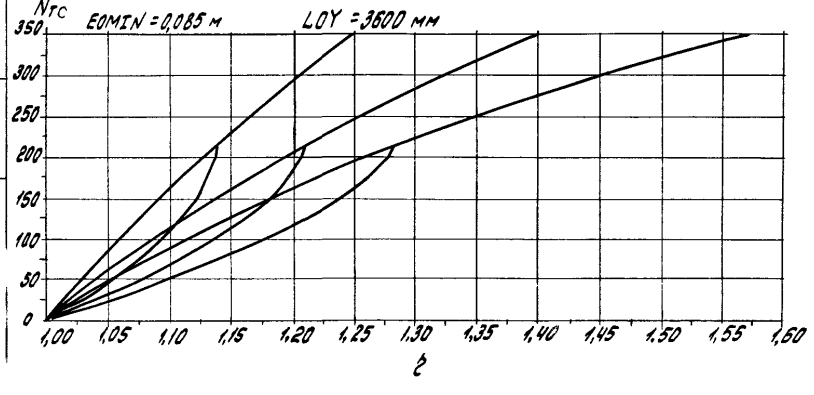
Класс бетона В40,0 (R_B = 19,8 МПа при учете γ_{B2} = 0,90)

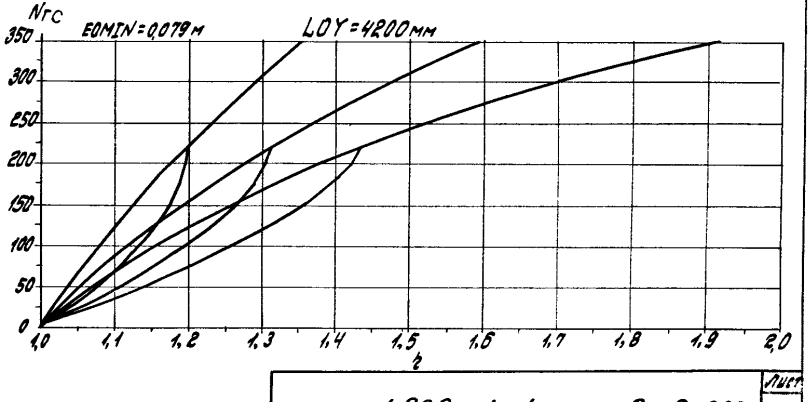
Сталь А-IVС

Код сечения - 1036

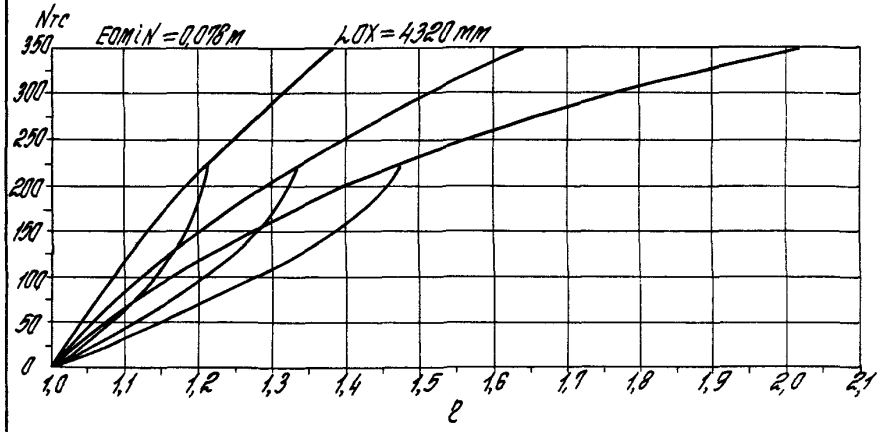


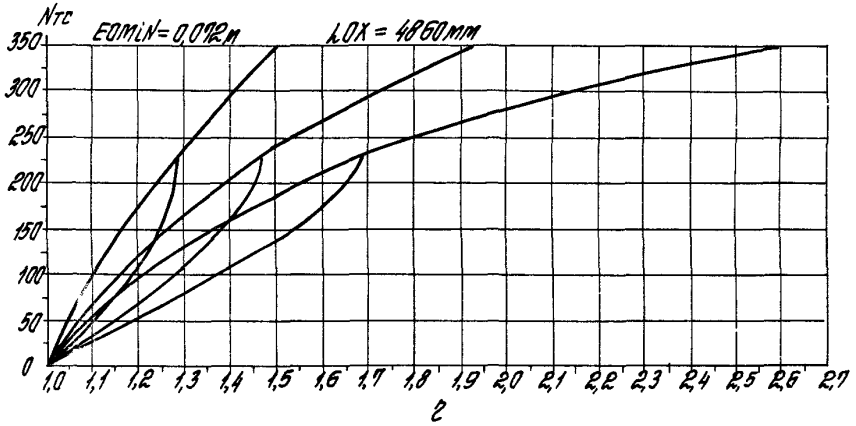


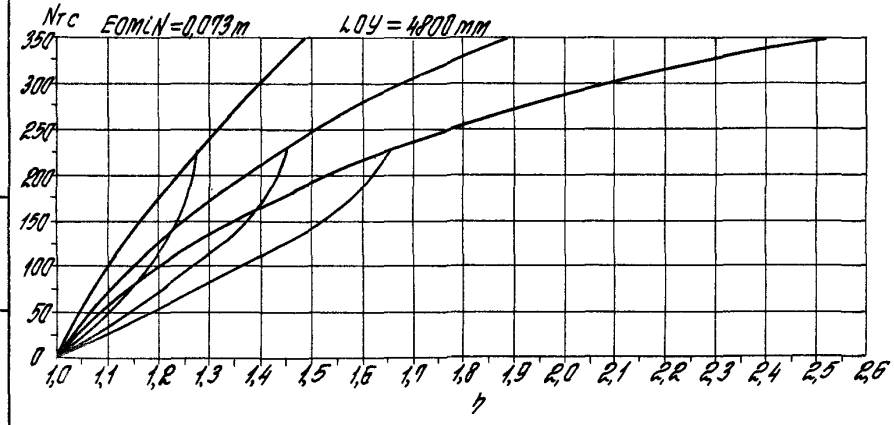


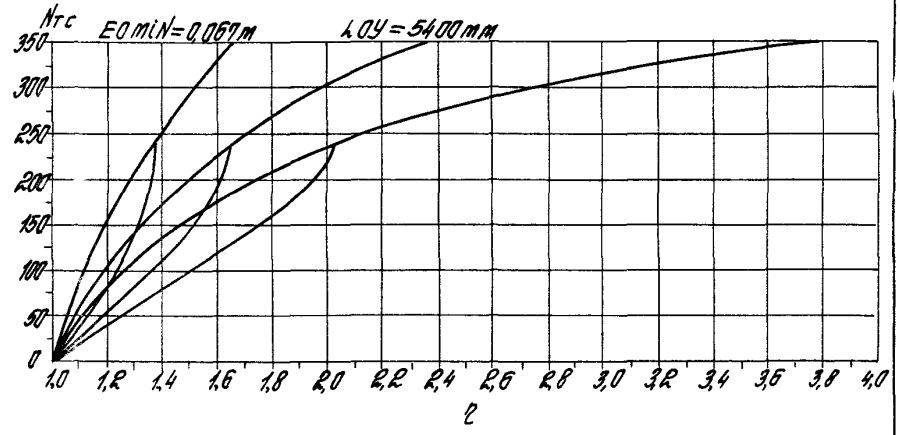


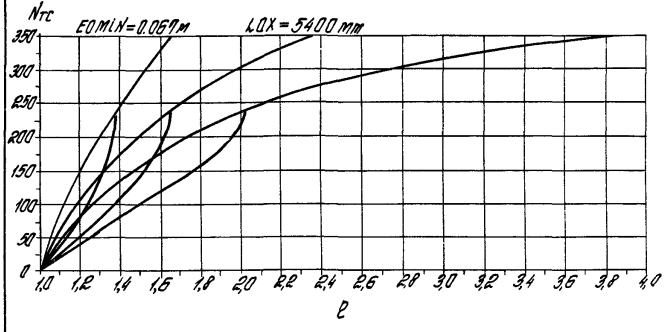
Инв.№подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

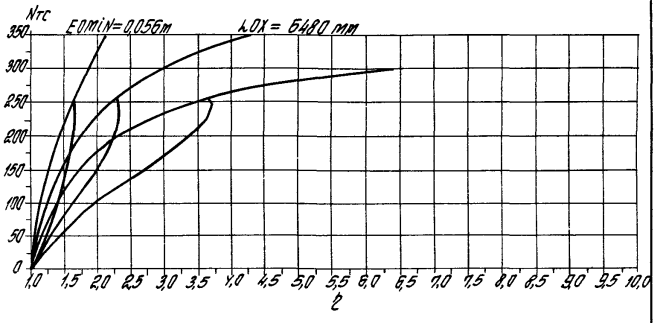

Nтс
EOMiN=0,078m
LOX=4320mm
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1
ℓ

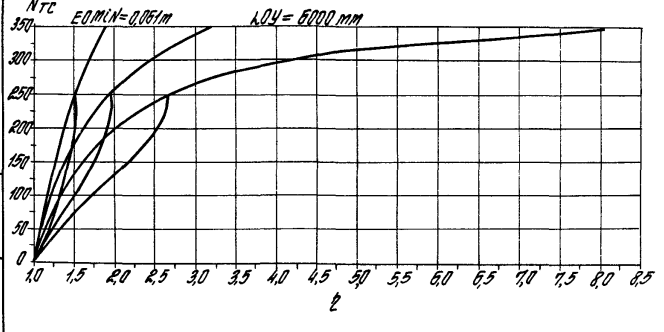

Nтс
EOMiN=0,092m
LOX=4860mm
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6 2,7
ℓ

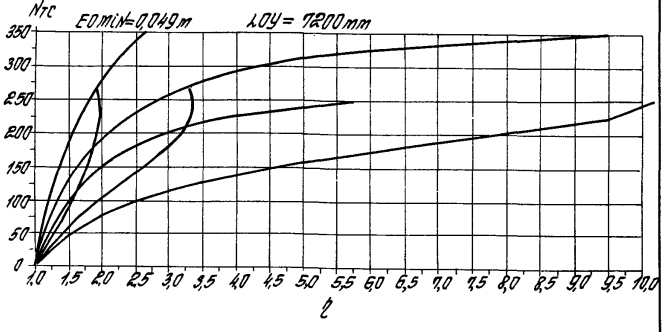

Nтс
EOMiN=0,073m
LOY=4800mm
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6
ℓ

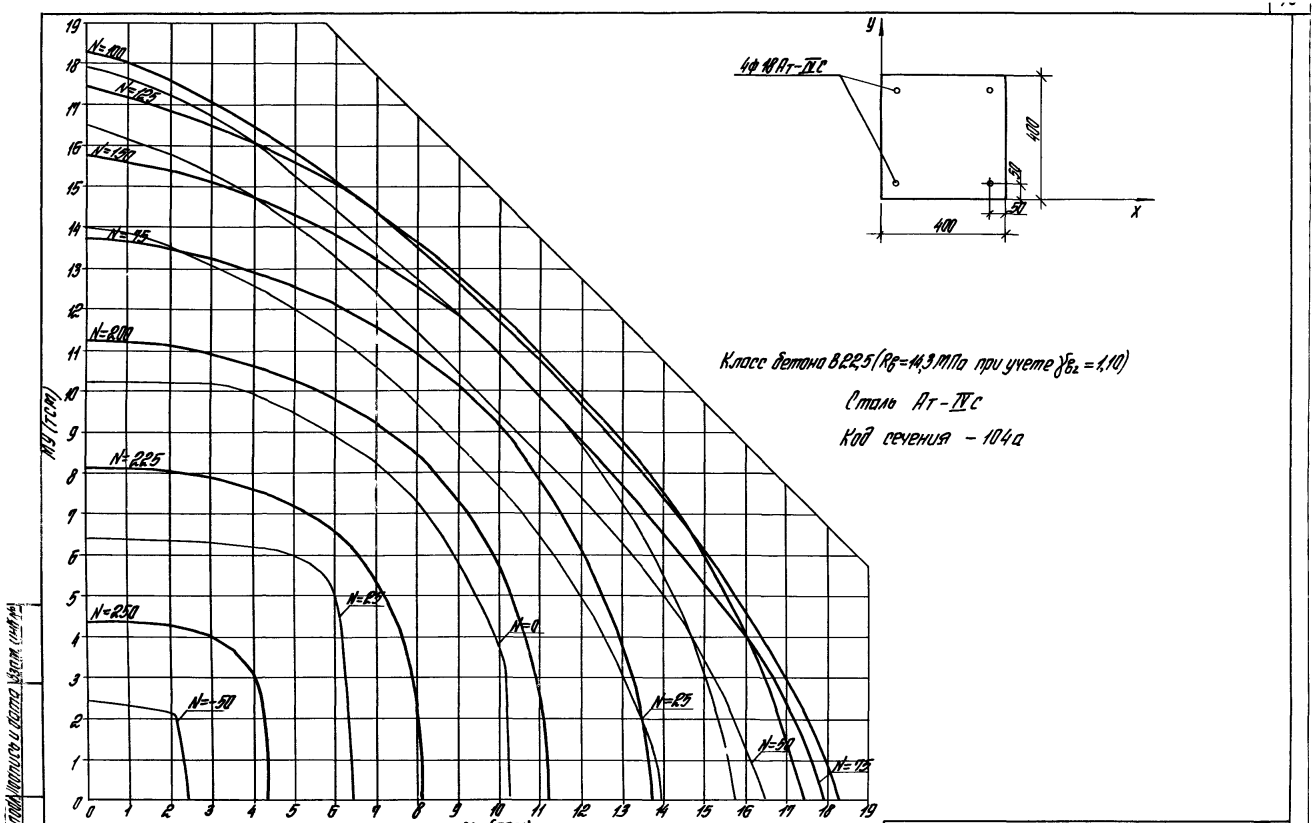

Nтс
EOMiN=0,067m
LOY=5400mm
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,2 1,4 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,6 2,8 3,0 3,2 3,4 3,6 3,8 4,0
ℓ


Nтс
EOMIN=0.067m
LOX=5400 mm
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,2 1,4 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,6 2,8 3,0 3,2 3,4 3,6 3,8 4,0
l


Nтс
EOMIN=0,056m
LOX= 6480 mm
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 5,5 6,0 6,5 7,0 7,5 8,0 8,5 9,0 9,5 10,0
l


Nтс
EOMIN=0,061m
LOY= 6000 mm
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 5,5 6,0 6,5 7,0 7,5 8,0 8,5
l


Nтс
EOMIN=0,049m
LOY= 7200mm
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 5,5 6,0 6,5 7,0 7,5 8,0 8,5 9,0 9,5 10,0
l



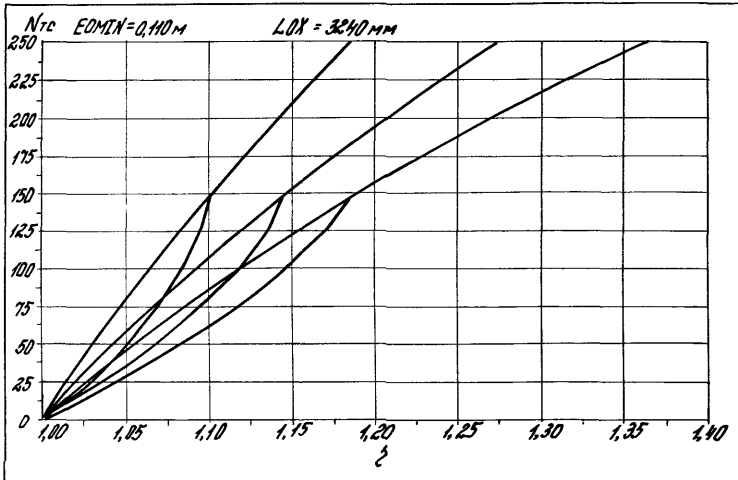
Класс бетона В225 ($R_б$=14,3 МПа при учете $\gamma_{б2}$=1,10)

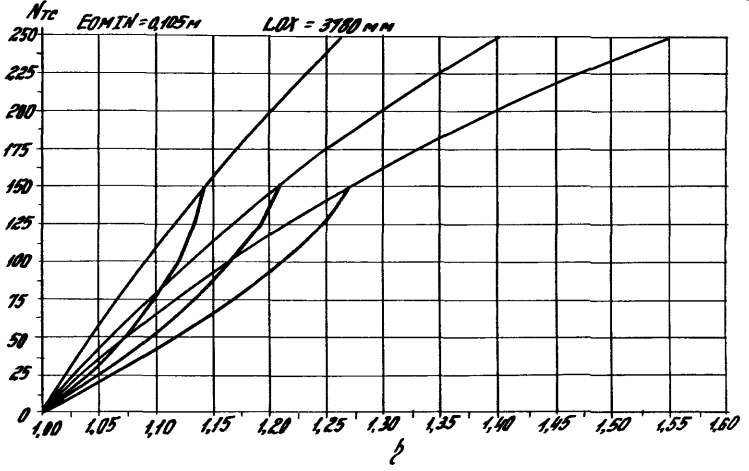
Сталь Ат-IIIс

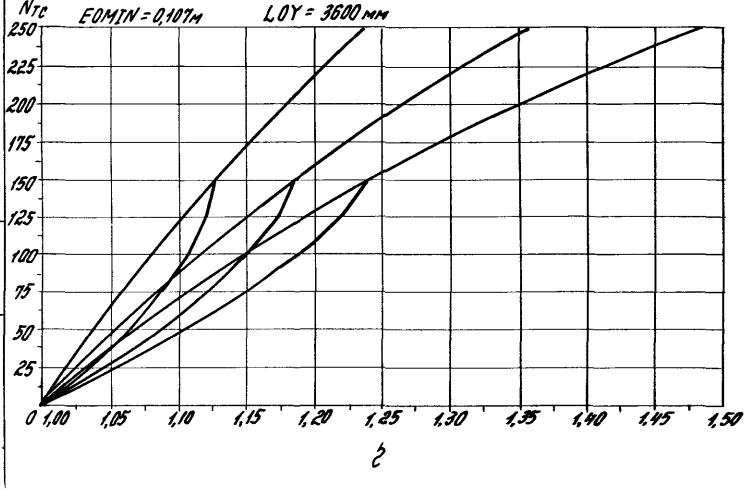
Код сечения – 104а

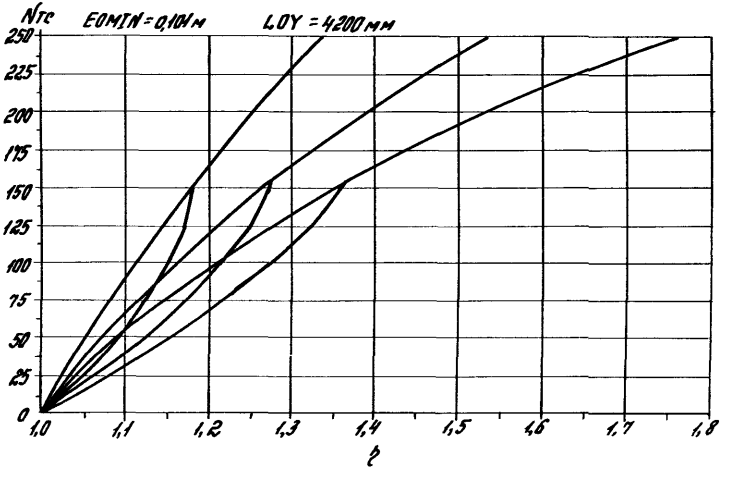
1.020.1-4	0-9 002	Лист 25

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

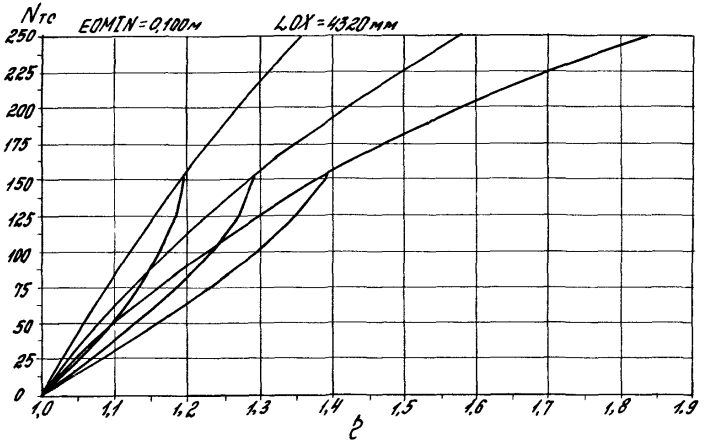


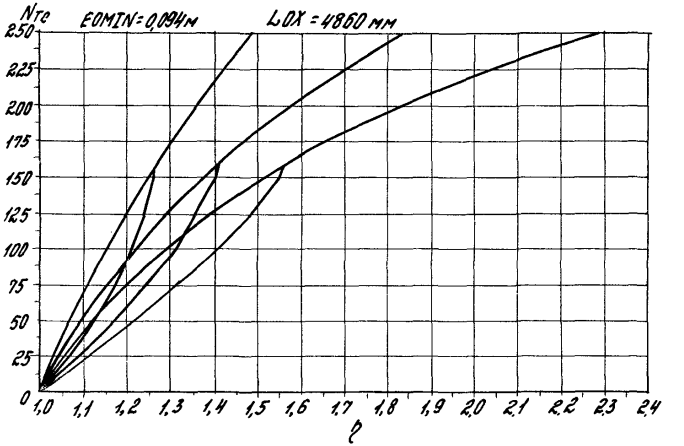


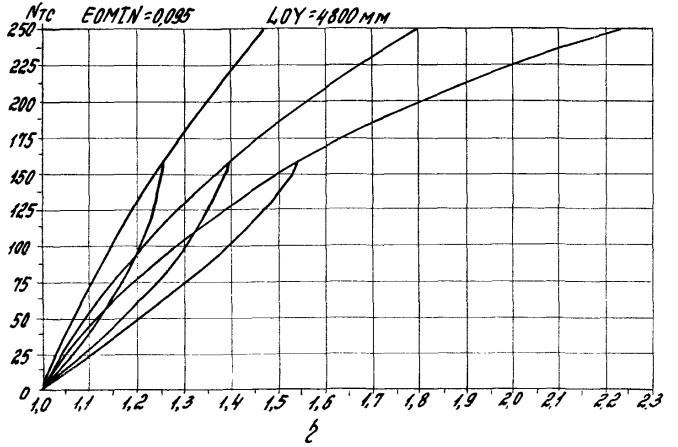


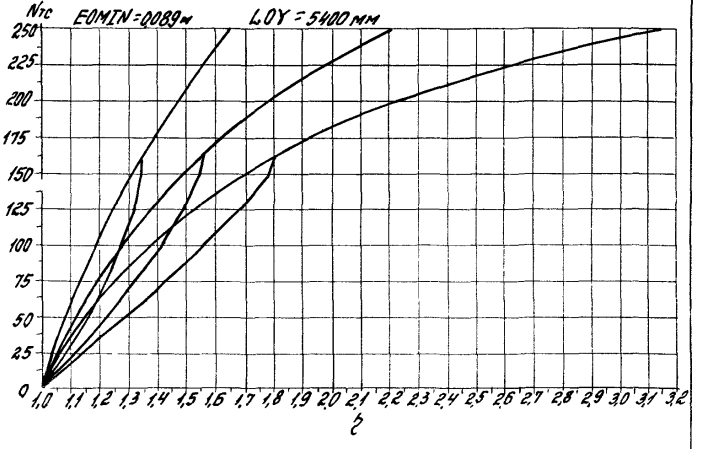


Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам. инв.№

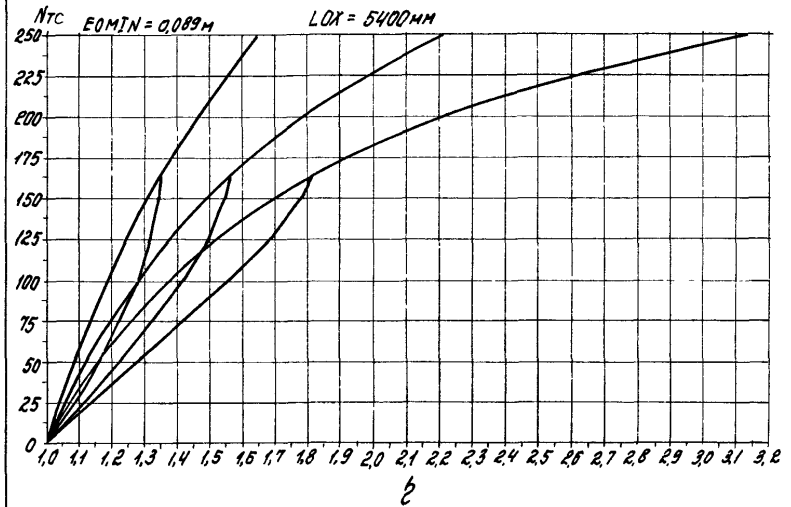


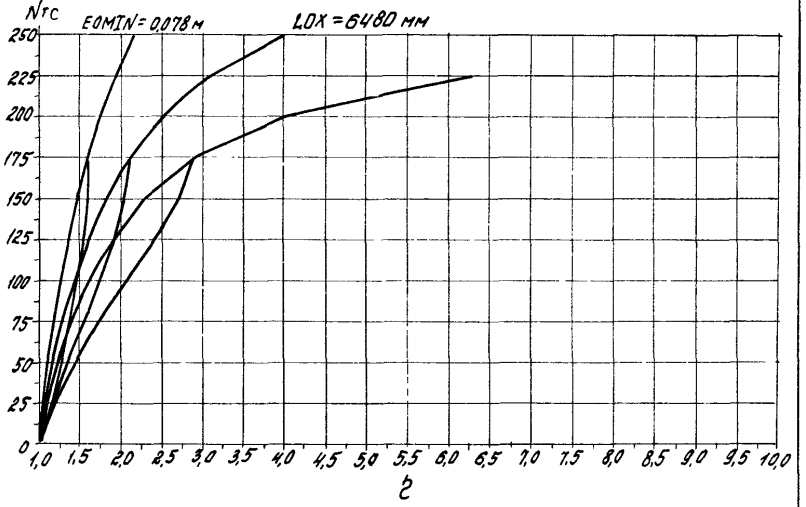


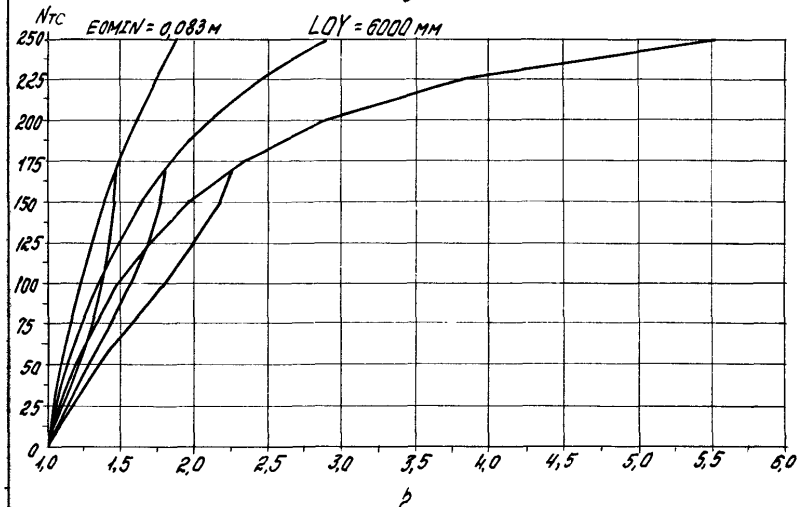


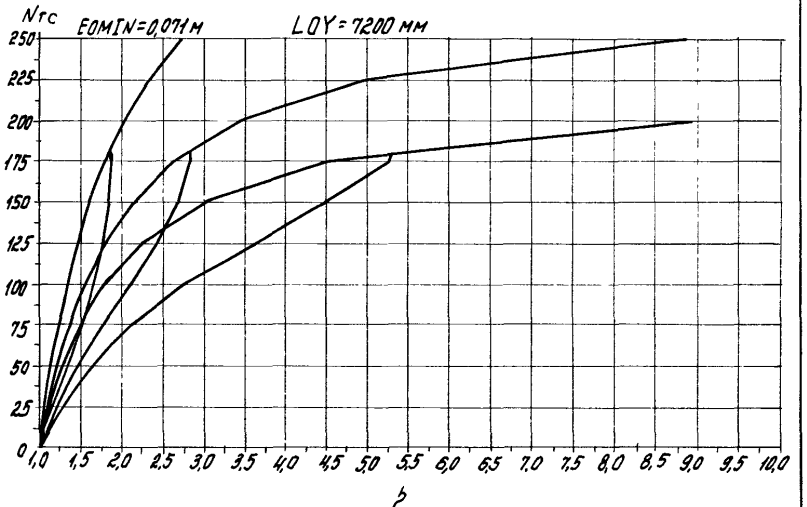


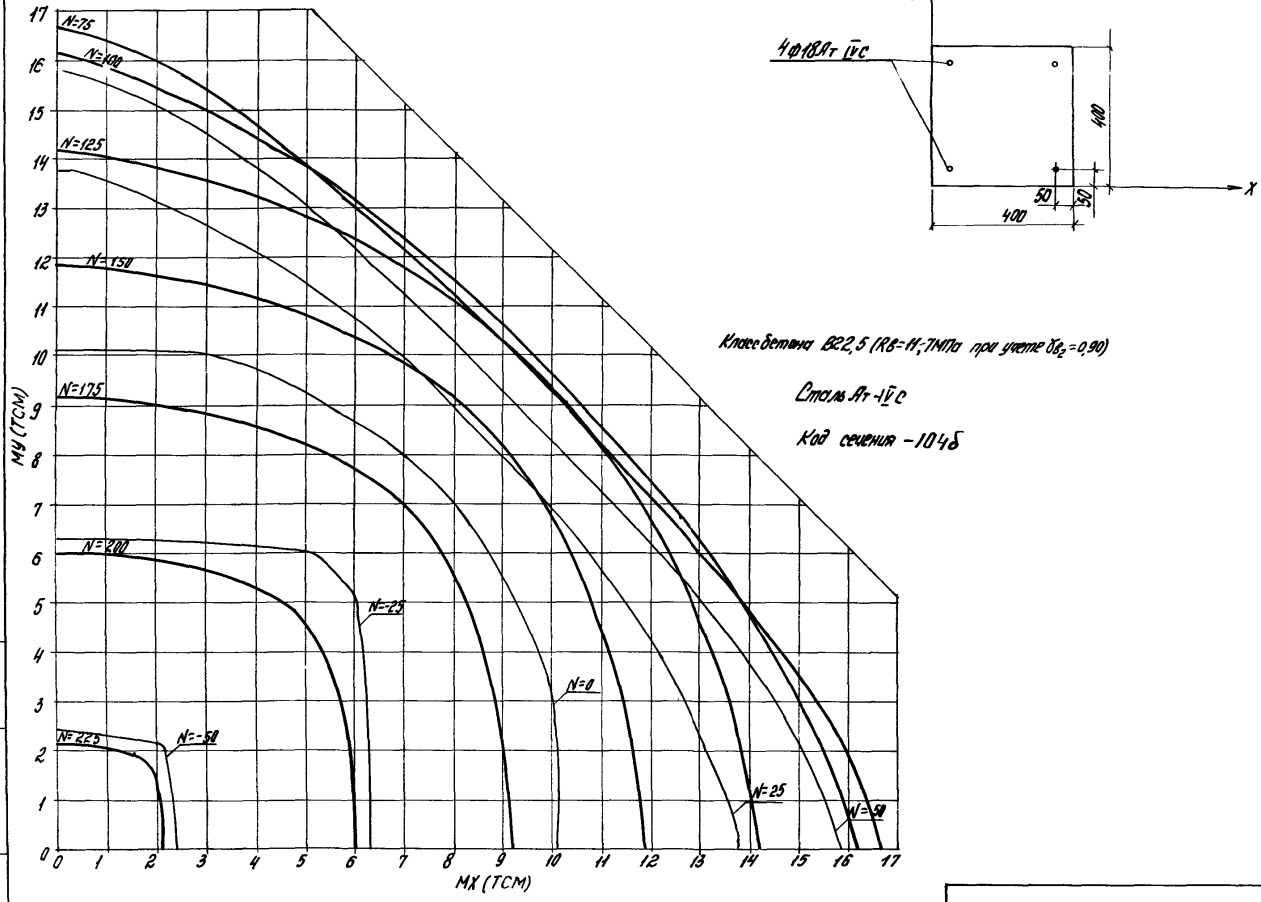
Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№


Nтс
EOMIN = 0,089 м
LOX = 5400 мм
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6 2,7 2,8 2,9 3,0 3,1 3,2
ℓ


Nтс
EOMIN = 0,078 м
LOX = 6480 мм
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 5,5 6,0 6,5 7,0 7,5 8,0 8,5 9,0 9,5 10,0
ℓ


Nтс
EOMIN = 0,083 м
LOY = 6000 мм
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 5,5 6,0
ℓ

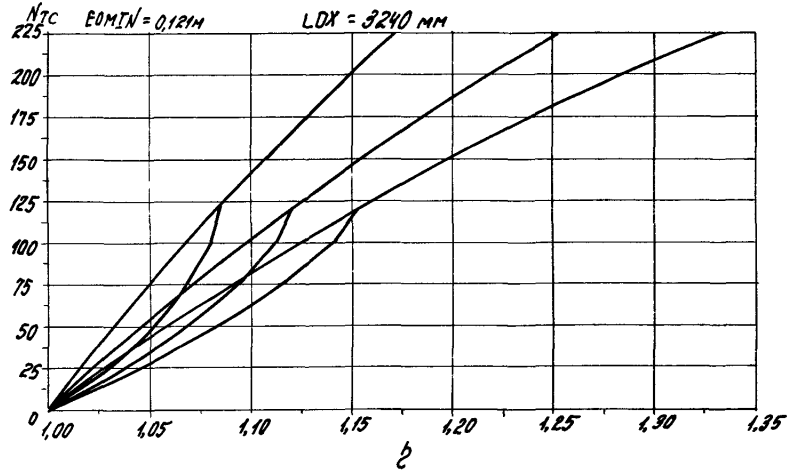

Nтс
EOMIN = 0,071 м
LOY = 7200 мм
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 5,5 6,0 6,5 7,0 7,5 8,0 8,5 9,0 9,5 10,0
ℓ

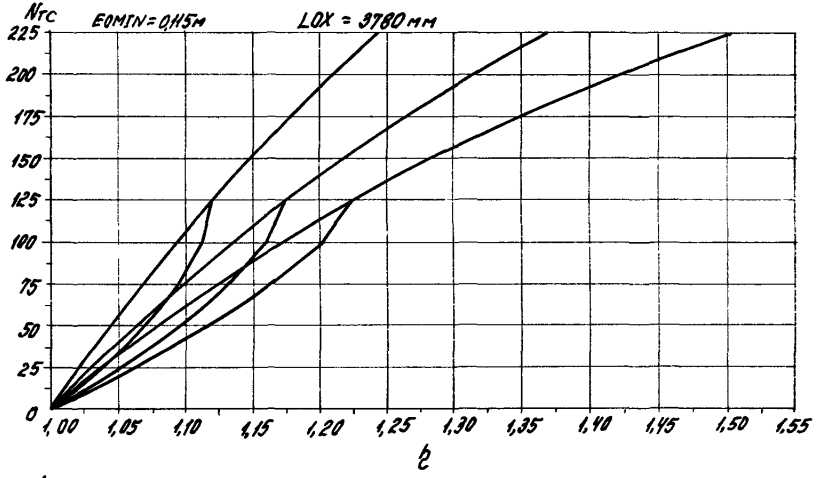


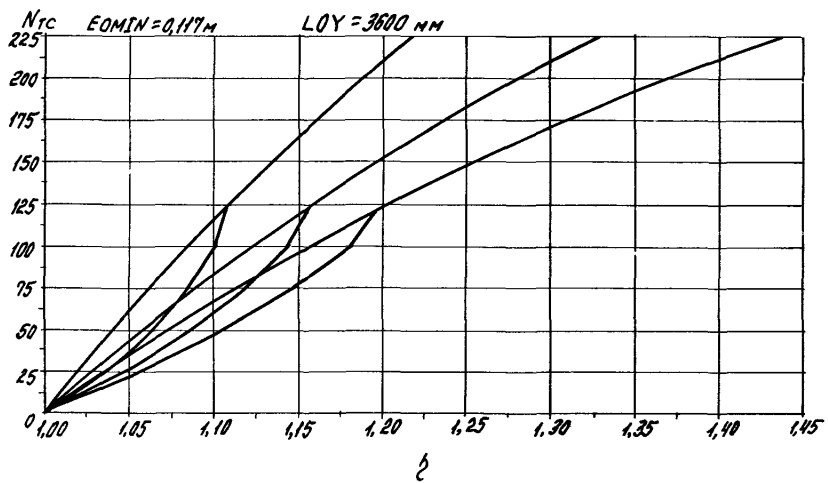
Класс бетона В22,5 (R_B=11,7МПа при учете δ_{B2}=0,90)

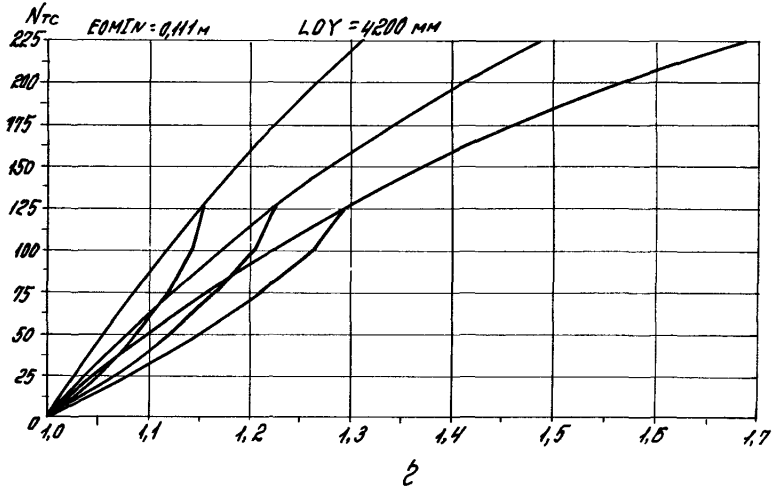
Сталь Ат-IVс

Код сечения - 1048

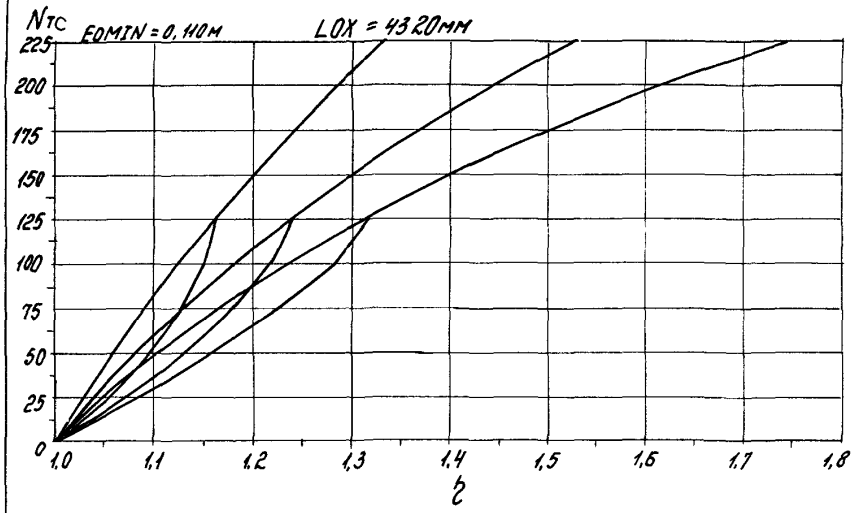


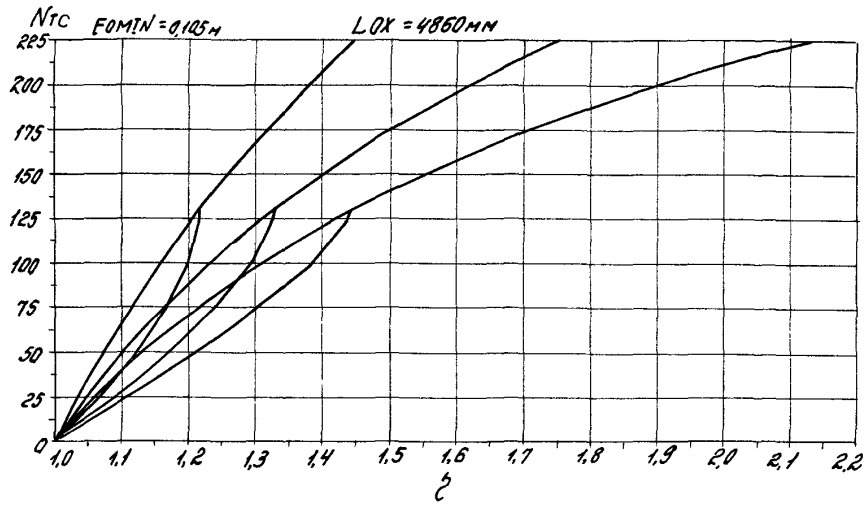


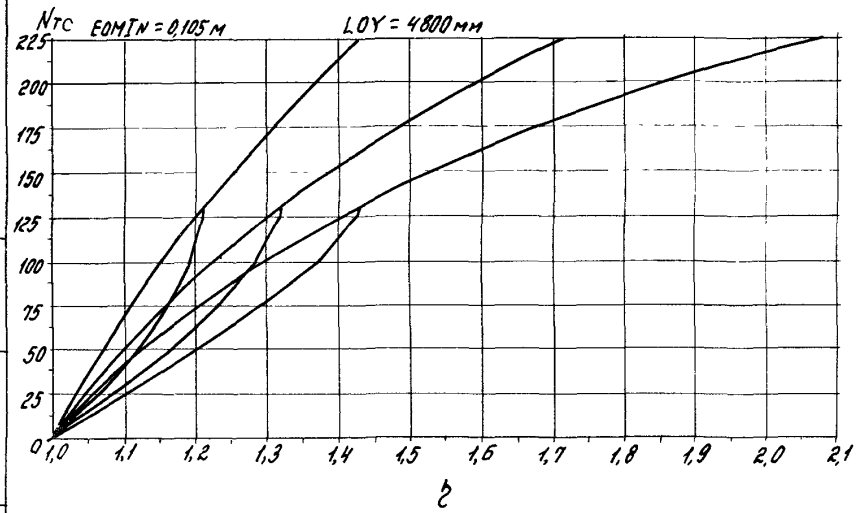


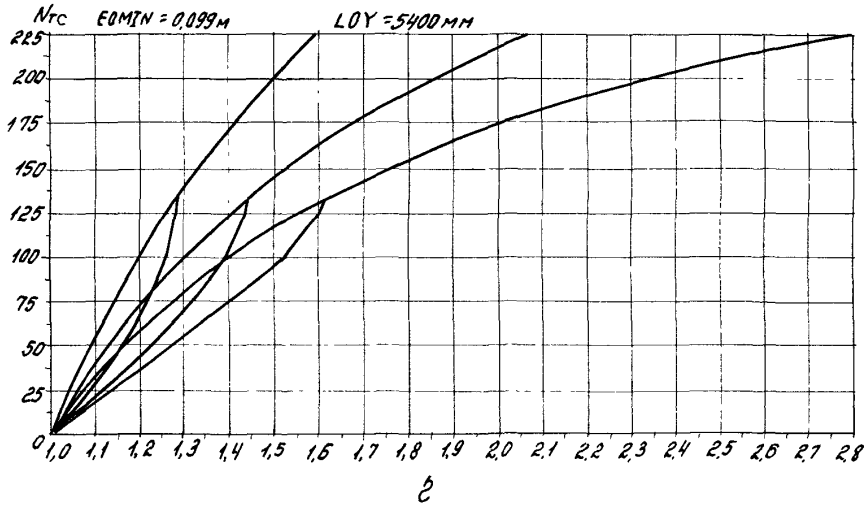


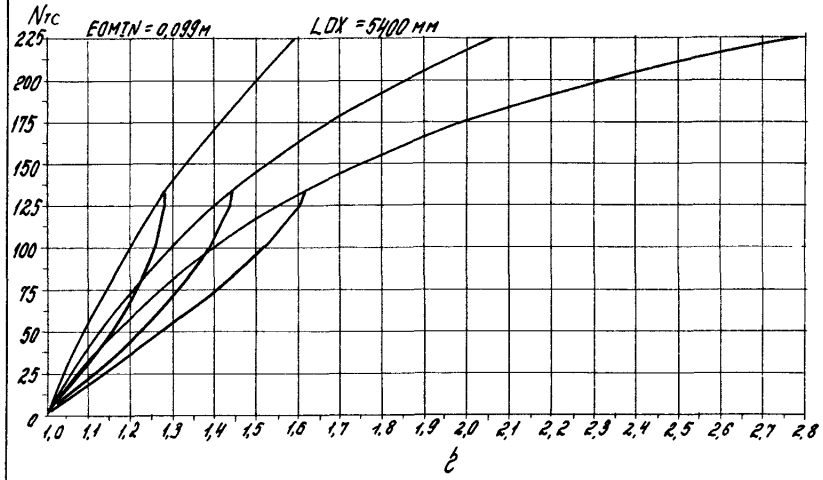
Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

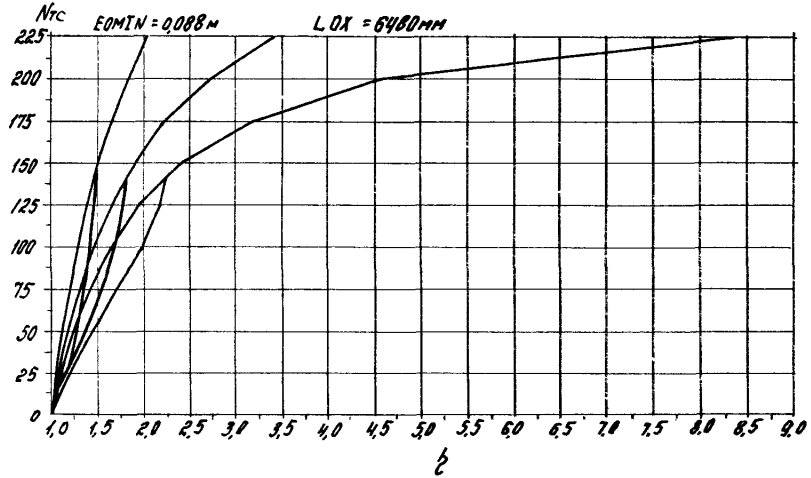

NTC
EOMIN = 0,110 M
LOX = 4320 MM
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
ℓ

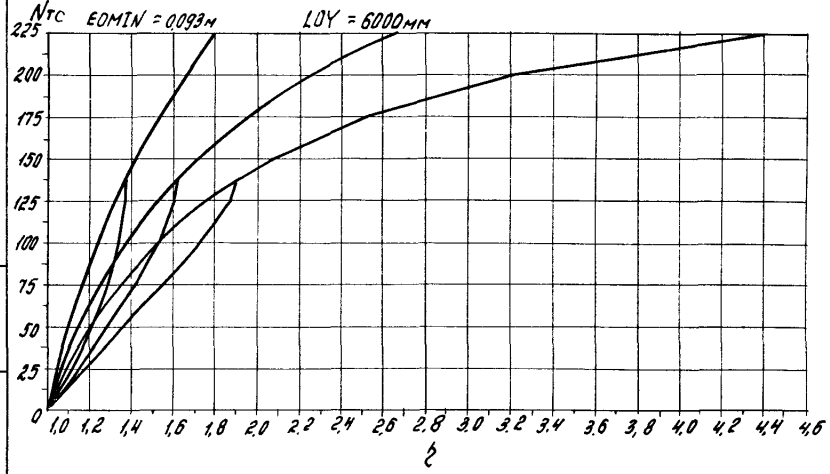

NTC
EOMIN = 0,105 M
LOX = 4860 MM
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
1,9
2,0
2,1
2,2
ℓ

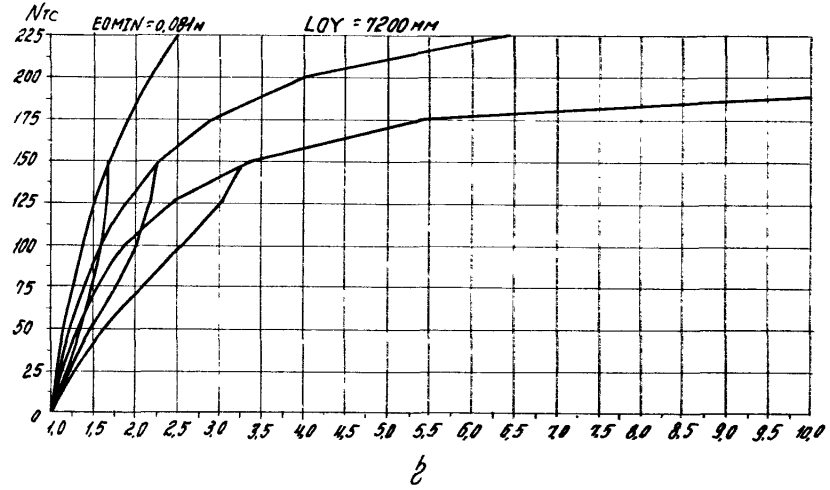

NTC
EOMIN = 0,105 M
LOY = 4800 MM
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
1,9
2,0
2,1
ℓ


NTC
EOMIN = 0,099 M
LOY = 5400 MM
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
1,9
2,0
2,1
2,2
2,3
2,4
2,5
2,6
2,7
2,8
ℓ

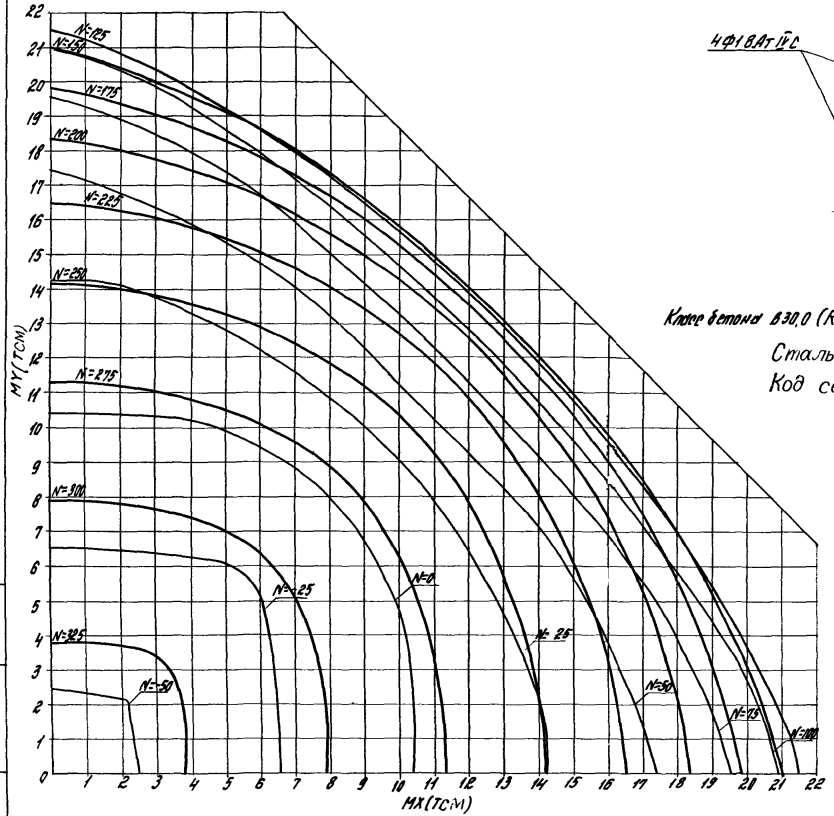


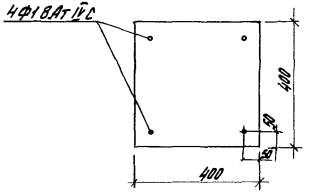






Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №





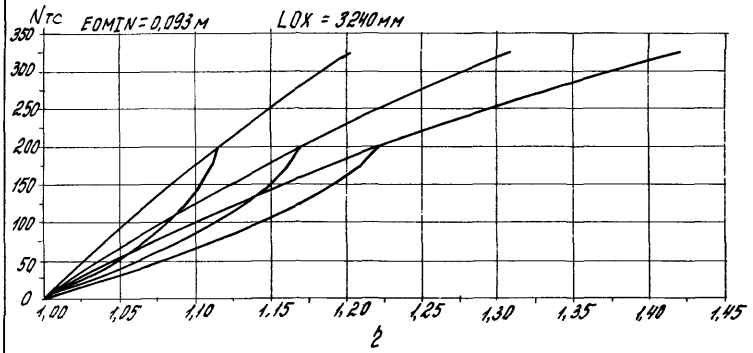
Класс бетона В30,0 (Rв=18,7МПа при учете $\gamma_{в2}$ =1,10)

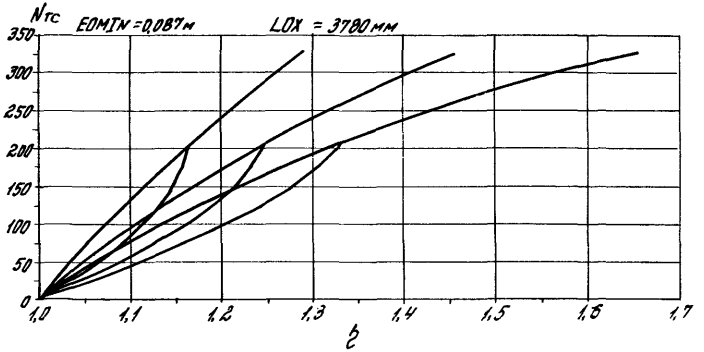
Сталь Ат-IVс

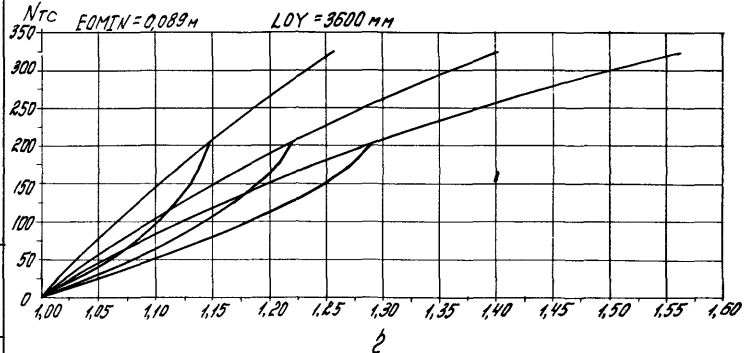
Код сечения-105а

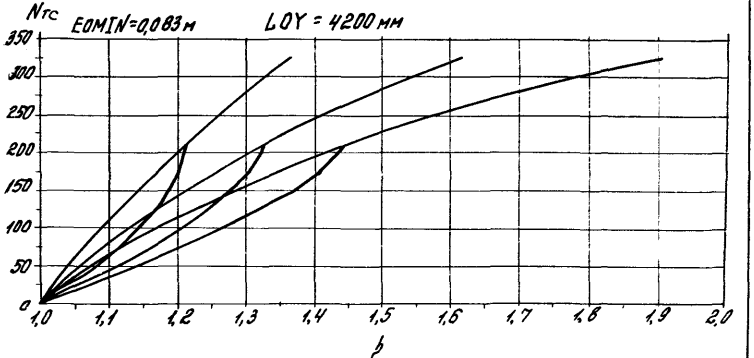
1.020.1-4	0-9 СО2	Лист 33

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

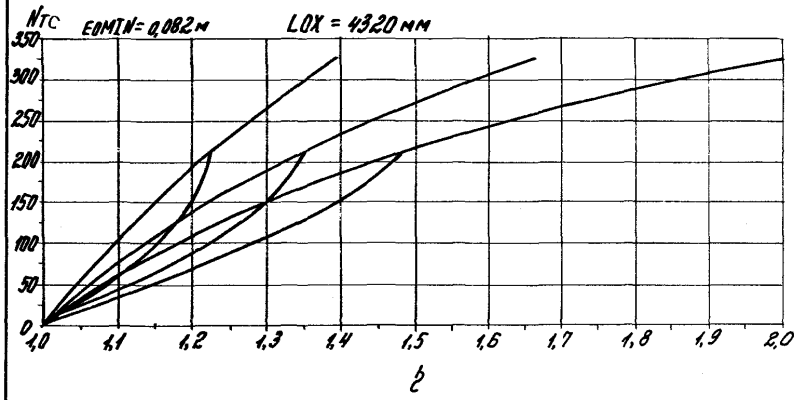


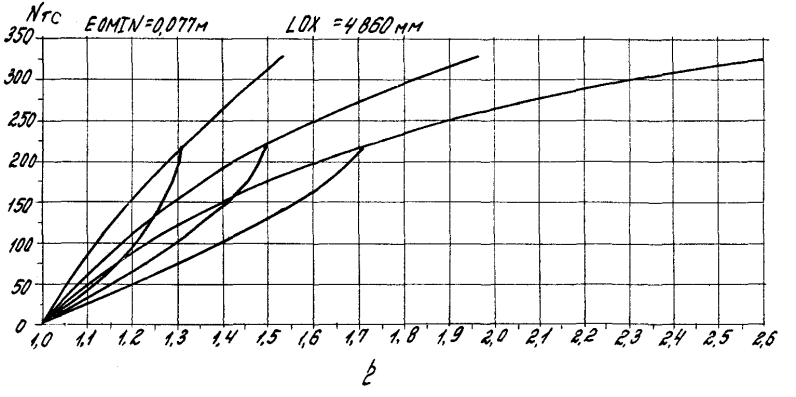


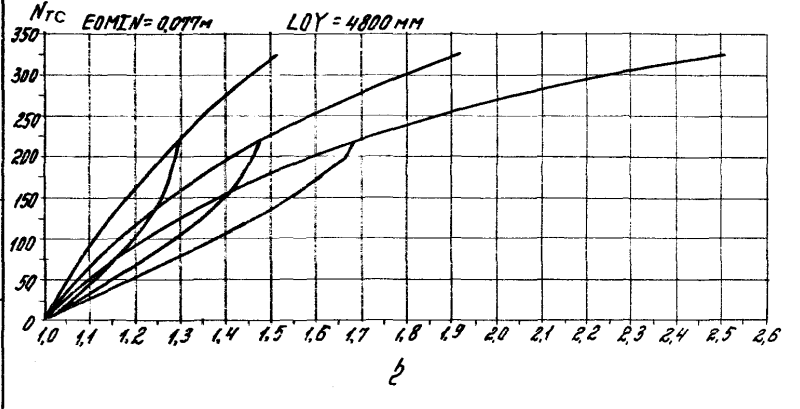


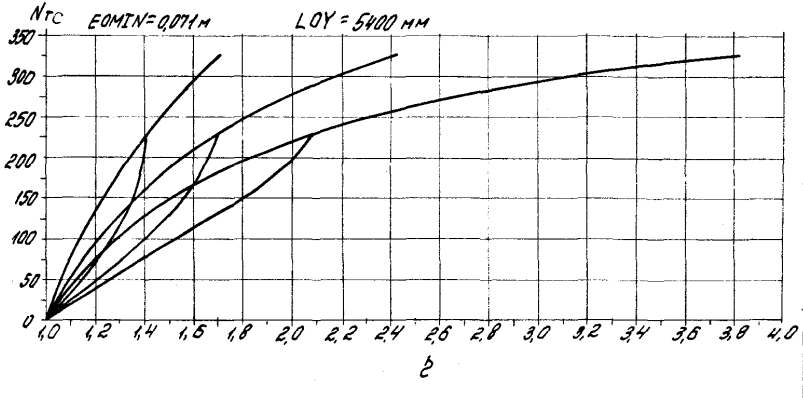


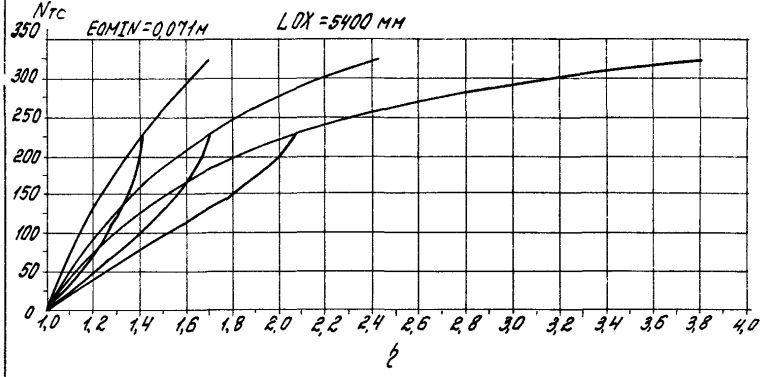
Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

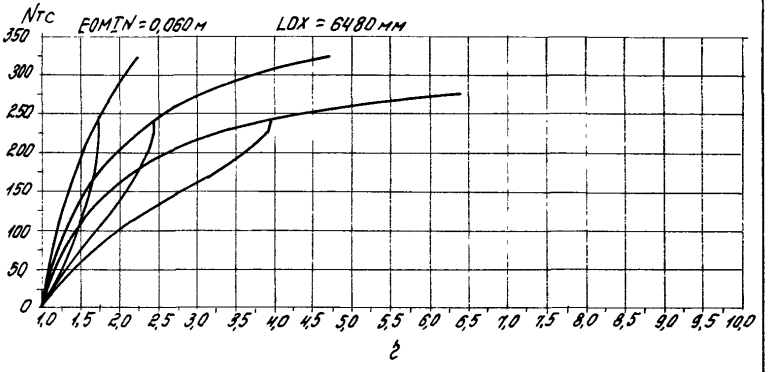

NTC
EOMIN=0,082м
LOX = 4320 мм
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0
e

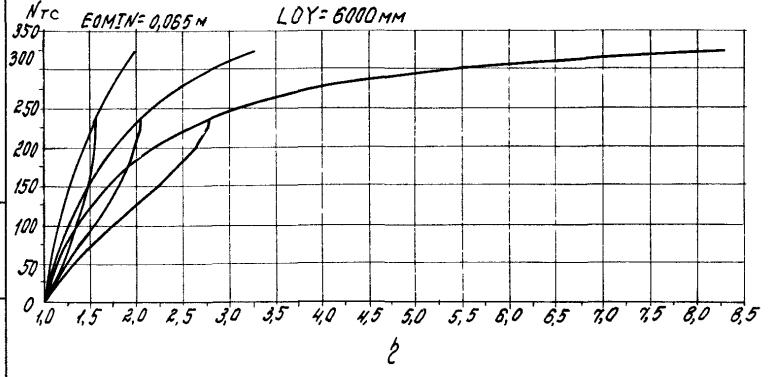

NTC
EOMIN=0,077м
LOX =4860 мм
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6
e

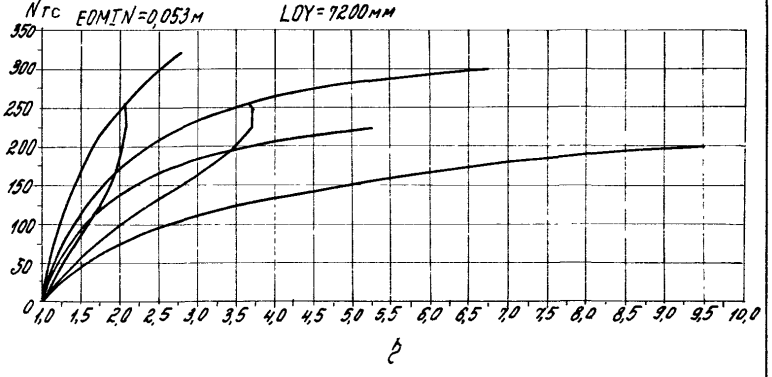

NTC
EOMIN=0,077м
LOY = 4800 мм
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6
e


NTC
EOMIN=0,071м
LOY = 5400 мм
350
300
250
200
150
100
50
0
1,0 1,2 1,4 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,6 2,8 3,0 3,2 3,4 3,6 3,8 4,0
e

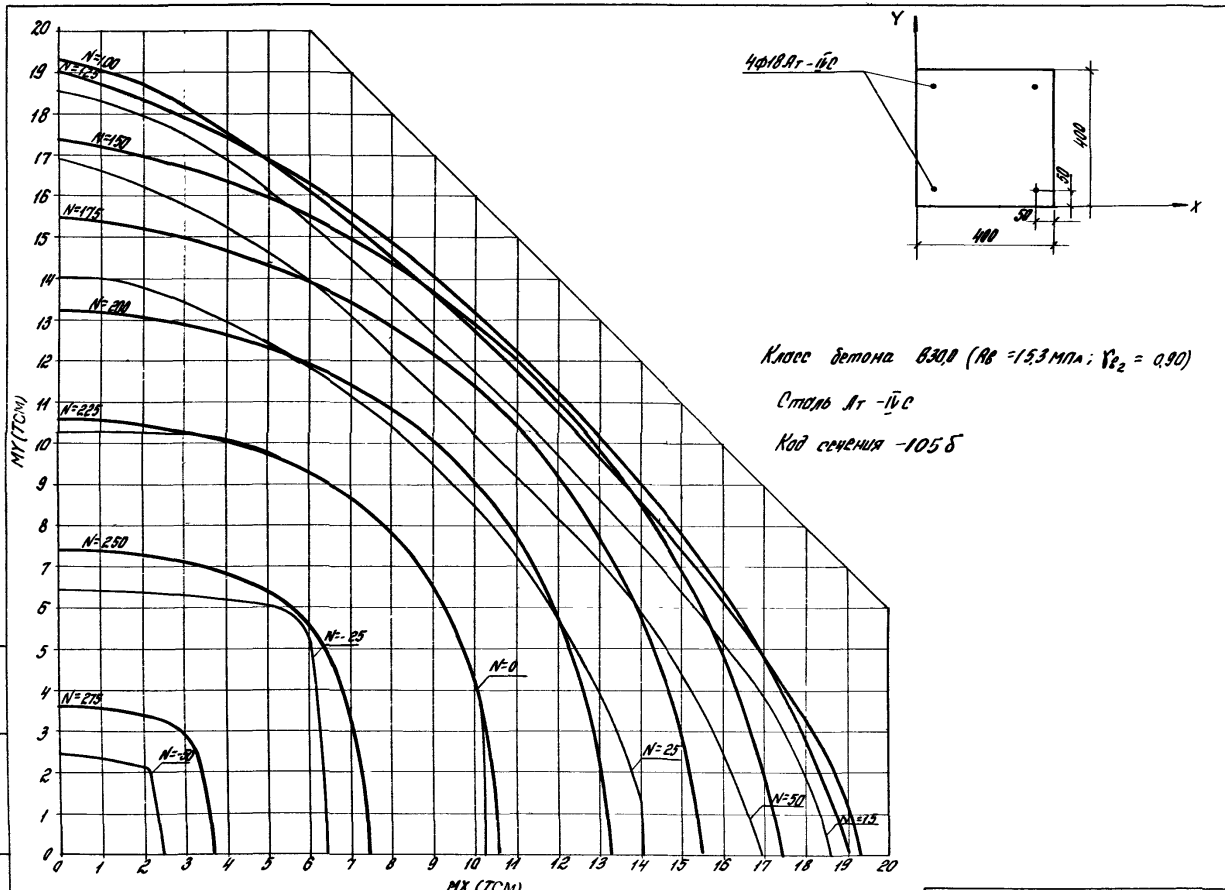








Инв.№подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№

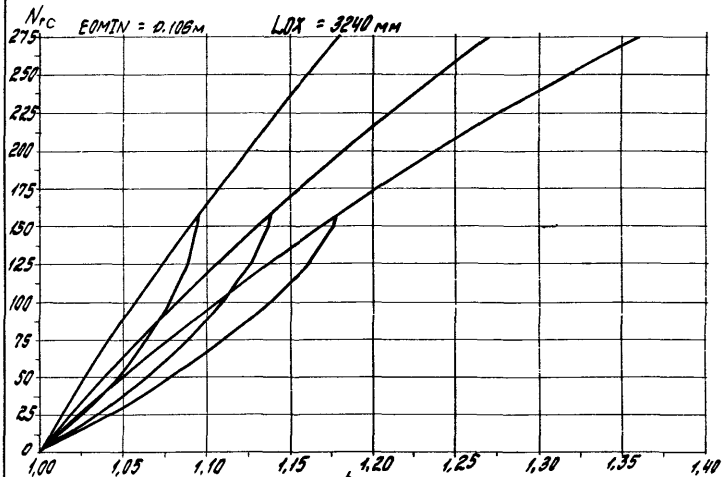


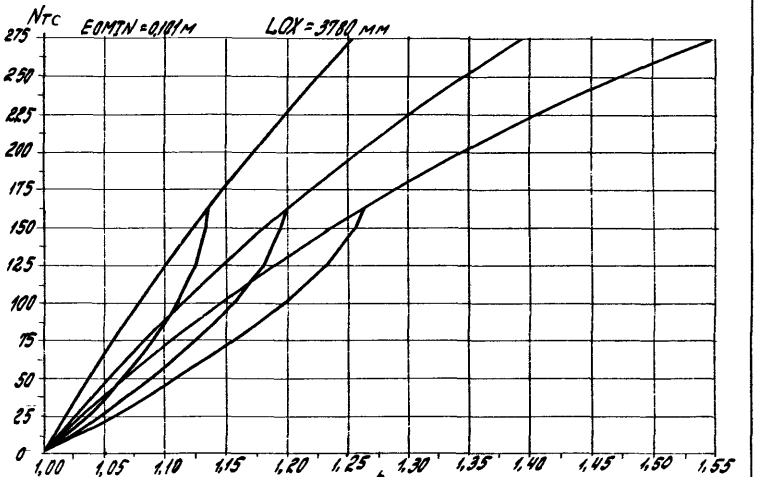
Класс бетона В30,0 (R_B = 15,3 МПа; γ_{B2} = 0,90)

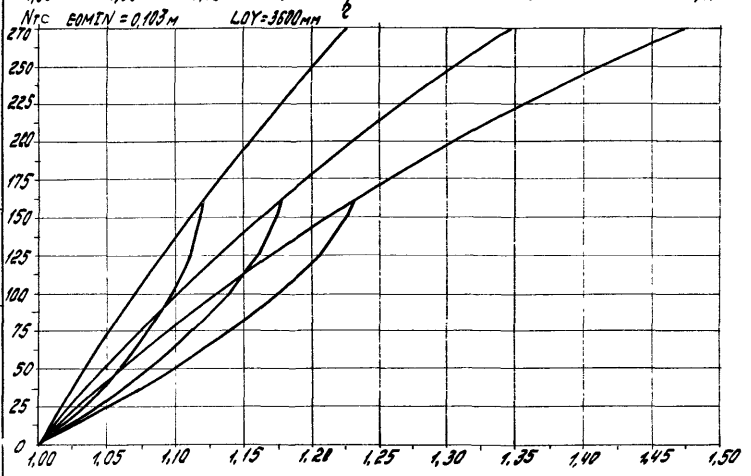
Сталь Ат-IVС

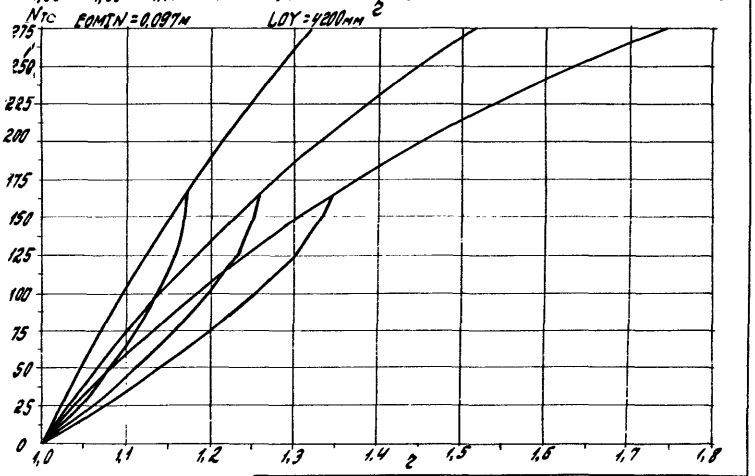
Код сечения -105 б

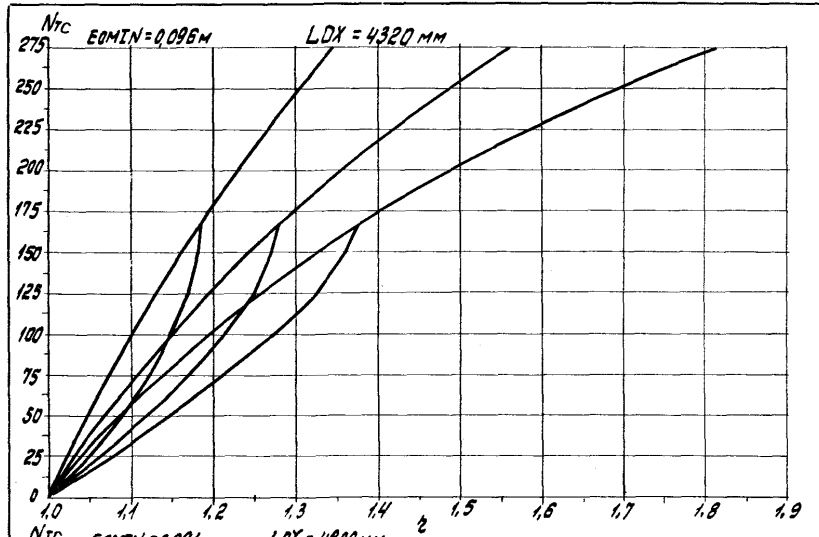
Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №

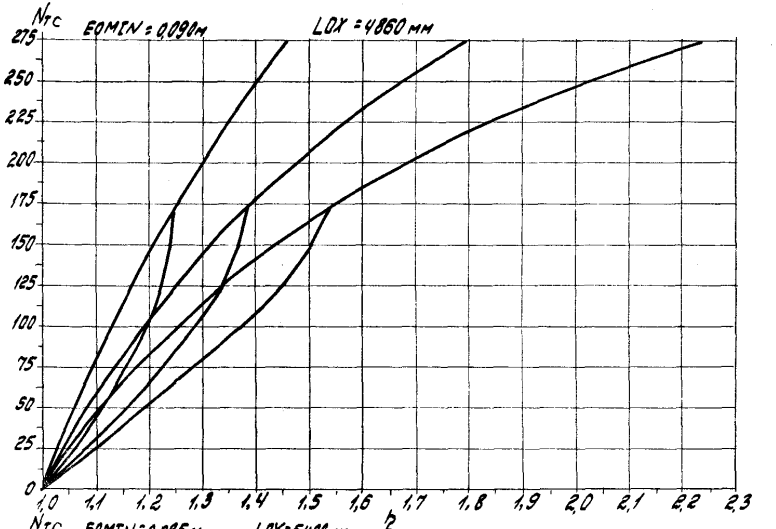

N_{TC}
EOMIN = 0.106м
LOX = 3240 мм
275
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,00
1,05
1,10
1,15
1,20
1,25
1,30
1,35
1,40

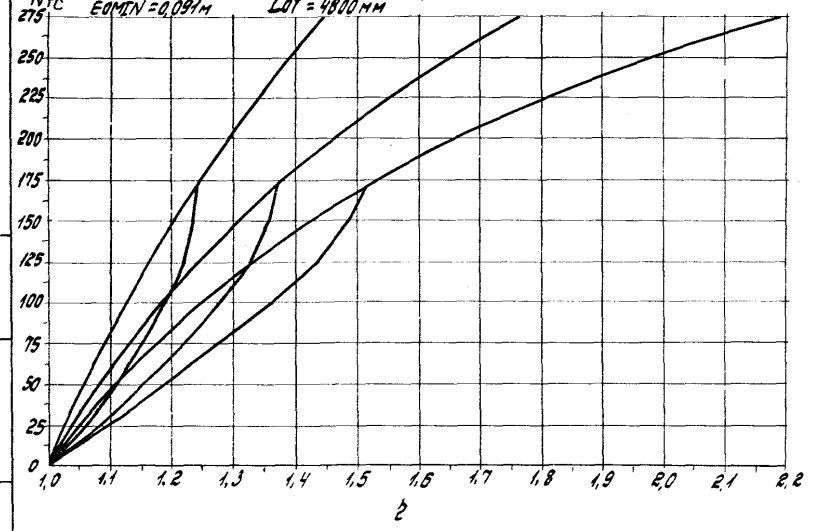

N_{TC}
EOMIN = 0,101м
LOX = 3780 мм
275
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,00
1,05
1,10
1,15
1,20
1,25
1,30
1,35
1,40
1,45
1,50
1,55

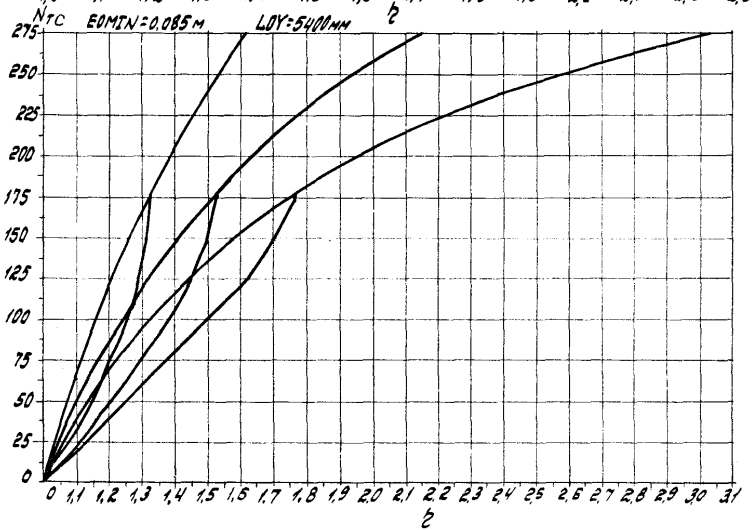

N_{TC}
EOMIN = 0,103м
LOY = 3600мм
b
270
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,00
1,05
1,10
1,15
1,20
1,25
1,30
1,35
1,40
1,45
1,50

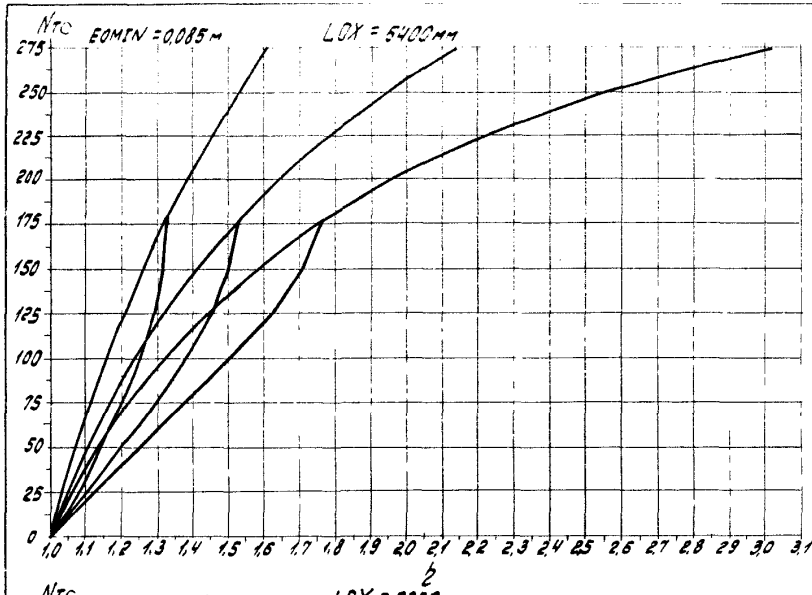

N_{TC}
EOMIN = 0,097м
LOY = 4200мм
b
275
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
b

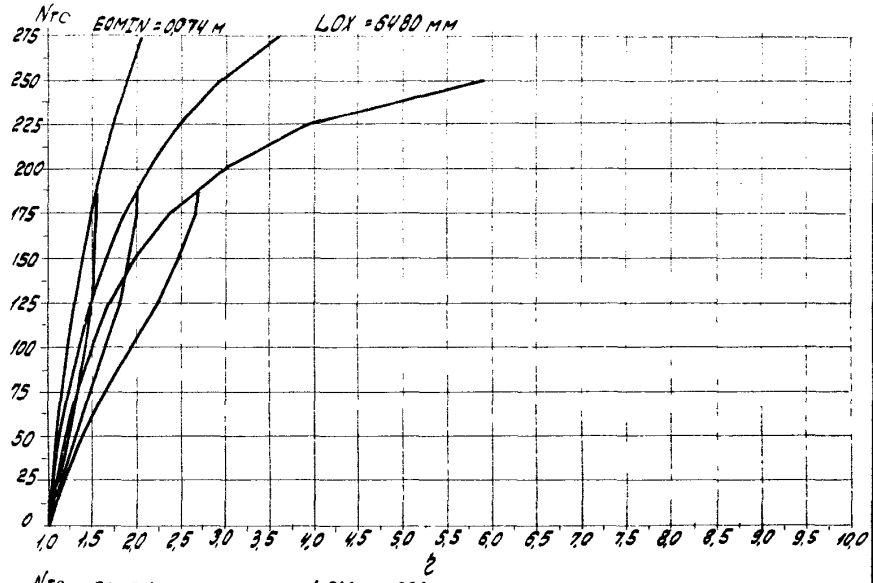

NTC
EOMIN=0,096м
LDX = 4320 мм
275
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
1,9
r

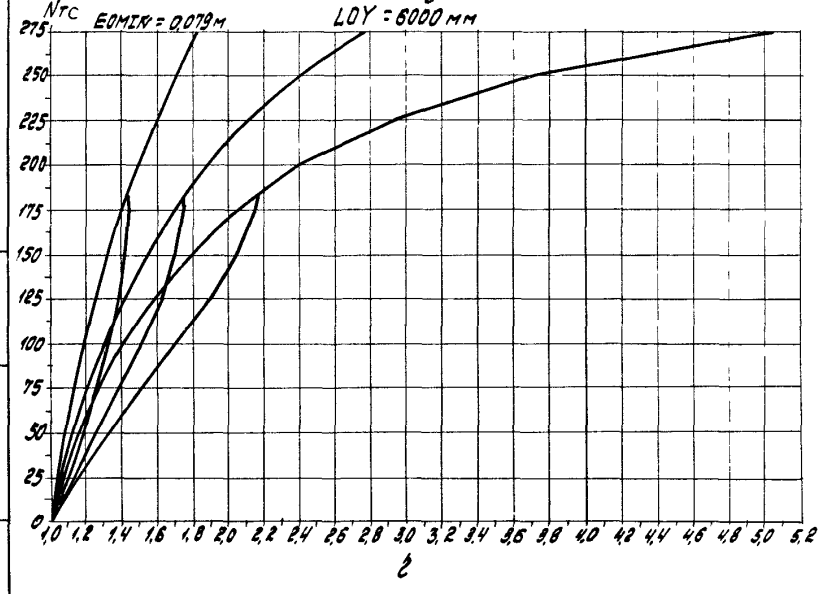

NTC
EOMIN = 0,090м
LDX = 4860 мм
275
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
1,9
2,0
2,1
2,2
2,3
r

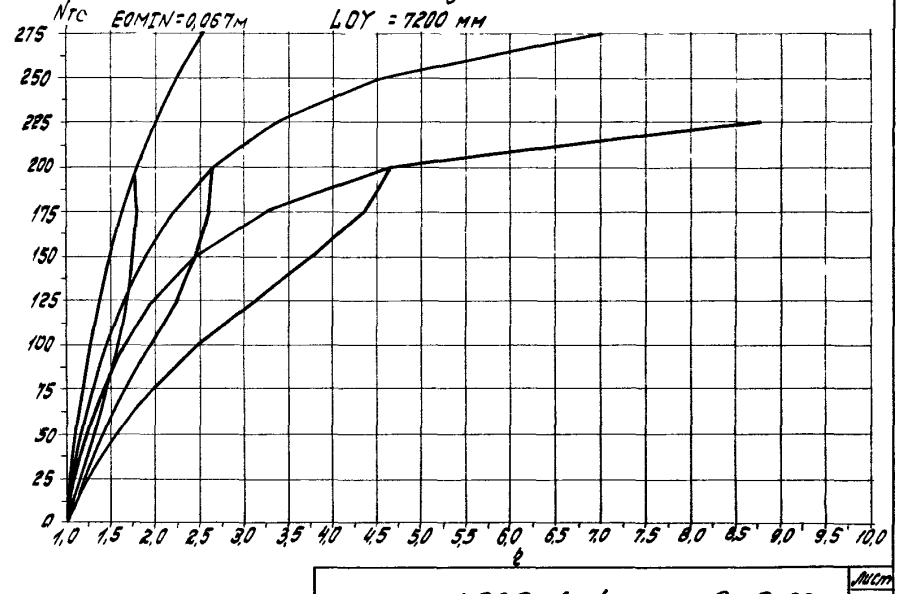

NTC
EOMIN = 0,091м
LDY = 4800 мм
275
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
1,9
2,0
2,1
2,2
r


NTC
EOMIN = 0,085м
LDY = 5400 мм
275
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
1,8
1,9
2,0
2,1
2,2
2,3
2,4
2,5
2,6
2,7
2,8
2,9
3,0
3,1
r

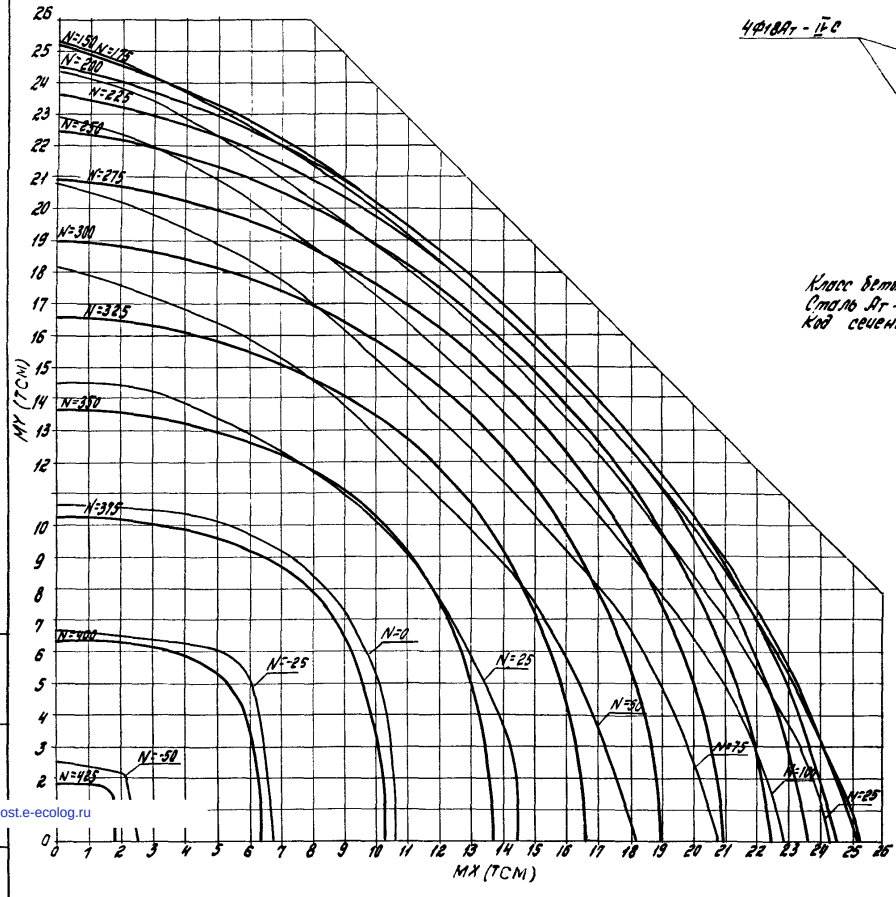


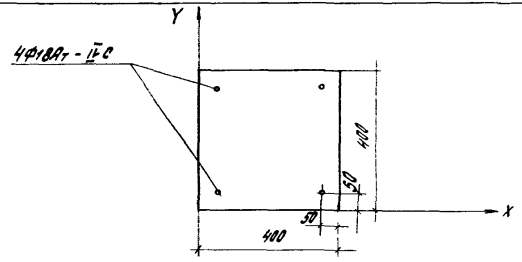






Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам. инв.№





Класс бетона В40,0 (R_B = 24,2 МПа при учете γ_{b2} = 1,10)
Сталь Ат - IVс.
Код сечений - 106а

gost.e-ecolog.ru