

**СПРАВОЧНИК
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ
СВОБОДНЫХ ДЛИН
ЭЛЕМЕНТОВ
СТАЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ**

МОСКВА 1963

ПРЕДИСЛОВИЕ

Справочник предназначен для определения свободных для сжатых элементов стальных конструкций и содержит доведенное до численного результата решение 267 задач устойчивости стержневых систем.

Справочник является пособием для проектировщиков стальных конструкций, однако рассмотренные в справочнике задачи могут быть использованы при проектировании стержневых конструкций из других материалов.

Работа по составлению Справочника выполнена в Днепропетровском филиале института Проектстальконструкция. Задачи 15, 176-183, 203-206 решены А.Г.Дорфианом. Решение всех остальных 254 задач и составление Справочника * делом принадлежит С.А.Лейтесу.

Н.П.Мельников,
доктор технических
наук.

В в е д е н и е

Сжатые элементы стальных конструкций всегда испытывают изгиб или от предусмотренных проектом нагрузок или от случайных эксцентриситетов. Потеря устойчивости таких элементов происходит в упруго-пластической области.

Упруго-пластические свойства стали отражены коэффициентами ψ и $\psi_{\text{нп}}$, приведенными в нормах проектирования стальных конструкций. Эти коэффициенты являются функциями относительного эксцентриситета и гибкости элемента.

$$\lambda = \frac{l_0}{r},$$

где l_0 - свободная длина элемента, r - радиус инерции поперечного сечения.

Свободная длина элемента определяется из расчета системы на устойчивость в эйлеровом смысле. Предполагается неограниченная применимость закона Гука и пропорциональное возрастание продольных усилий в элементах системы вплоть до момента потери устойчивости. Определенная таким образом критическая сила элемента N^c не является реальной критической нагрузкой, но представляет собой характеристику упругой устойчивости элемента, входящего в состав системы. Сравнение рассматриваемого элемента с эталонным шарнирно опертым отрезком, для которого эйлерова критическая сила равна

$$N^c = \frac{\pi^2 EI}{l^2},$$

даст возможность определить свободную длину элемента

$$l = \pi \sqrt{\frac{EI}{N^c}}.$$

Свободная длина сжатого элемента l_0 связана с его геометрической длиной l зависимостью

$$l_0 = \beta l,$$

где β - коэффициент свободной длины, обозначаемый в справочнике сокращенно: ксд.

Коэффициент свободной длины сжатого элемента зависит от схемы конструкции, от соотношений между длинами и жесткостями элементов, а также и от соотношений между продольными усилиями в элементах.

Справочник содержит догаденные до численного результата решения 267 задач упругой устойчивости. В большинстве случаев дается график или простая формула для определения величины ксд β . Для задач устойчивости шарнирной цепи стержней на упругих опорах (глава третья) даны значения критических сил.

Рассмотренные в справочнике задачи разбиты на 8 глав в соответствии с расчетной схемой конструкций. Предполагается, что жесткость каждого из элементов постоянна по его длине.






Сводка основных обозначений

- $l_1, l_2, l_3 \dots$ } - длины элементов;
 h, a, b }
- $J_1, J_2, J_3 \dots$ - моменты инерции элементов;
- $EJ_1, EJ_2, EJ_3 \dots$ - жесткости элементов;
- $N_1, N_2, N_3 \dots$ - продольные усилия в элементах;
- $N_1^*, N_2^*, N_3^* \dots$ - критические значения продольных сжимающих усилий;
- $l_{01}, l_{02}, l_{03} \dots$ - свободные длины элементов;
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots$ - коэффициенты свободной длины элементов (сокращенное обозначение: КСД);
- γ - коэффициент жесткости упруго-перемещающейся опоры (сила, вызывающая единичное перемещение);
- μ - коэффициент жесткости упруго-вращающейся опоры (момент, вызывающий единичный угол поворота);
- $k, m, n, p, q \dots$ - коэффициенты (параметры задачи), от которых зависит КСД β ;
- $K_{пр}, M_{пр}, N_{пр}$ - приведенные значения коэффициентов.

Глава первая

Однопролетные стержни, стержни с консолями

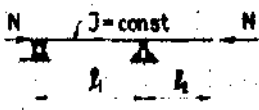


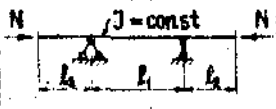
Однопролетные стержни с четко выраженными условиями закрепления концов.

Задача	Характеристика	Схема	коэф β
1	Стержень, шарнирно открытый обоими концами.		$\beta = 1$
2	Стержень, имеющий один конец защемленный, а другой — свободный.		$\beta = 2$
3	Стержень, имеющий на одном конце неподвижное, а на другом конце — подвижное защемление.		$\beta = 1$
4	Стержень, имеющий на одном конце защемление, а на другом — опору.		$\beta = 0,699$
5	Стержень, защемленный обоими концами.		$\beta = 0,5$

Стержни с консолями

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Ксв ρ
6	Шарнирно опертый стержень с консолью.		$\pi = \frac{N_1 l_1}{N_2 l_2}$ $k = \frac{l_1 l_2}{l_2 l_1}$	ρ_1 по рис. 1 (стр. 8) $\rho_2 = \sqrt{\frac{\pi}{k}} \rho_1$ или по формулам рис. 1
7	Частный случай задачи 6: сжимающая только консоль ($N_1 = 0$).		$k = \frac{l_1 l_2}{l_2 l_1}$	ρ_1 по рис. 2 (стр. 9)
8	Частный случай задачи 6: жёсткость и сжимающая сила постоянны ($J = J_2 = J$, $N_1 = N_2 = N$).		$k = \frac{l_2}{l_1}$ $l_{\text{эк}} = l_2 = l_1 + 1,7 l_2 \text{ при } l_2 = l_1$	ρ_1 по рис. 3 (стр. 9) $\rho_2 = \frac{\rho_1}{k}$
9	Эквивалентный один конец стержень с консолью.		$\pi = \frac{N_1 l_1}{N_2 l_2}$ $k = \frac{l_1 l_2}{l_2 l_1}$	ρ_1 по рис. 4 (стр. 9) $\rho_2 = \sqrt{\frac{\pi}{k}} \rho_1$ или по формулам рис. 4
10	Частный случай задачи 9: сжимающая только консоль ($N_1 = 0$).		$k_{\text{эк}} = \frac{4}{3} \frac{l_1 l_2}{l_2 l_1}$	ρ_1 по рис. 2 (стр. 9)

Стержни с консолями

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициент	Код р.
11	Частный случай задачи 9: жесткость и сжимающая сила постоянны ($J_1 = J_2 = J$, $N_1 = N_2 = N$).		$k = \frac{J_2}{l_1}$	β_1 по рис. 5 (стр. 11) $\beta_2 = \frac{\beta_1}{k}$ $\beta_{01} = \beta_{02}$
12	Стержень с двумя симметричными консолями.		$n = \frac{N_1 l_1}{N_2 l_2}$ $k = \frac{J_1 l_2}{J_2 l_1}$	β_1 по рис. 6 (стр. 12) $\beta_2 = \sqrt{\frac{n}{k}} \beta_1$ или по таблицам малым рис. 6
13	Частный случай задачи 12: сжаты только консоли ($N_1 = 0$).		$k_{02} = \frac{2 J_1 l_2}{3 J_2 l_1}$	β_2 по рис. 2 (стр. 9)
14	Частный случай задачи 12: жесткость и сжимающая сила постоянны ($J_1 = J_2 = J$, $N_1 = N_2 = N$).			$\beta_{02} = \beta_{01} = l_1 + 2l_2$

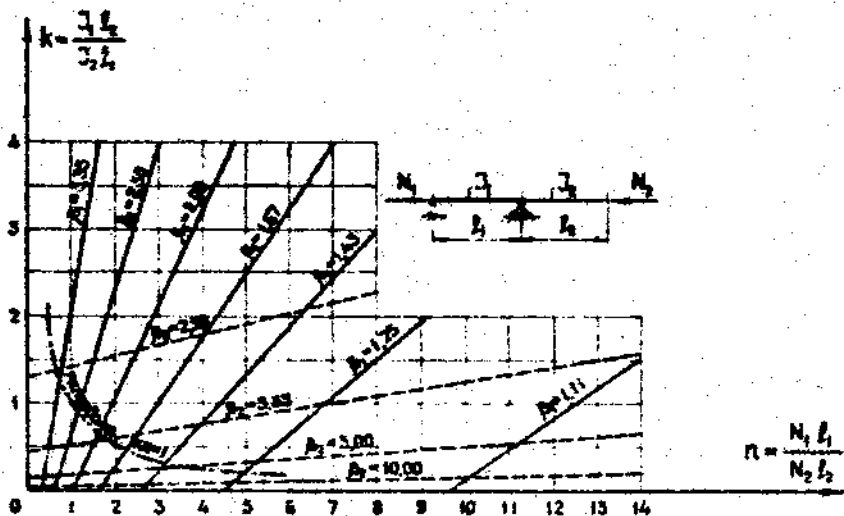


Рис. 1. Задача 6.

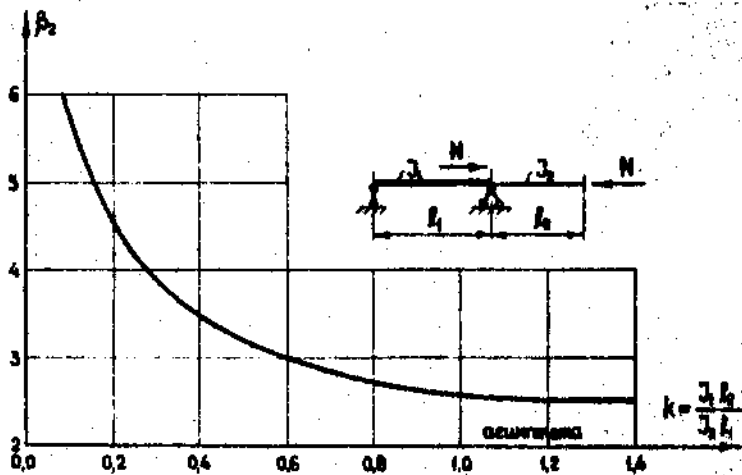


Рис. 2. Задача 7 (также задачи 10, 13 при k_p вместо k).

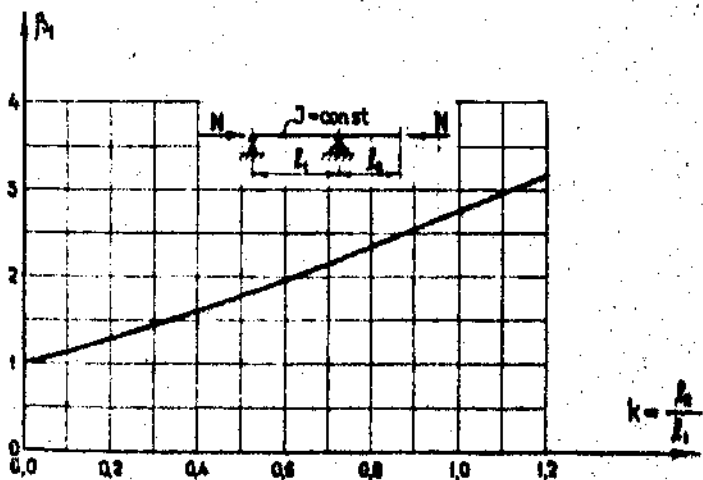


Рис. 3. Задача 8.

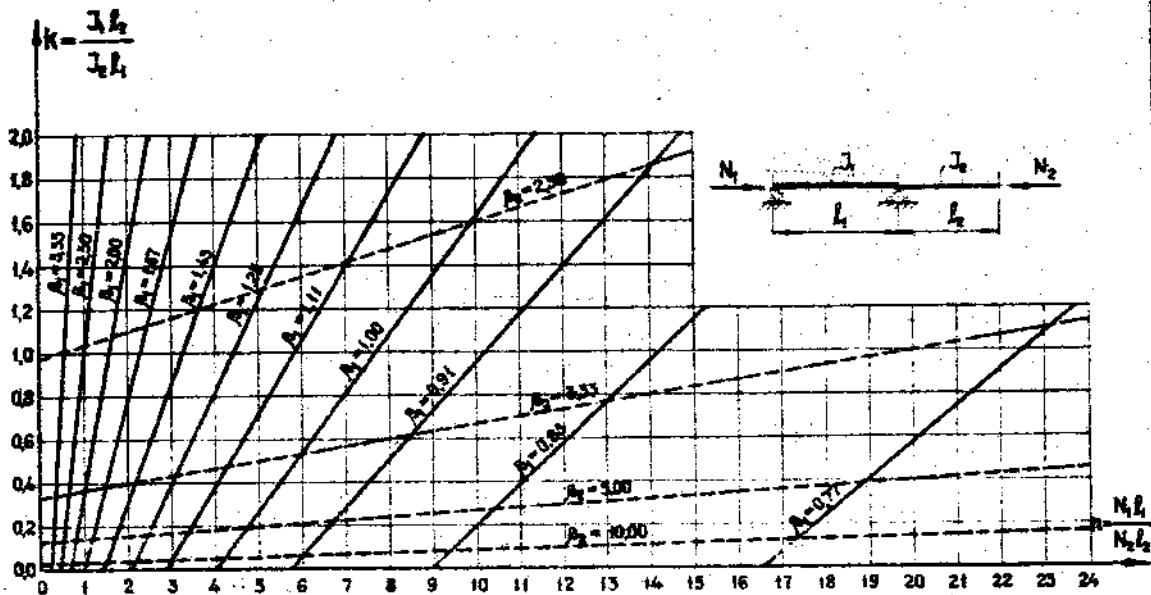


Рис. 4. Задача 9.

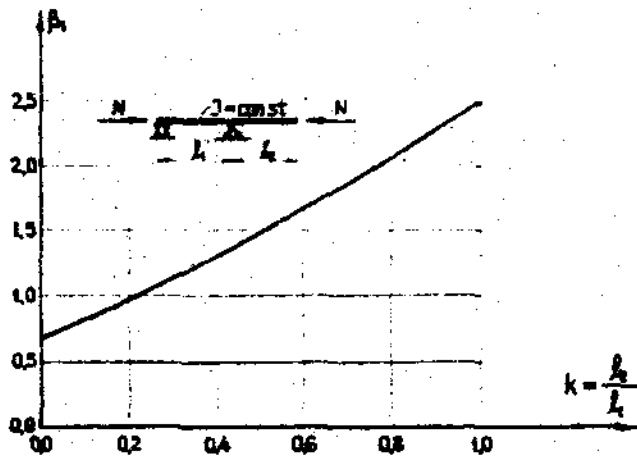


Рис. 5. Задана 11.

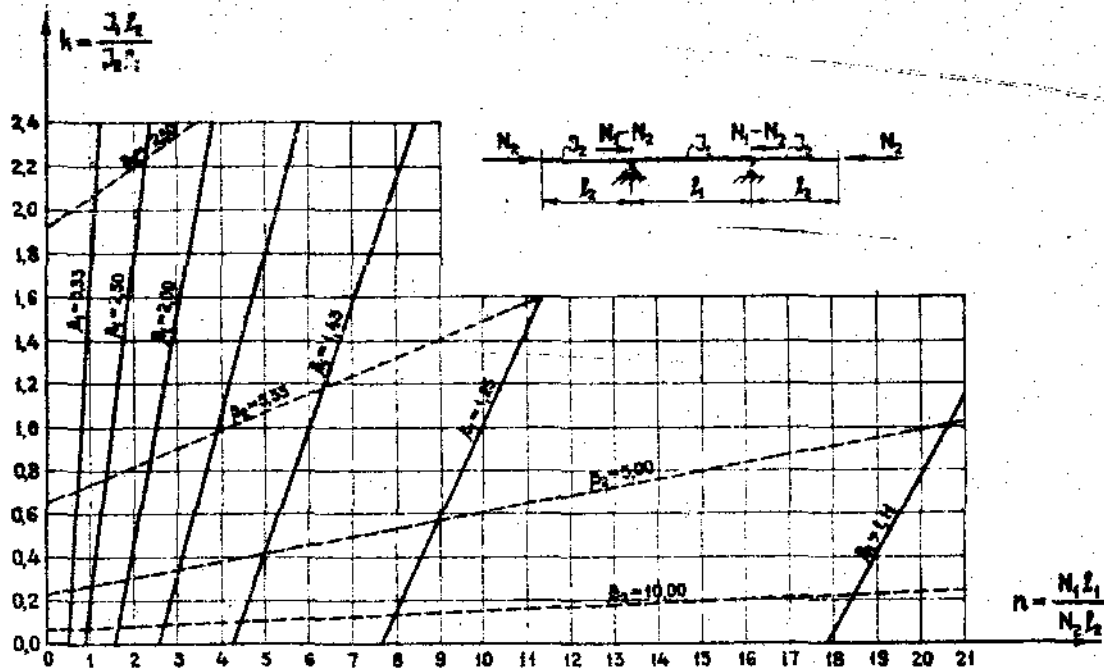


Рис. 6. Задача 12.

Глава вторая

ОДНОПРОЛЕТНЫЕ СТЕРЖНИ С УПРУГИМИ ЗАКРЕПЛЕНИЯМИ

Стержень I-2, входящий в состав плоской упругой системы (рис. 7а на стр. 19), в самом общем случае можно рассматривать как однопролетный стержень с упругими креплениями. Связь стержня с системой в узле I характеризуется тремя коэффициентами жесткости упругой опоры общего типа M_1, V_1, P_1 . При повороте узла I на угол

$\theta_1 = 1$ в примыкающей к стержню конструкции возникает изгибающий момент M_1 и перпендикулярное оси стержня усилие P_1 . При линейном перемещении узла I на величину $\delta_1 = 1$ в примыкающей конструкции возникает перпендикулярное оси стержня усилие V_1 и изгибающий момент P_1 . Подобным же образом коэффициенты M_2, V_2 и P_2 характеризуют жесткость упругой опоры общего типа в узле 2.

Если стержень I-2 сжат, то его устойчивость в общем случае зависит от шести коэффициентов жесткости

$$M_1, V_1, P_1; M_2, V_2, P_2.$$

Численные значения этих коэффициентов определяются схемой примыкающей конструкции, жесткостью ее элементов, а также зависят от величины продольных усилий в этих элементах.

В некоторых случаях при исследовании устойчивости оказывается возможным пренебречь побочными реакциями P_1 и P_2 , принимая $P_1 = P_2 = 0$. Вопрос о величине возникающей при этом погрешности недостаточно изучен.

Пологая $P_1 = P_2 = 0$, мы приводим задачу к однопролетному стержню, имеющему на концах упруго-вращающиеся опоры с коэффициентами

жесткости μ_1, μ_2 и упруго-перемещающейся опоры с коэффициентами жесткостями V_1, V_2 (рис. 7б). Эти опоры, которые на схемах условно изображаются пружинками, являются независимыми: поворот узла I на некоторый угол θ , вызывает реактивный момент μ, θ , в упруго-вращающейся опоре, но не вызывает усилия в упруго-перемещающейся опоре и наоборот, перемещение узла I на величину δ , вызывает реактивное усилие V, δ , в упруго-перемещающейся опоре, но не вызывает момента в упруго-вращающейся опоре.

Число коэффициентов жесткости, от которых зависит устойчивость стержня I-2, можно уменьшить до трех, если заменить коэффициенты V_1 и V_2 их средним гармоническим значением

$$V = \frac{1}{\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2}} = \frac{V_1 V_2}{V_1 + V_2}$$

При этом мы приходим к схеме (б) или к схеме (2) (см. рис. 7), которые с точки зрения устойчивости эквивалентны.

Коэффициенты жесткости μ_1, μ_2 и V определяются обычным статическим расчетом примыкающей к стержню I-2 конструкции, когда эта конструкция не содержит сжатых элементов. Если же примыкающая к стержню I-2 конструкция содержит сжатые элементы, то коэффициенты μ_1, μ_2 и V должны быть определены на основе деформационного расчета. При этом величина сжимающих усилий в элементах примыкающей конструкции должна быть принята соответствующей состоянию потери устойчивости стержня I-2. Иными словами, в критическом состоянии должно быть соблюдено заданное соотношение между сжимающими усилиями в стержне I-2 и в других стержнях системы. Определенные на основе деформационного расчета коэффициенты жесткости μ_1, μ_2 и V могут принимать отрицательные значения.

Настоящая глава содержит номограмму и графики для определения свободной длины однопролетного стержня с упругими закреплениями независимого типа. Коэффициент свободной длины β является функцией трех относительных коэффициентов жесткости

$$m_1 = \frac{\mu_1 l}{EJ}, \quad m_2 = \frac{\mu_2 l}{EJ}, \quad n = \frac{\nu l^3}{EJ}$$

Рассмотрен только случай положительных значений m_1, m_2 и n .
Предельные значения коэффициентов жесткости таковы:

$m_1 = \infty$ ($m_2 = \infty$) - закрепление препятствует повороту опорного сечения;

$m_1 = 0$ ($m_2 = 0$) - сопротивление повороту опорного сечения отсутствует;

$n = \infty$ - закрепление препятствует линейному перемещению опоры;

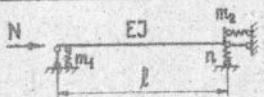
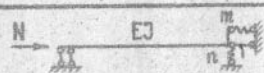
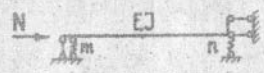
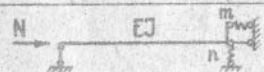
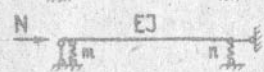
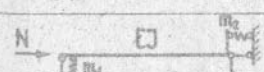
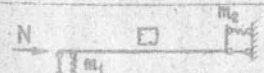
$n = 0$ - сопротивление линейному перемещению опоры отсутствует.

На стр. 17 систематизированы задачи устойчивости однопролетных стержней с тремя и двумя упругими закреплениями. Случай одного упругого закрепления рассмотрен на стр. 18. Все эти задачи являются частными случаями общей задачи 15 (три упругих закрепления).

Для полноты классификации всех возможных частных случаев на стр. 19 повторены задачи 1-5 главы первой. Эти задачи получаются из общего случая (задача 15), если каждому из коэффициентов жесткости придать предельное значение ∞ или 0.

Материалами настоящей главы рекомендуется пользоваться в том случае, когда в элементах прилегающей к исследуемому сжатому стержню конструкции сжимающие силы отсутствуют или настолько малы, что ими можно пренебречь.

Однопролетные стержни с упругими закреплениями (Три и два упругих закрепления)

Задача	Схема	Коэффициенты m_1 m_2 n	График	Пределы изменения β
15		m_1 m_2 n	Рис. 8 (стр. 22) пояснение на стр. 20	$0,5 \leq \beta \leq \infty$
16	частные случаи задачи 15.		рис. 9	
17			рис. 10	
18			рис. 11	
19			рис. 12	
20			рис. 15	
21			рис. 14	
22			рис. 15	
23	рис. 16			
24		∞ m n	рис. 17 (стр. 27)	$0,5 \leq \beta \leq 2$
		m ∞ n		
25		0 m n	рис. 18 (стр. 28)	$0,7 \leq \beta \leq \infty$
		m 0 n		
23		m_1 m_2 ∞	рис. 16 (стр. 26)	$0,5 \leq \beta \leq 1$
26	$m_1 = m_2 = m$ частный случай задачи 23		рис. 20 (стр. 29)	
16		m_1 m_2 0	рис. 9 (стр. 23)	$1 \leq \beta \leq \infty$
27	$m_1 = m_2 = m$ частный случай задачи 16		рис. 21 (стр. 30)	

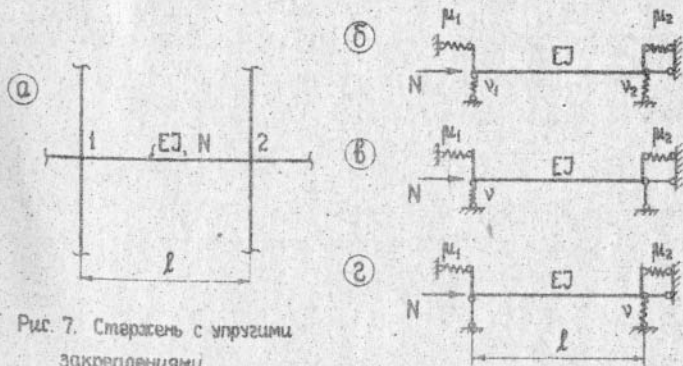
Однопролетные стержни с упругими закреплениями
(одно упругое закрепление)

Задача	Схема	Коэффициенты m_1 m_2 n	График	пределы изменения β
28		∞ ∞ n	рис. 23 (стр. 31)	$0,5 \leq \beta \leq 1$
29		∞ 0 n 0 ∞ n	рис. 22 (стр. 30)	$0,7 \leq \beta \leq 2$
30		∞ m ∞ m ∞ ∞	рис. 24 (стр. 31)	$0,5 \leq \beta \leq 0,7$
31		∞ m 0 m ∞ 0	рис. 19 (стр. 29)	$1 \leq \beta \leq 2$
32		0 m ∞ m 0 ∞	рис. 25 (стр. 32)	$0,7 \leq \beta \leq 1$
33		0 m 0 m 0 0	рис. 26 (стр. 32)	$2 \leq \beta \leq \infty$
34		0 0 n		$\beta = 1$

Требуется дополнительная проверка на устойчивость. Критическая сила, не зависящая от жесткости стержня, равна $N^0 = \nu P$

Однопролетные стержни с упругими закреплениями
 (предельные случаи: коэффициенты m_1, m_2, n равны или бесконечности или нулю, см. главу первую, стр. 5)

Задача	Схема	Коэффициенты m_1, m_2, n	значения β
1		0 0 ∞	$\beta = 1$
2		∞ 0 0 0 ∞ 0	$\beta = 2$
3		∞ ∞ 0	$\beta = 1$
4		∞ 0 ∞ 0 ∞ ∞	$\beta = 0,7$
5		∞ ∞ ∞	$\beta = 0,5$



Пояснение к номограмме (рис. 8)

Задача 15. Общий случай однопролетного стержня с упругими
закреплениями

Номограмма предназначена для определения код β по известным значениям коэффициентов жесткости упругих опор m_1, m_2 и n .

Шкалы m_1 и m_2 совпадают и расположены на окружности.

Шкала n нанесена на вертикальной прямой в левой части номограммы (при $n \leq 10$) и на наклонной прямой в правой части номограммы (при $n \geq 20$). К шкале n примыкает сетка криволинейных отрезков, каждый из которых соответствует указанному на шкале фиксированному значению n . Изостабь (кривые постоянного значения код β) представляют собой прямолинейные отрезки, касающиеся окружности и нанесенные на номограмме тонкими линиями.

Правило пользования. Проводим секущую через точку m_1 и m_2 на окружности. Находим точку пересечения этой секущей с криволинейным отрезком, соответствующим заданному значению n . Искомое значение β прочитываем по цифрам, стоящим справа от вертикальной шкалы n и под криволинейным отрезком $n = 0$ (при $n \leq 0$) или же по цифрам, стоящим справа от криволинейного отрезка $n = \infty$ (при $n \geq 20$).

В случае, когда $m_1 = \infty$ (или $m_2 = \infty$) секущая проводится через точки, имеющие одинаковые отметки m_2 (или m_1) на окружности и на горизонтальном радиусе.

Пример 1. Дано $m_1 = 2, m_2 = 4, n = 4$. Прикладываем линейку (желательно прозрачную) к точкам $m_1 = 2, m_2 = 4$ на окружности и замечаем точку пересечения линейки с криволинейным отрезком $n = 4$. По шкале слева прочитываем $\beta = 1,15$.

Пример 2. Дано $m_1 = 2$, $m_2 = 0,5$, $n = 20$; Прикладываем линейку, прочитываем по шкале справа $\beta = 0,85$;

Пример 3. Дано $m_1 = \infty$, $m_2 = 3$, $n = 6$; Прикладываем линейку к точкам $m_2 = 3$ на окружности и на горизонтальной радиусе. Замечая точку пересечения линейки с криволинейным отрезком $n = 6$ прочитываем по шкале слева $\beta = 0,95$.

Примечание: В случае $m_1 = m_2 = \infty$ следует пользоваться графиком на рис. 28 (задача 28) ;

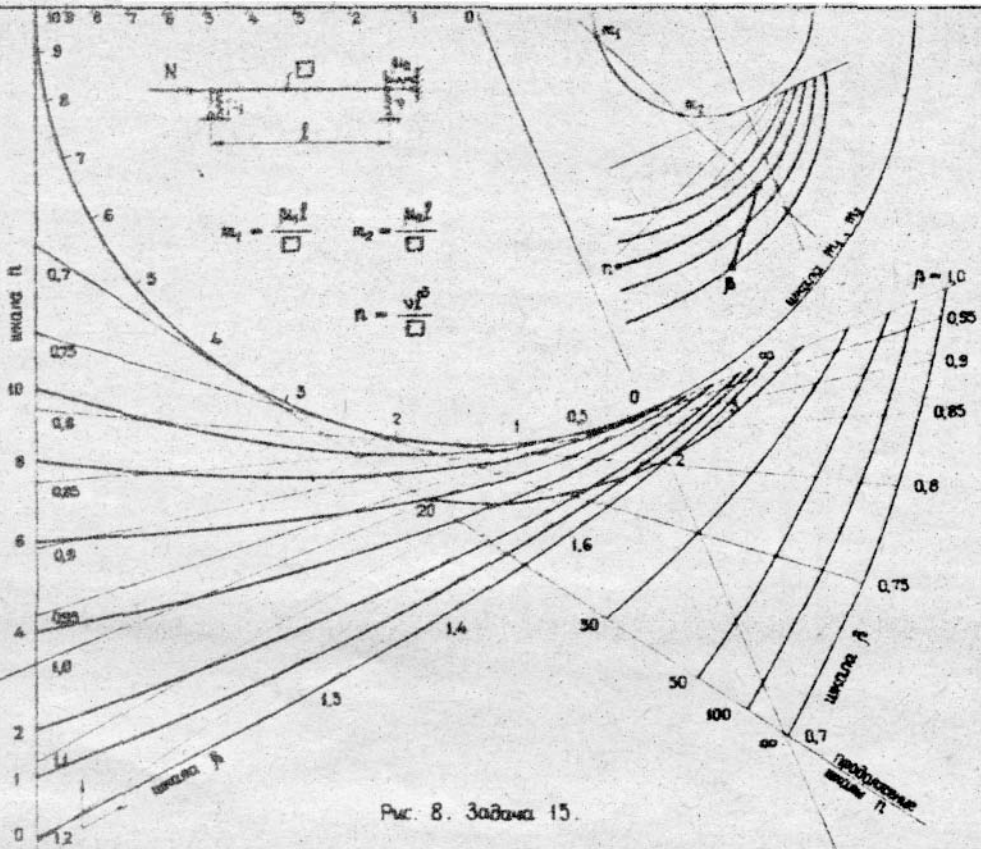


Рис. 8. Задача 15.

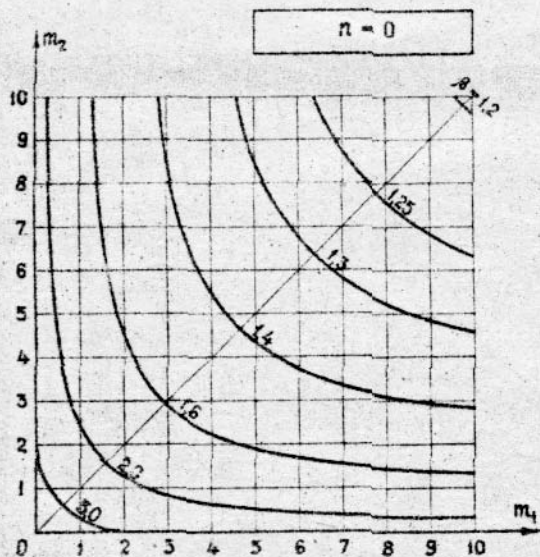


Рис. 9. Задача 16.

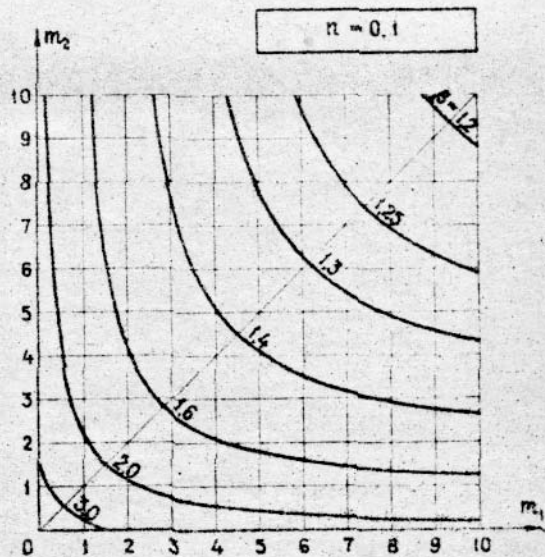


Рис. 10. Задача 17.

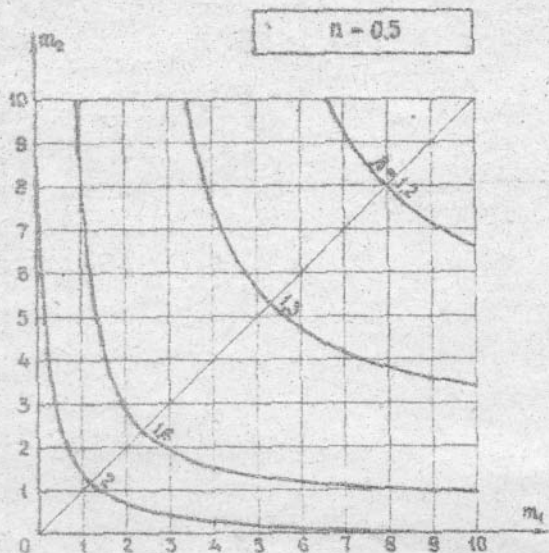


Рис. 11. Задача 18.

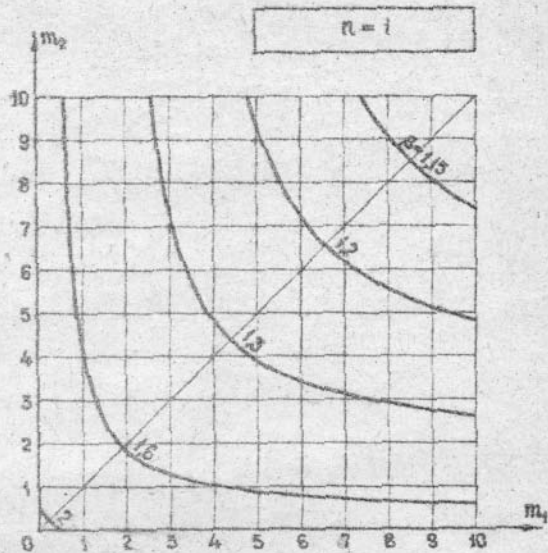


Рис. 12. Задача 19.

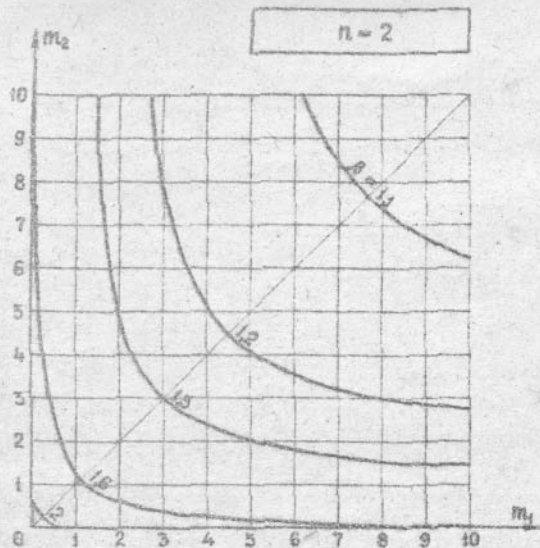


Рис. 13. Задача 20.

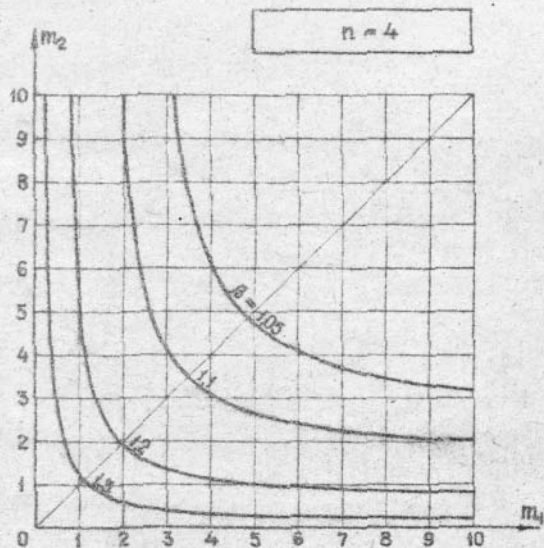


Рис. 14. Задача 21.

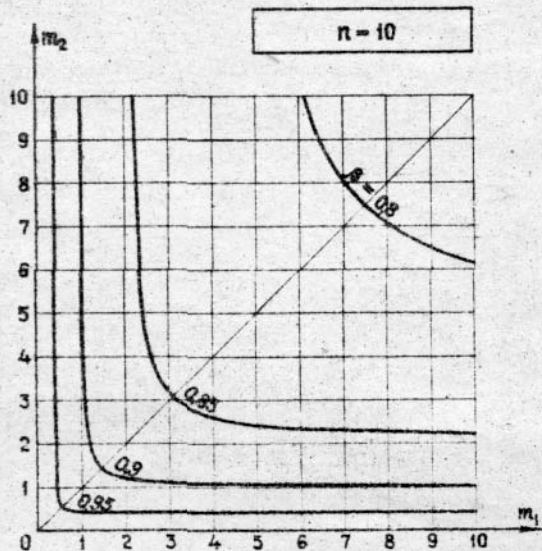


Рис. 15. Задача 22.

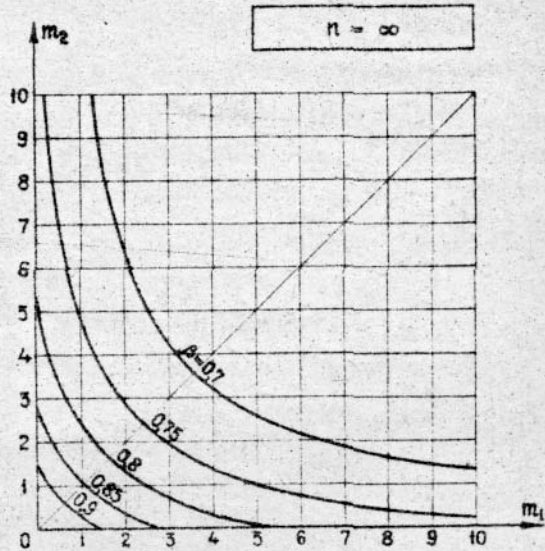


Рис. 16. Задача 23
(также задачи 107, 117).

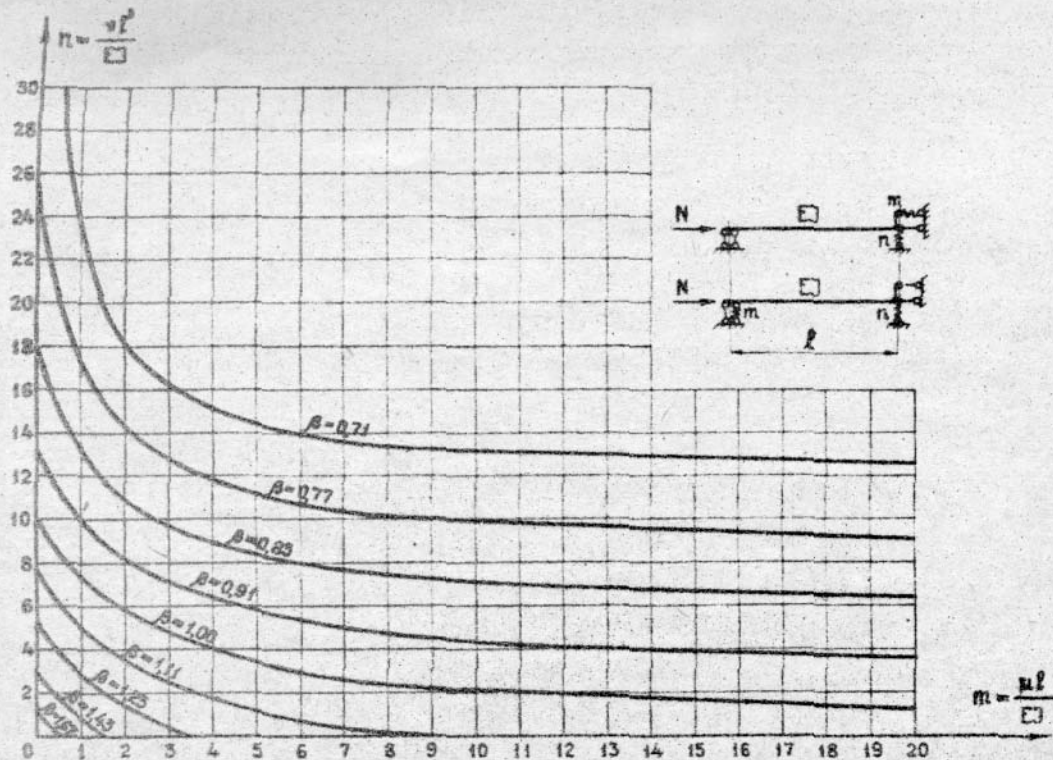


Рис. 17. Задача 24.

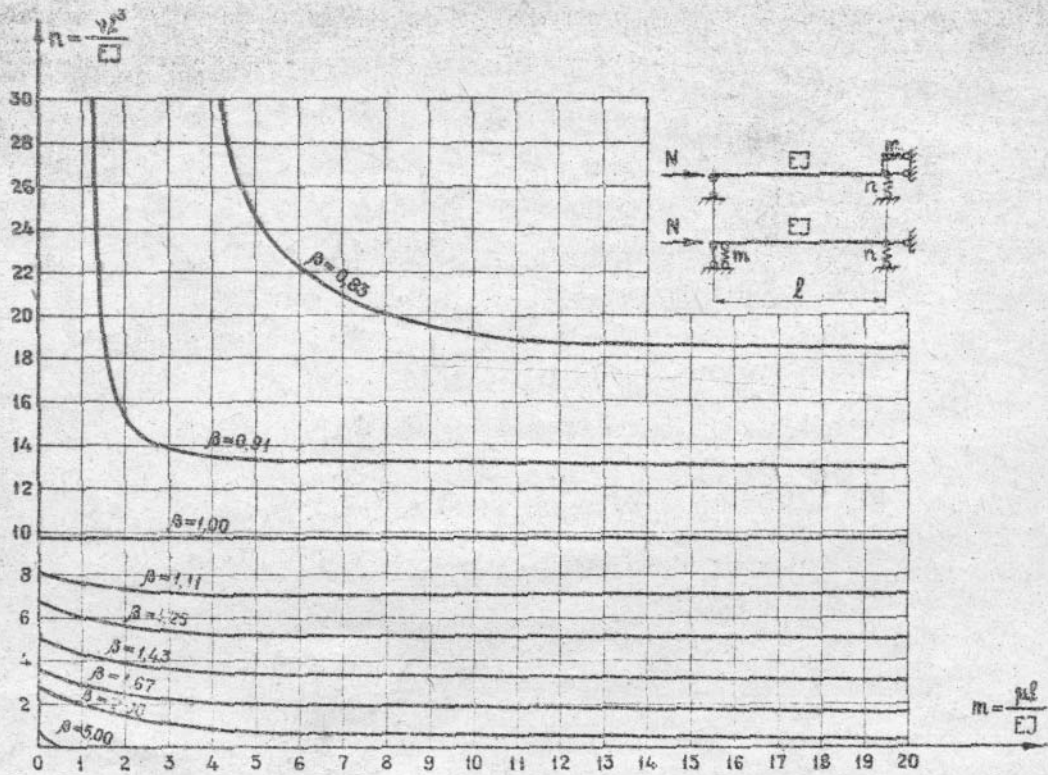


Рис. 18. Задача 25.

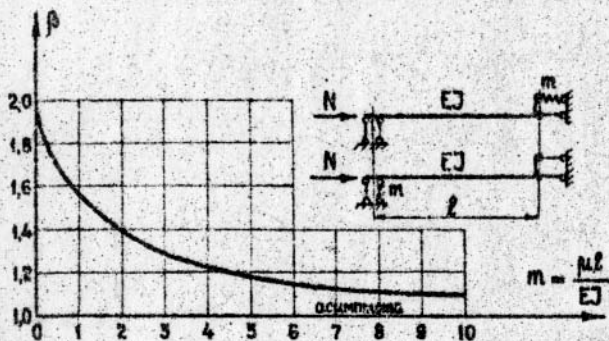


Рис. 19. Задача 31
(также задачи 93, 98, 200, 201).

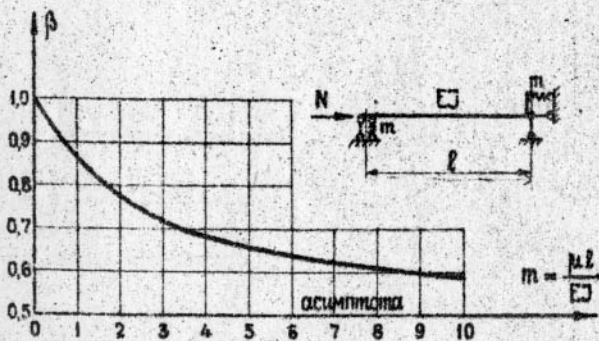


Рис. 20. Задача 26
(также задачи 108, 118, 162).

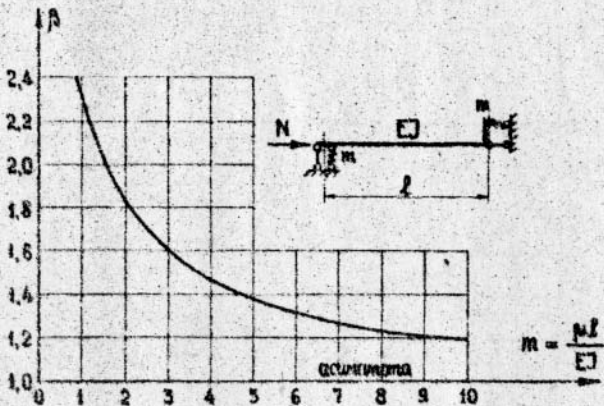


Рис. 21. Задача 27
(также задача 166).

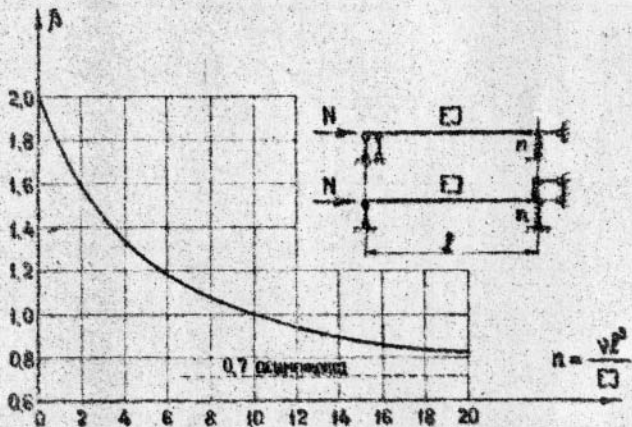


Рис. 22. Задача 29
(также задача 127 при $n_{\text{вн}} \text{ вместо } n$).

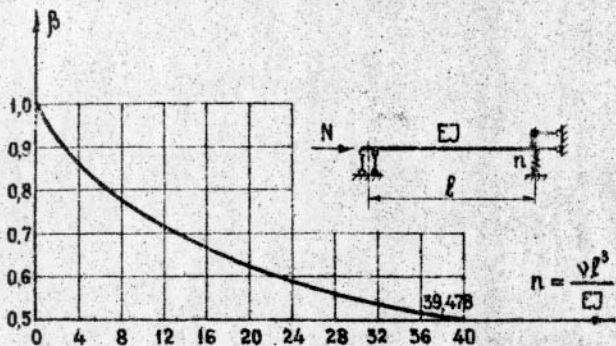


Рис. 23. Задача 28.

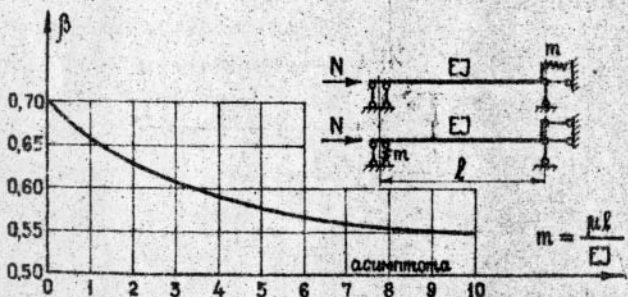


Рис. 24. Задача 30.

(также задачи 83, 88, 99, 113, 121, 136).

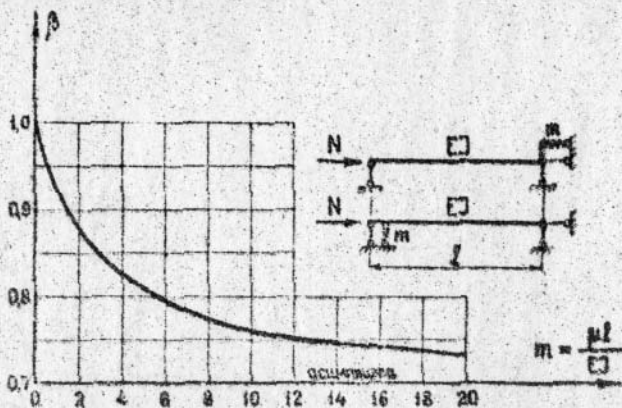


Рис. 25. Задача 32.
(также задачи 78, 84, 94, 103, 111, 135, 173, 174).

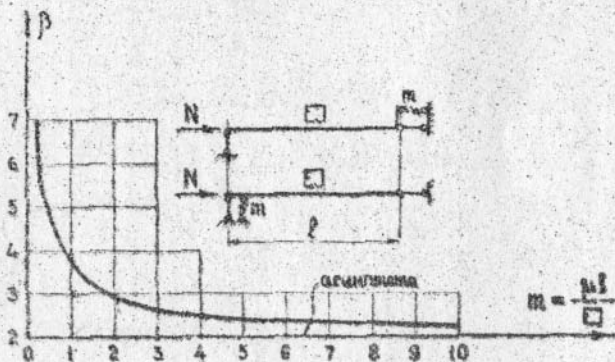


Рис. 26. Задача 33
(также задачи 169, 170).

Глава третья

СИСТЕМЫ СТЕРЖНЕЙ С УПРУГИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

В настоящей главе рассмотрена устойчивость следующих систем:

- 1) Шарнирные цепи стержней на упругих опорах.
- 2) Последовательности упруго соединенных в вершине стоек.
- 3) Последовательности упруго соединенных шарнирно опертых балок.

Шарнирные цепи стержней на упругих опорах

Потеря устойчивости шарнирной цепи стержней на упруго-перемещающихся опорах (рис. 27) характеризуется перемещением опор при сохранении прямолинейной формы каждого из стержней (рис. 28). Критическая система нагрузок зависит от соотношения между длинами l_i и сжимающими силами N_i стержней, а также от коэффициентов жесткости упругих опор V_i (V_i - реакция опоры i , соответствующая ее единичному перемещению).

Нижче даются формулы и графики для определения критических сил N_i^* в указанном смысле.

Каждый из стержней системы может потерять устойчивость по схеме однопролетного стержня на шарнирных неподвижных опорах (рис. 29). Поэтому, кроме проверки устойчивости системы в целом, необходима проверка устойчивости каждого из стержней в отдельности при код $\lambda = 1$.

Последовательности упруго соединенных в вершине стоек

Если основания стоек закреплены шарнирно (задачи 66-72), то возможны две независимые формы потери устойчивости:

а) Потеря устойчивости системы в целом, связанная с перемещением вершин стоек при сохранении их прямолинейной формы. Критическая система нагрузок зависит от соотношения между длинами l_i и сжимающими силами N_i стоек, а также от коэффициентов жесткости V_i упругих связей (V_i - усилие, соответствующее единичному удлинению связи).

Ниже даются формулы и графики для определения критических сил N_i^* в указанном смысле.

б) Потеря устойчивости одной из стоек системы, связанная с выпучиванием стойки при отсутствии перемещения вершины. Поэтому необходима проверка устойчивости каждой из стоек при ксд $\beta = 1$.

Если основания стоек заземлены (задачи 73, 74), то потеря устойчивости характеризуется одновременно выпучиванием стоек и перемещением их вершин. Величина ксд β_i зависит от соотношения между длинами l_i жесткостями EJ_i и сжимающими силами N_i стоек, а также от коэффициентов жесткости V_i упругих связей.

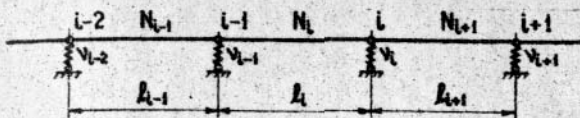


Рис. 27. Шарнирная цепь стержней на упругих опорах.

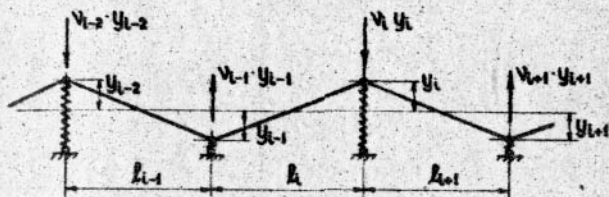


Рис. 28. Потеря устойчивости системы.

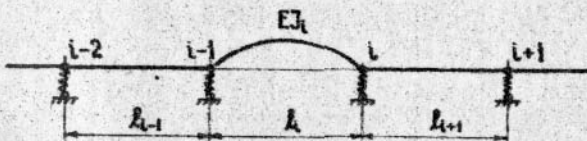


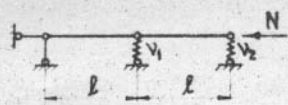
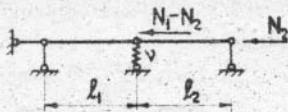

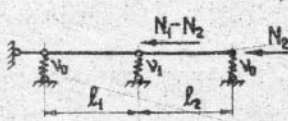
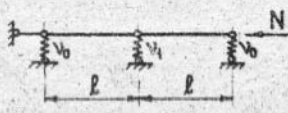
Рис. 29. Потеря устойчивости стержня ($\rho = 1$).

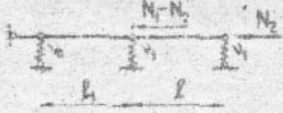

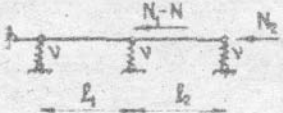

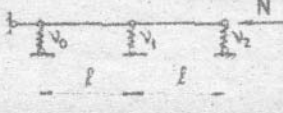
Шарнирная цепь из одного стержня.

Задача	Характеристика	Схема	Критическая сила
35	Обнопролетный стержень на упругих опорах.		$N^* = \frac{v_0 v_1}{v_0 + v_1} l$
36	Частный случай задачи 35: одна из опор жесткая ($v_0 = \infty$).		$N^* = v_1 l$ сравни задачу 34.
37	Частный случай задачи 35: жесткость опор одинакова ($v_0 = v_1 = v$).		$N^* = 0,5 v l$


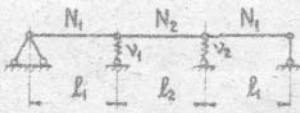


Шарнирная цепь из двух стержней.

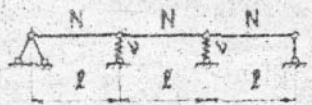

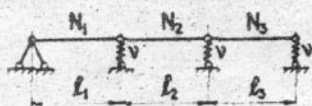

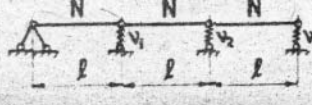
Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Критическая сила
38	Цепь из двух стержней на упругих опорах.		$k = \frac{N_2 l_1}{N_1 l_2}$ $p = \sqrt{k} \left(1 + \frac{v_1}{v_2} \right)$ $q = \frac{\sqrt{k}}{1 + v_1/v_2}$	$N_1^* = \frac{\alpha}{\sqrt{k}} v_1 l_1$ <p>Значения α по рис. 30 (стр. 45)</p>
39	Частный случай задачи 38: крайняя опора жесткая ($v_0 = \infty$).		$k = \frac{N_2 l_1}{N_1 l_2}$ $n = \frac{v_2}{v_1}$	$N_1^* = \alpha v_1 l_1$ <p>Значения α по рис. 31 (стр. 46)</p>
40	Частный случай задачи 39: жесткости опор одинаковы ($v_1 = v_2 = v$).		$k = \frac{N_2 l_1}{N_1 l_2}$	$N_1^* = \alpha v l_1$ <p>Значения α по рис. 32 (стр. 47)</p>
41	Частный случай задачи 40: длины стержней равны, сжимающая сила постоянна ($l_1 = l_2 = l$, $N_1 = N_2 = N$).		Сравни задачу 64 при $n = 2$	$N^* = 0,3820 v l$

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Критическая сила
42	Частный случай задачи 39: длины пролетов равны, сжимающая сила постоянна $(l_1 = l_2 = l,$ $N_1 = N_2 = N).$		$n = \frac{v_2}{v_1}$	$N^* = \alpha v_1 l$ Значения α по рис. 33 (стр. 47)
43	Частный случай задачи 38: обе крайние опоры жесткие $(v_0 = v_2 = \infty).$		$k = \frac{N_2 l_1}{N_1 l_2}$	$N_1^* = \frac{v l_1}{1+k}$
44	Частный случай задачи 43: длины пролетов равны, сжимающая сила постоянна $(l_1 = l_2 = l,$ $N_1 = N_2 = N).$		Сравни задачу 63 при $n=2$	$N^* = 0,5 v l$
45	Частный случай задачи 38: жесткости крайних опор одинаковы $(v_2 = v_0).$		$k = \frac{N_2 l_1}{N_1 l_2}$ $n = \frac{v_0}{v_1}$	$N_1^* = \alpha v_1 l_1$ Значения α по рис. 34 (стр. 48)
46	Частный случай задачи 45: длины пролетов равны, сжимающая сила постоянна $(l_1 = l_2 = l,$ $N_1 = N_2 = N).$			$N^* = \frac{v_0 v_1}{2v_0 + v_1} l$

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Критическая сила
47	Частный случай задачи 48: жесткость смежных опор одинакова $(v_2 = v_1)$.		$k = \frac{N_2 l_1}{N_1 l_2}$ $n = \frac{v_1}{v_1}$	$N_1^* = \alpha v_1 l_1$ Значения α по рис. 35 (стр. 49)
48	Частный случай задачи 47: длины пролетов равны, сжимающая сила постоянна ($l_1 = l_2 = l$, $N_1 = N_2 = N$)		$n = \frac{v}{v_1}$	$N^* = \alpha v_1 l$ Значения α по рис. 36 (стр. 49)
49	Частный случай задачи 38: жесткости всех трех опор одинаковы $(v_0 = v_1 = v_2 = v)$.		$k = \frac{N_2 l_1}{N_1 l_2}$	$N_1^* = \alpha v l_1$ Значения α по рис. 37 (стр. 50)
50	Частный случай задачи 49: длины пролетов равны, сжимающая сила постоянна ($l_1 = l_2 = l$, $N_1 = N_2 = N$)		Сравни задачи 65 при $n = 2$.	$N^* = \frac{1}{3} v l$
51	Частный случай задачи 38: длины пролетов равны, сжимающая сила постоянна ($l_1 = l_2 = l$, $N_1 = N_2 = N$)		$n = \frac{v_0}{v_1}$ $n = \frac{v_2}{v_1}$	$N^* = \alpha v_1 l$ Значения α по рис. 38 (стр. 50)

Шарнирная цепь из трех стержней.

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Критическая сила
52	Цепь из трех стержней с крайними жесткими и промежуточными упругими опорами.		$k = \frac{N_2 l_1}{N_1 l_2}, \quad m = \frac{N_3 l_1}{N_1 l_3},$ $n = \frac{v_2}{v_1}; \quad q = k \left(1 - \frac{m}{n}\right)$ $p = \frac{m + k + mk}{n}$	$N_1^* = \alpha v_1 l_1$ <p>Значения α по рис. 39 (стр. 51)</p>
53	Частный случай задачи 52: длины крайних пролетов равны, сжимающие силы в них одинаковы ($l_3 = l_1, N_3 = N_1$).		$k = \frac{N_2 l_1}{N_1 l_2}$ $n = \frac{v_2}{v_1}$	$N_1^* = \alpha v_1 l_1$ <p>Значения α по рис. 40 (стр. 52)</p>
54	Частный случай задачи 52: жесткости опор одинаковы ($v_1 = v_2 = v$).		$k = \frac{N_2 l_1}{N_1 l_2}$	$N_1^* = \frac{v l_1}{1 + 2k}$
55	Частный случай задачи 52: длины пролетов равны, сжимающая сила постоянна ($l_1 = l_2 = l_3 = l, N_1 = N_2 = N_3 = N$).		$n = \frac{v_2}{v_1}$	$N^* = \alpha v_1 l$ <p>Значения α по рис. 41 (стр. 53)</p>

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Критическая сила
56	Частный случай задачи 55: жесткости опор одинаковы ($v_1 = v_2 = v$).		Сравни задачу 63 при $n=3$.	$N^* = \frac{1}{3} v l$
57	Частный случай задачи 52: жесткости опор одинаковы ($v_1 = v_2 = v$).		$k = \frac{N_2 l_1}{N_1 l_2}$ $m = \frac{N_3 l_1}{N_1 l_3}$	$N_1^* = \alpha v l_1$ Значения α по рис. 42 (стр. 53)
58	Цель из трех стержней с одной крайней жесткой и прочими упругими опорами одинаковой жесткости.		$k = \frac{N_2 l_1}{N_1 l_2}$ $m = \frac{N_3 l_1}{N_1 l_3}$	$N_1^* = \alpha v l_1$ Значения α по рис. 43 (стр. 54)
59	Частный случай задачи 58: длины пролетов равны, сжимающая сила постоянна ($l_1 = l_2 = l_3 = l$, $N_1 = N_2 = N_3 = N$).		Сравни задачу 64 при $n=3$.	$N^* = 0,3080 v l$
60	Цель из трех стержней с одной крайней жесткой и прочими упругими опорами, длины пролетов равны, сжимающая сила постоянна.		$n = \frac{v_2}{v_1}$ $m = \frac{v_3}{v_1}$	$N^* = \alpha v_1 l$ Значения α по рис. 44 (стр. 55)

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Критическая сила
61	Цепь из трех стержней на четырех упругих опорах одинаковой жесткости.		$k = \frac{N_2 l_1}{N_1 l_2}$ $m = \frac{N_3 l_1}{N_1 l_3}$	$N_1^* = \alpha v l_1$ Значения α по рис. 45 (стр. 56)
62	Частный случай задачи 61: длины пролетов равны, сжимающая сила постоянна ($l_1 = l_2 = l_3 = l$, $N_1 = N_2 = N_3 = N$).		Сравни задачу 65 при $n=3$.	$N^* = 0,2929 v l$

Регулярная шарнирная цепь из n стержней

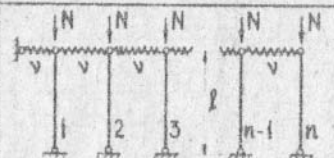
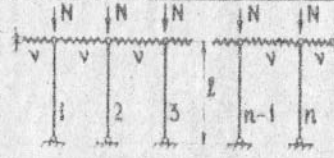
Задача	Характеристика	Схема
63	Шарнирная цепь из n стержней на упругих опорах, обе крайние опоры жесткие	
64	Шарнирная цепь из n стержней на упругих опорах, одна крайняя опора жесткая.	
65	Шарнирная цепь из n стержней на упругих опорах, жесткие опоры отсутствуют.	

Критическая сила $N^* = \alpha v l$ Значения α по таблице	Число пролетов n	1	2	3	4	5	6	∞
	Задача 63	-	0,5000	0,3333	0,2929	0,2764	0,2680	0,2500
	Задача 64	1,0000	0,3820	0,3080	0,2831	0,2715	0,2652	0,2500
	Задача 65	0,5000	0,3333	0,2929	0,2754	0,2680	0,2630	0,2500

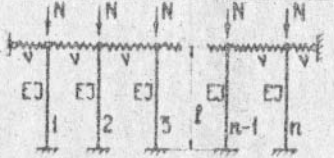
Система двух упруго соединенных в вершине стоек с шарнирным закреплением основания

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Критическая сила
66	Система двух стоек с шарнирным закреплением в основании.		$k = \frac{N_2 l_1}{N_1 l_2}$ $n = \frac{v_2}{v_1}$	$N_1^* = \alpha v_1 l_1$ значения α по рис. 31 (стр. 46)
67	Частный случай задачи 66: жесткости упругих связей одинаковы ($v_1 = v_2 = v$).		$k = \frac{N_2 l_1}{N_1 l_2}$	$N_1^* = \alpha v l_1$ значения α по рис. 32 (стр. 47)
68	Частный случай задачи 67: длины стоек равны, сжимающие силы одинаковы ($l_1 = l_2 = l$, $N_1 = N_2 = N$).		Сравни задачу 64 при $n = 2$	$N^* = 0,3820 v l$
69	Частный случай задачи 66: длины стоек равны, сжимающие силы одинаковы ($l_1 = l_2 = l$, $N_1 = N_2 = N$).		$n = \frac{v_2}{v_1}$	$N^* = \alpha v_1 l$ значения α по рис. 33 (стр. 47)
70	Частный случай задачи 66: связь между стойками жесткая ($v_2 = \infty$).		$k = \frac{N_2 l_1}{N_1 l_2}$	$N_1^* = \frac{v l_1}{1+k}$

Регулярная система n упруго соединенных в вершине стоек с шарнирным закреплением основания.

Задача	Характеристика	Схема	Критическая сила				
71	Регулярная система n стоек, упруго закреплена только первая стойка.		$N^* = \alpha \nu l^3$ Значения α по таблице				
72	Регулярная система n стоек, упруго закреплены первая и последняя стойки.		Значения α по таблице				
Число стоек n	1	2	3	4	5	6	∞
Задача 71	1,0	0,3820	0,1981	0,1206	0,0810	0,0781	0,0
Задача 72	2,0	1,0	0,5858	0,3820	0,2680	0,1981	0,0

Регулярная система n упруго соединенных в вершине стоек с защемленным основанием.

Задача	Характеристика	Схема	Ксд ν
73	Регулярная система n стоек, упруго закреплена только первая стойка.		ν по рис. 46 (стр. 57)
74	Регулярная система n стоек, упруго закреплены первая и последняя стойка.		ν по рис. 47 (стр. 58)

Коэффициенты для задач 73 и 74: $\pi = \frac{\nu l^3}{EJ}$,
 n — число стоек.

Последовательности упруго соединенных шарнирно опертых балок

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Код β
75	Регулярная последовательность n упруго соединенных в середине пролета балок, упруго закреплены только первая балка.		$m_{np} = \frac{\nu l^3}{2EJ}$ <p>n - число балок</p>	β по рис. 46 (стр. 57)
76	Регулярная последовательность n упруго соединенных в середине пролета балок, упруго закреплены первая и последняя балки.		$m_{np} = \frac{\nu l^3}{2EJ}$ <p>n - число балок</p>	β по рис. 47 (стр. 58)

Примечание: Свободная длина $l_0 = \beta l$, где l - половина длины пролета балки.

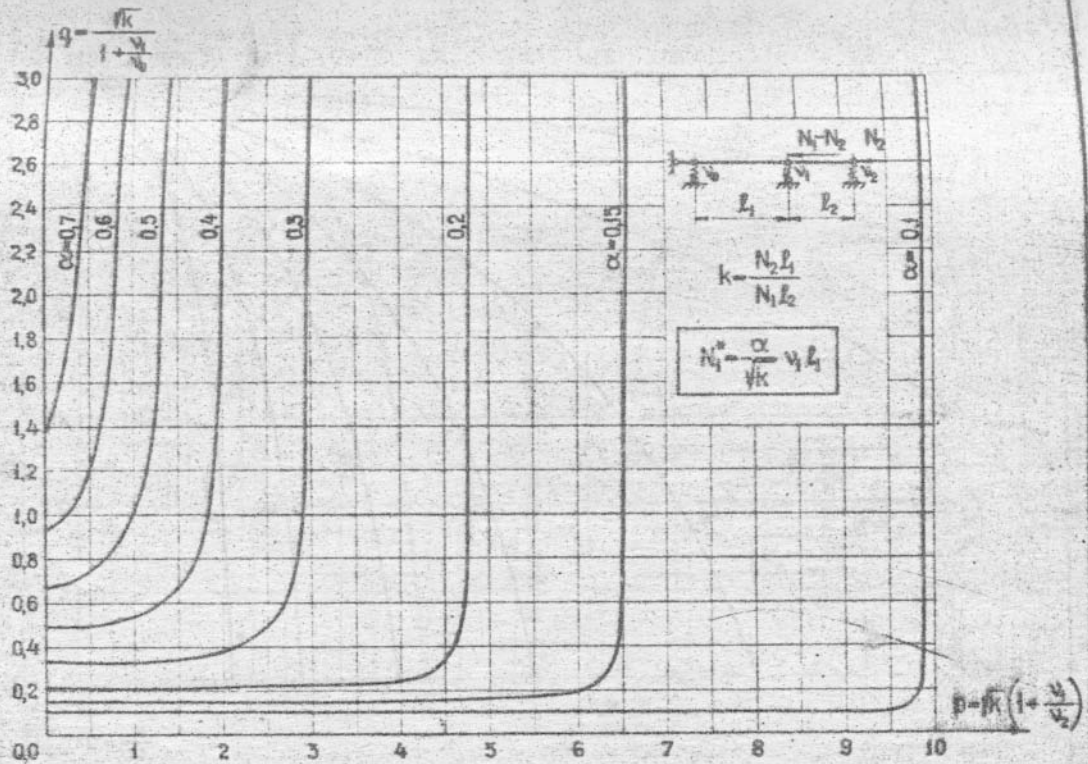


Рис. 30. Задача 38.

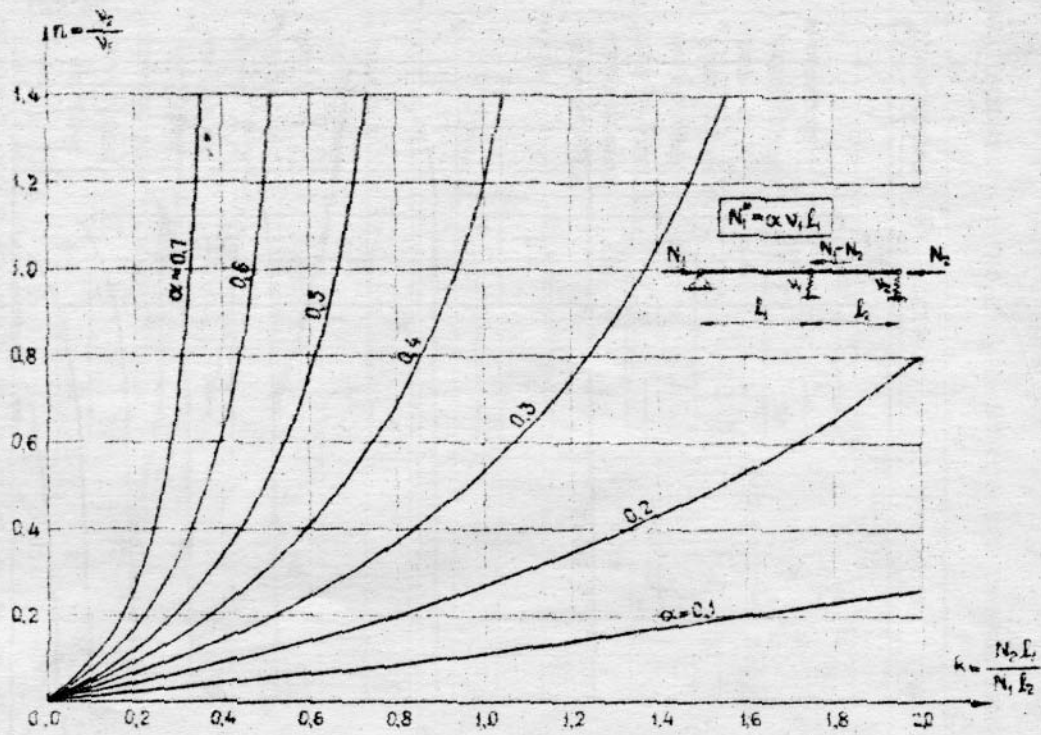


Рис 31. Задача 39 (также задача 66).

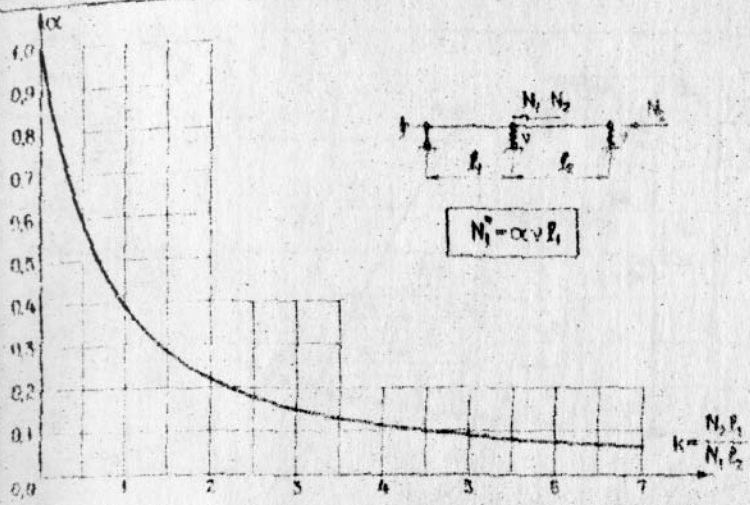


Рис. 32 Задача 40 (также задача 67).

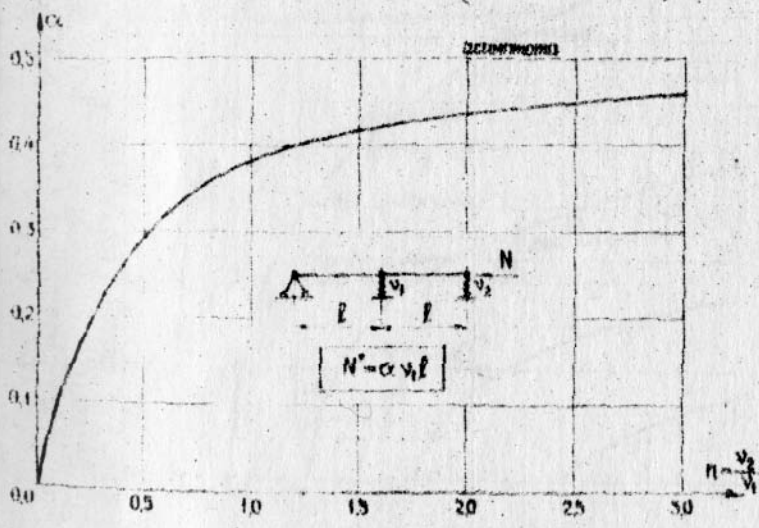


Рис. 33. Задача 42 (также задача 69).

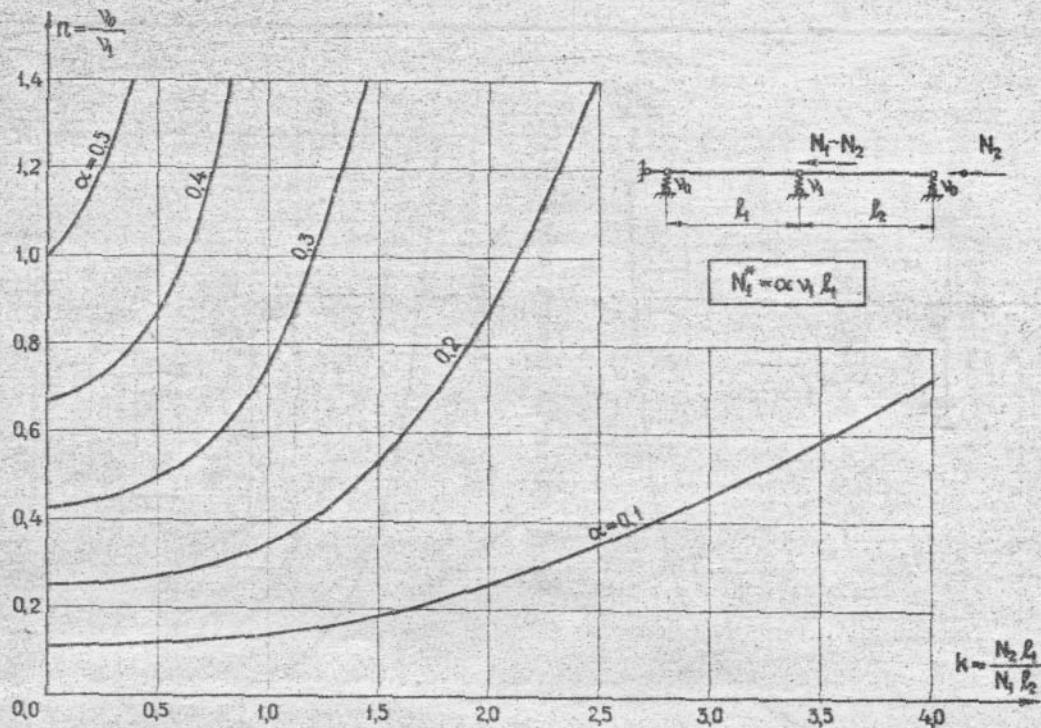


Рис. 34. Задача 45.

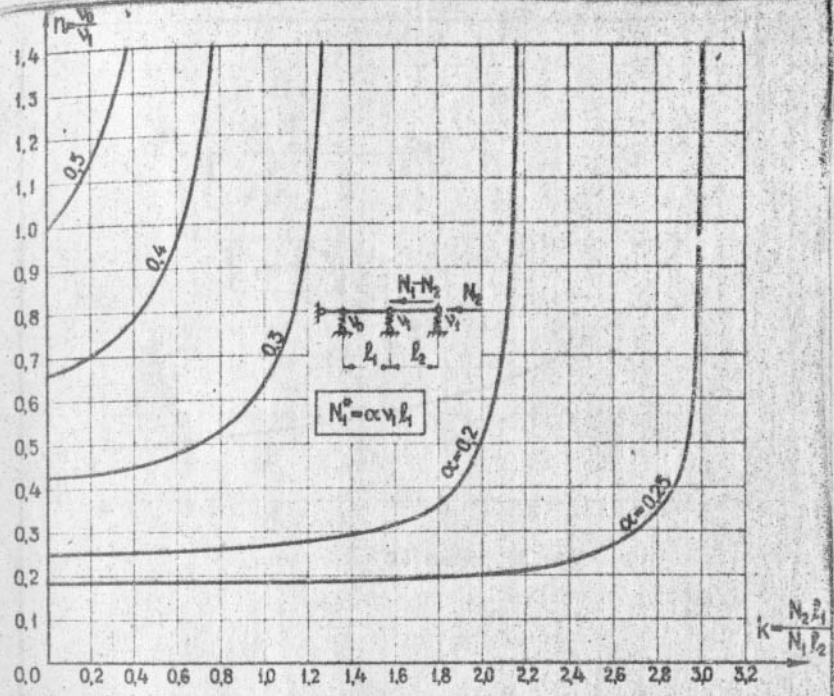


Рис. 35. Задача 47.

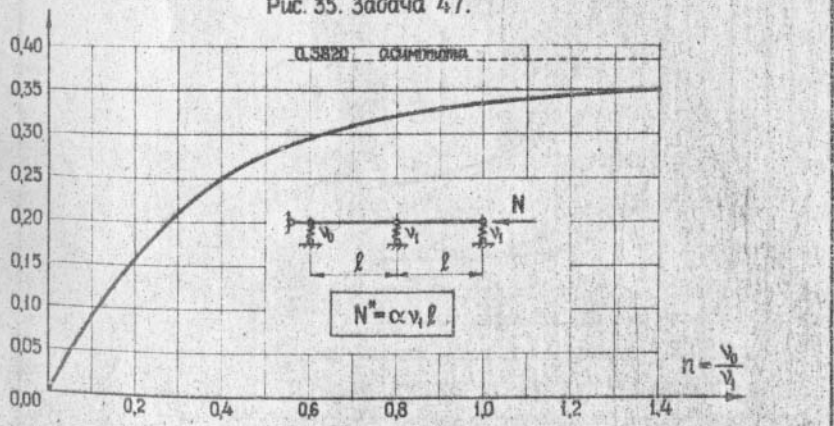


Рис. 36. Задача 48.

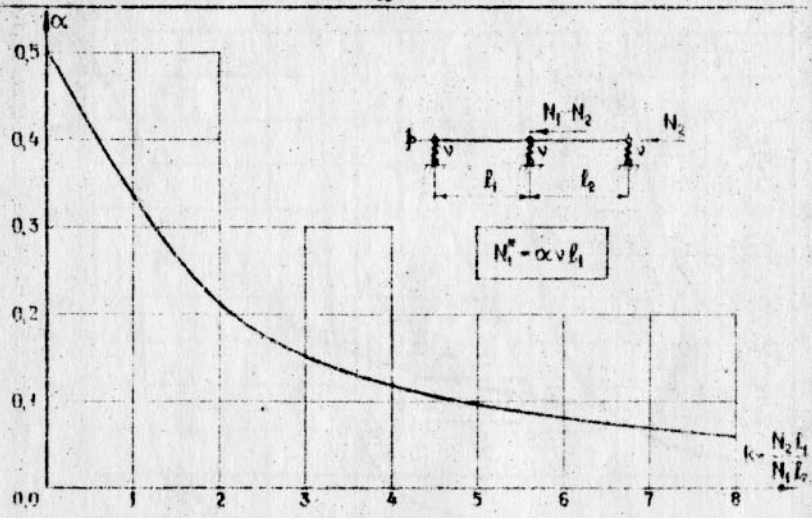


Рис. 37. Задача 49.

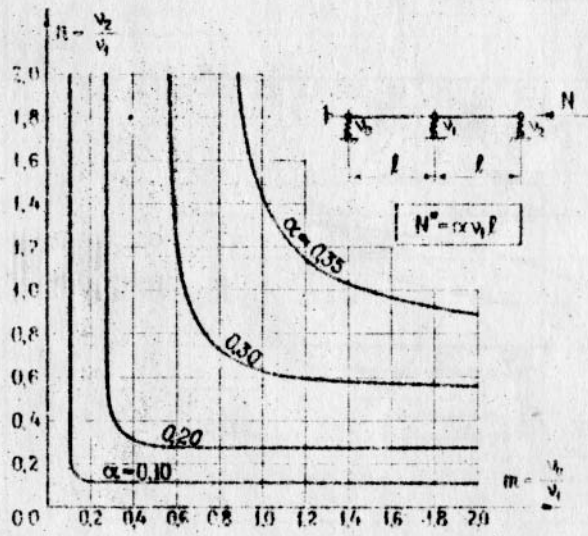


Рис. 38. Задача 51.

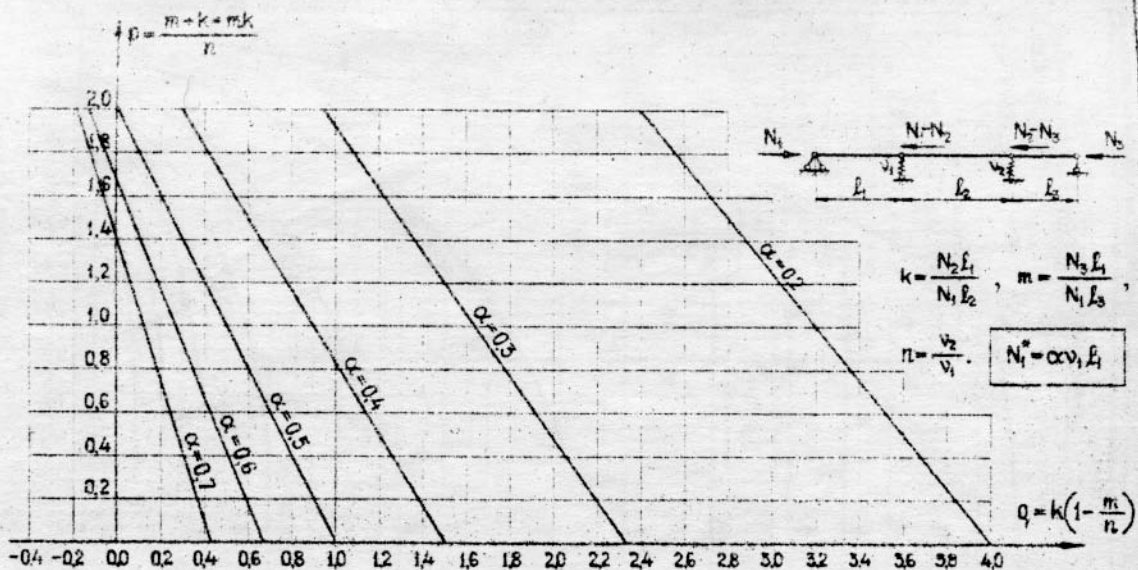


Рис. 39. Задача 52.

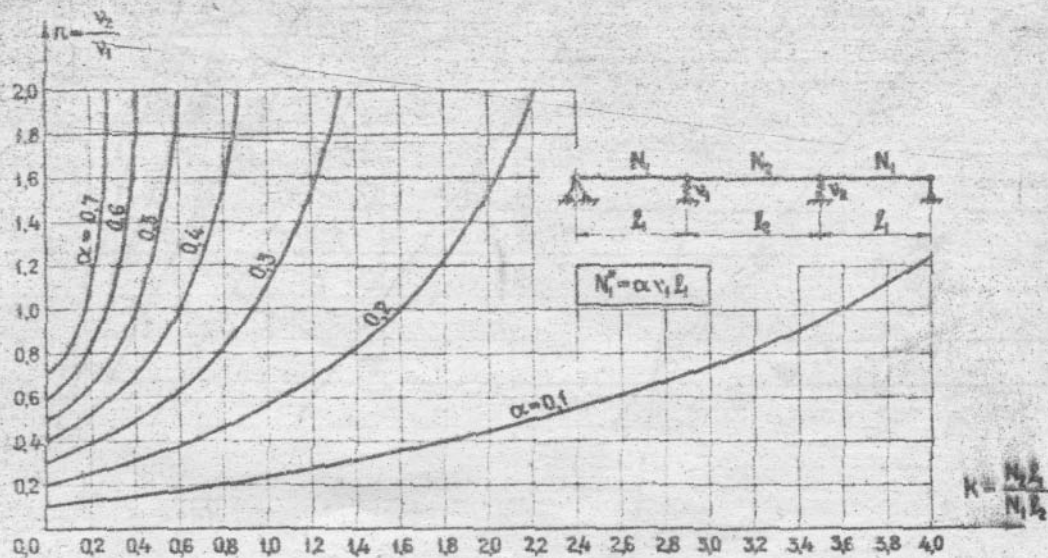


Рис. 40. Задача 53.

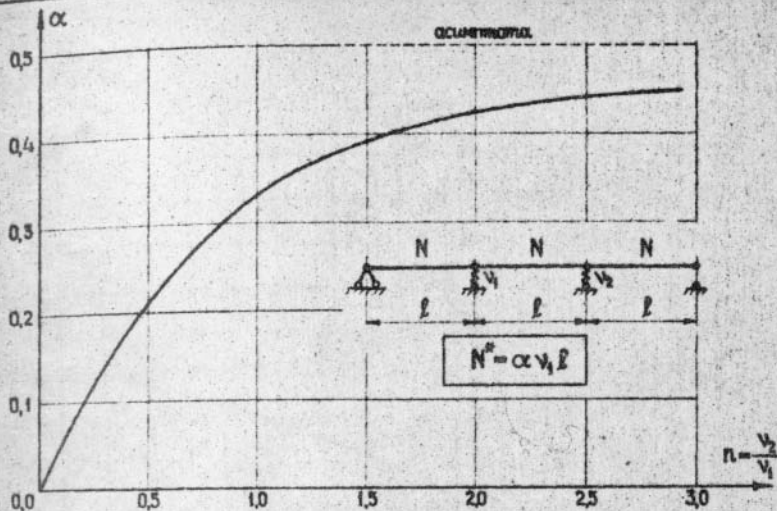


Рис. 41. Задача 55.

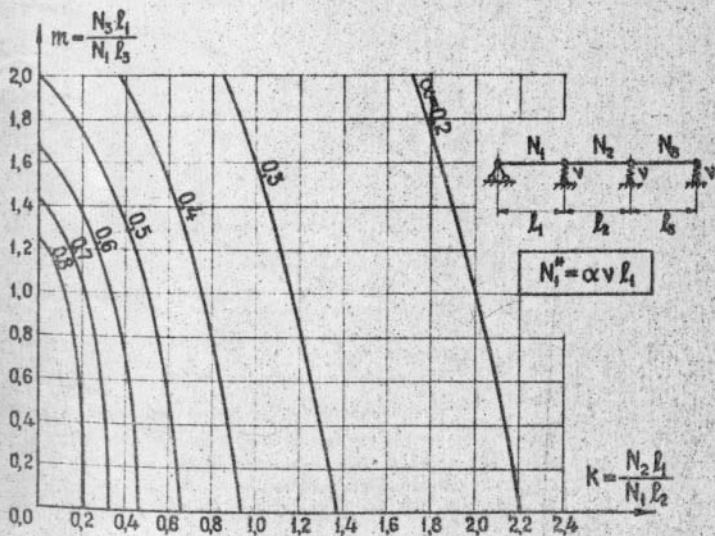


Рис. 42. Задача 57.

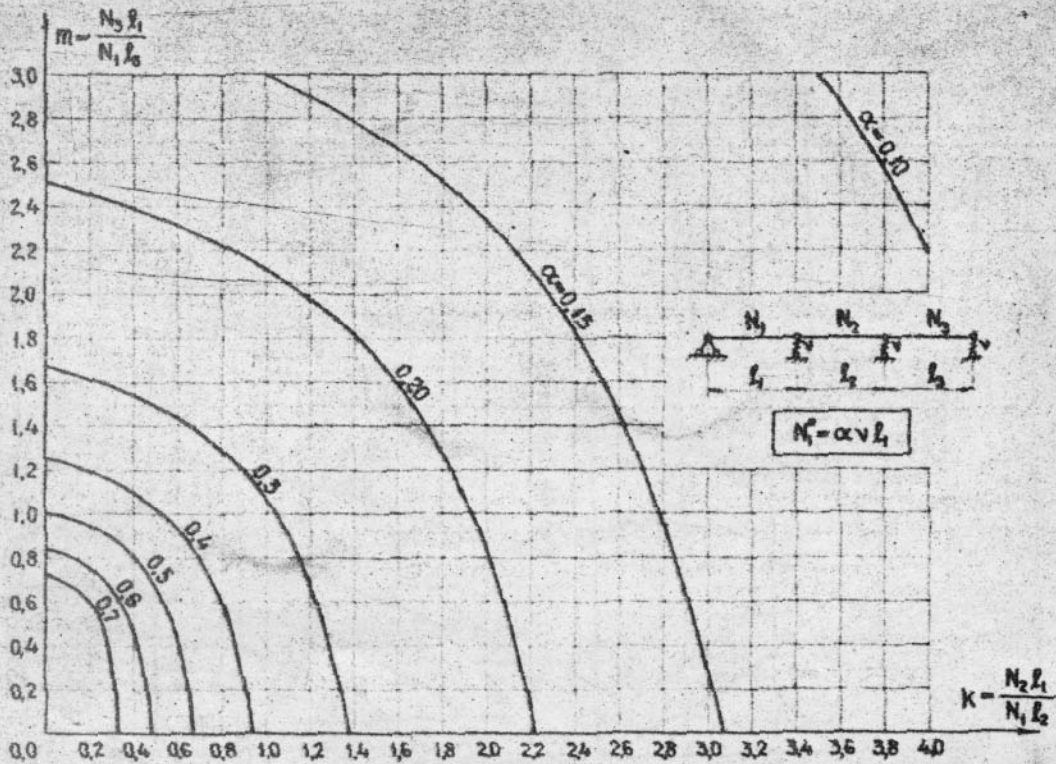


Рис. 43. Задача 58.

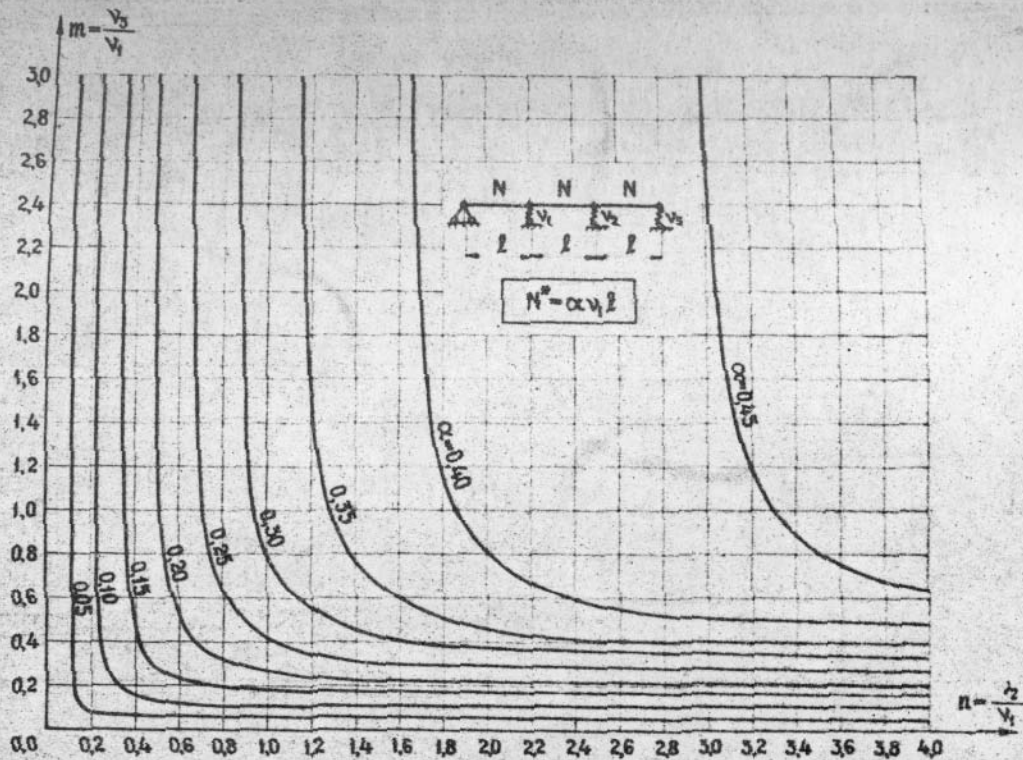


Рис. 44. Задача 60.

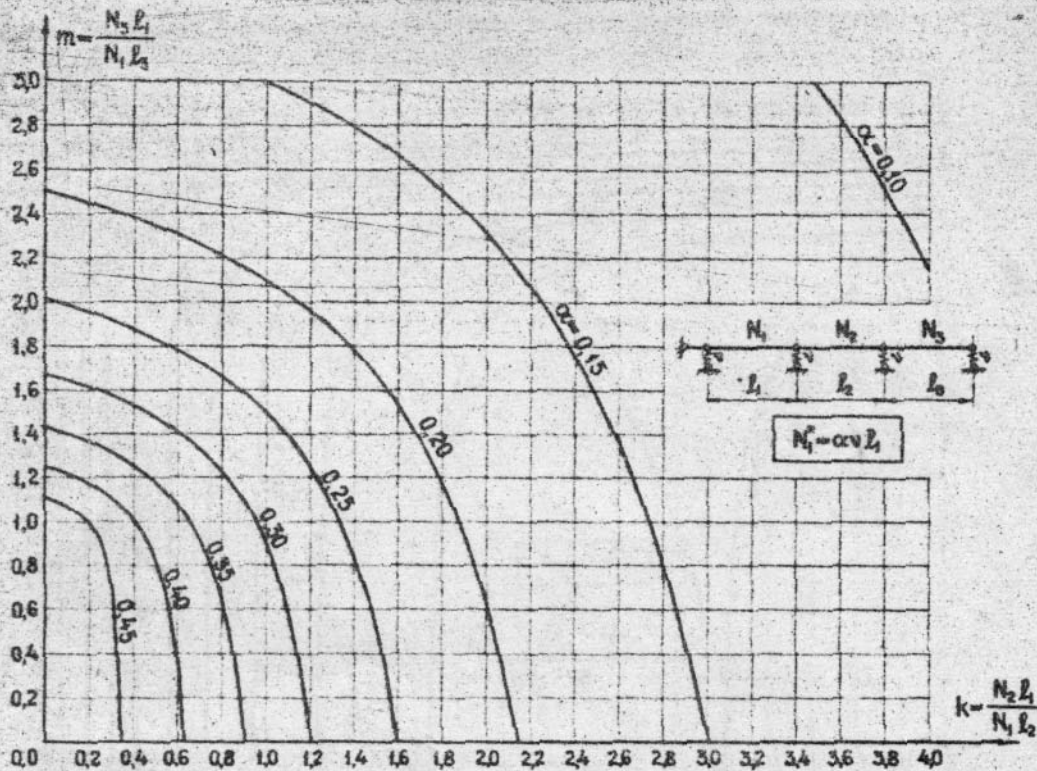


Рис. 45. Задача 61.

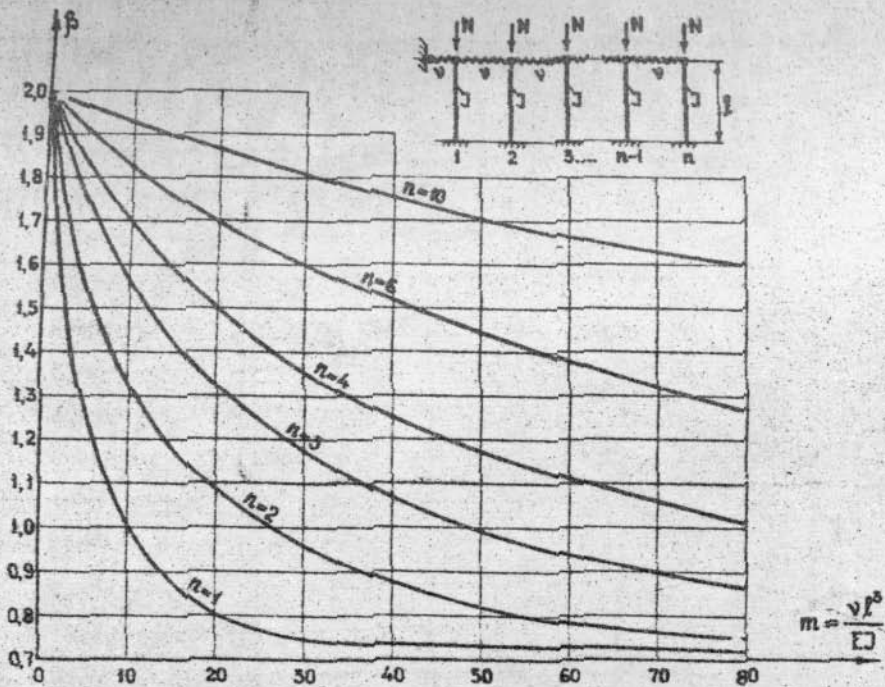


Рис. 46. Задача 73 (также задача 75 при $m_{\text{оп}}$ вместо m).

$$m = \frac{\nu l^3}{EJ}$$

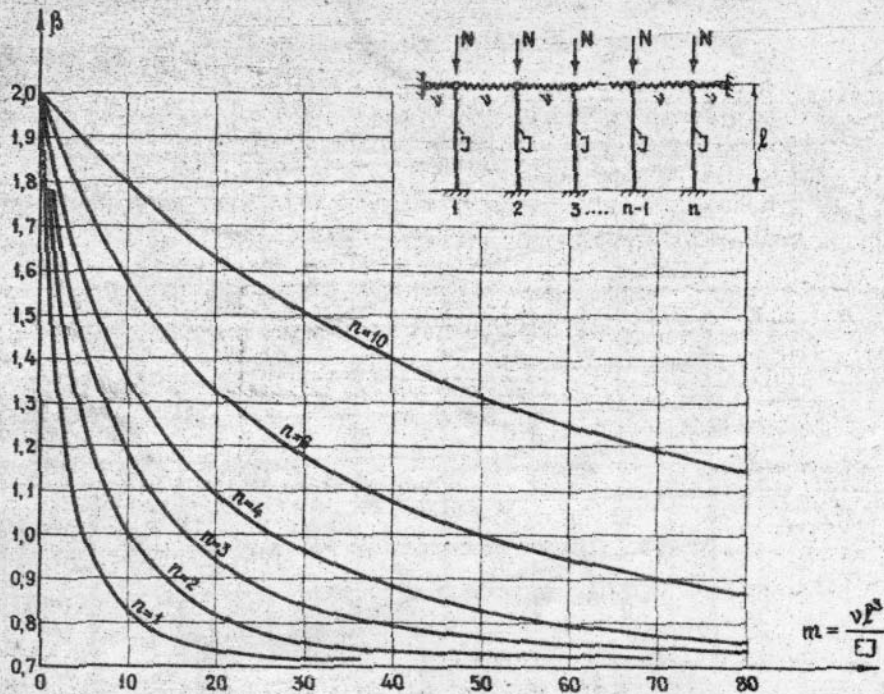


Рис. 47. Задача 74 (также задача 76 при $m_{\text{тр}}$ вместо m).

Глава четвертая

Неразрезные балки на жестких опорах

Двухпролетная балка

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Код β
77	Двухпролетная балка, оба конца шарнирно закреплены.		$k = \frac{J_2 l_1}{J_1 l_2}$ $n = \frac{N_2 l_2}{N_1 l_1}$	β_1 по рис. 48 (стр. 68) $\beta_2 = \sqrt{\frac{k}{n}} \beta_1$
78	Частный случай задачи 77: сжимающая сила во втором пролете отсутствует ($N_2 = 0$).		$m = \frac{3J_2 l_1}{J_1 l_2}$	β по рис. 25 (стр. 32)
79	Частный случай задачи 77: жесткость и сжимающая сила постоянны ($J_1 = J_2 = J$, $N_1 = N_2 = N$).		$n = \frac{l_2}{l_1}$	β_1 по рис. 49 (стр. 70) $l_{01} = l_{02}$
80	Частный случай задачи 77: жесткость постоянна, длины пролетов равны ($J_1 = J_2 = J$, $l_1 = l_2 = l$).		$n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 50 (стр. 70) $\beta_2 = \frac{\beta_1}{\sqrt{n}}$
81	Частный случай задачи 80: сжимающая сила постоянна ($N_1 = N_2 = N$).		Сравни задачу 123 при $n=2$	$\beta = 1$

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Ксв β
82	Двухпролетная балка, один конец зашкелен, другой шарнирно закреплен.		$k = \frac{J_2 l_1}{J_1 l_2}$ $n = \frac{N_2 l_2}{N_1 l_1}$	β_1 по рис. 51, 52 (стр. 71) $\beta_2 = \sqrt{\frac{k}{n}} \beta_1$
83	Частный случай задачи 82: сжимающая сила во втором пролете отсутствует ($N_2 = 0$).		$m = \frac{3J_2 l_1}{J_1 l_2}$	β по рис. 24 (стр. 31)
84	Частный случай задачи 82: сжимающая сила в первом пролете отсутствует ($N_1 = 0$).		$m = \frac{4J_1 l_2}{J_2 l_1}$	β по рис. 25 (стр. 32)
85	Частный случай задачи 82: жесткость и сжимающая сила постоянны ($J_1 = J_2 = J$, $N_1 = N_2 = N$).		$n = \frac{l_2}{l_1}$	β_1 по рис. 53 (стр. 72) <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">$l_{01} = l_{02}$</div>
86	Частный случай задачи 85: длины пролетов равны ($l_1 = l_2 = l$).		Сравни задачу 175 при $n=2$	$\beta = 0,879$

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Код ρ
87	Двухпролетная балка, оба конца зашпелены.		$k = \frac{J_2 l_1}{J_1 l_2}$ $n = \frac{N_2 l_2}{N_1 l_1}$	ρ_1 по рис. 54 (стр. 73) $\rho_2 = \sqrt{\frac{k}{n}} \rho_1$
88	Частный случай задачи 87: сжимающая сила во втором пролете отсутствует ($N_2 = 0$).		$m = \frac{4 J_2 l_1}{J_1 l_2}$	ρ по рис. 24 (стр. 31)
89	Частный случай задачи 87: жесткость и сжимающая сила постоянны ($J_1 = J_2 = J$, $N_1 = N_2 = N$).	<p>При $n > 1$ следует изменить нумерацию пролетов.</p>	$n = \frac{l_2}{l_1}$	ρ_1 по рис. 55 (стр. 73) $\rho_2 = \frac{\rho_1}{\sqrt{n}}$
90	Частный случай задачи 87: жесткости постоянны, длины пролетов равны ($J_1 = J_2 = J$, $l_1 = l_2 = l$).	<p>При $n > 1$ следует изменить нумерацию пролетов</p>	$n = \frac{N_2}{N_1}$	ρ_1 по рис. 56 (стр. 74) $\rho_2 = \frac{\rho_1}{\sqrt{n}}$
91	Частный случай задачи 90: сжимающая сила постоянна ($N_1 = N_2 = N$).		сравни задачу 124 при $n=2$	$\rho = 0,699$

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Код β
92	Двухпролетная балка, один конец зашкелен под-вижно, другой шарнирно закреплен		$k = \frac{J_2 l_1}{J_1 l_2}$ $n = \frac{N_2 l_2}{N_1 l_1}$	β_1 по рис. 57, 58 (стр. 75) $\beta_2 = \sqrt{\frac{k}{n}} \beta_1$
93	Частный случай задачи 92: сжимающая сила во втором пролете отсутствует ($N_2 = 0$).		$m = \frac{3J_2 l_1}{J_1 l_2}$	β по рис. 19 (стр. 29)
94	Частный случай задачи 92: сжимающая сила в первом пролете отсутствует ($N_1 = 0$).		$m = \frac{J_1 l_2}{J_2 l_1}$	β по рис. 25 (стр. 32)
95	Частный случай задачи 92: жесткость и сжимающая сила постоянны ($J_1 = J_2 = J$, $N_1 = N_2 = N$).		$n = \frac{l_2}{l_1}$	β_1 по рис. 59 (стр. 76) <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">$l_{01} = l_{02}$</div>
96	Частный случай задачи 95: длины пролетов равны ($l_1 = l_2 = l$).			$\beta = 1,40$

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Код β
97	Двухпролетная балка, один конец зашпелен подвижно, другой — неподвижно.		$k = \frac{J_2 l_1}{J_1 l_2}$ $n = \frac{N_2 l_2}{N_1 l_1}$	β_1 по рис. 60, 61 (стр. 77) $\beta_2 = \sqrt{\frac{k}{n}} \beta_1$
98	Частный случай задачи 97: сжимающая сила во втором пролете отсутствует ($N_2 = 0$).		$m = \frac{4J_2 l_1}{J_1 l_2}$	β по рис. 19 (стр. 29)
99	Частный случай задачи 97: сжимающая сила в первом пролете отсутствует ($N_1 = 0$).		$m = \frac{J_1 l_2}{J_2 l_1}$	β по рис. 24 (стр. 31)
100	Частный случай задачи 97: жесткость и сжимающая сила постоянны ($J_1 = J_2 = J$, $N_1 = N_2 = N$).		$n = \frac{l_2}{l_1}$	β_1 по рис. 62 (стр. 78) $\beta_{01} = \beta_{02}$
101	Частный случай задачи 100: длины пролетов равны ($l_1 = l_2 = l$).			$\beta = 1,27$

Трехпролетная балка

Задача	Характеристики	Схема	Коэффициенты	Код β
102	Трехпролетная симметричная балка, оба конца шарнирно закреплены.	<p style="text-align: center;">см. примечание</p>	$k = \frac{J_2 l_1}{J_1 l_2}$ $n = \frac{N_2 l_2}{N_1 l_1}$	β_1 по рис. 57, 58 (стр. 75) $\beta_2 = \sqrt{\frac{k}{n}} \beta_1$
103	Частный случай задачи 102: сжимающая сила в среднем пролете отсутствует ($N_1 = 0$).		$m = \frac{J_1 l_2}{J_2 l_1}$	β по рис. 25 (стр. 32)
104	Частный случай задачи 103: жесткость постоянна, длины всех пролетов равны ($J_1 = J_2 = J$, $l_2 = 2l_1 = l$).			$\beta = 0,875$
105	Частный случай задачи 102: жесткость и сжимающая сила постоянны ($J_1 = J_2 = J$, $N_1 = N_2 = N$).	<p style="text-align: center;">см. примечание</p>	$n = \frac{l_2}{l_1}$	β_1 по рис. 59 (стр. 76) <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">$l_{01} = l_{02}$</div>
106	Частный случай задачи 105: длины пролетов равны ($l_2 = 2l_1 = l$).		Сравни задачу 123 при = 3	$\beta = 1$

Примечание: В задачах 102, 105, 112, 115 $l_{01} = \beta_1 l_1$, где l_1 — половина длины среднего пролета.

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Код β
107	Трехпролетная балка, оба конца шарнирно закреплены, сжат только средний пролет.		$m_1 = \frac{3J_0 l_1}{J_1 l_0}$ $m_2 = \frac{3J_2 l_1}{J_1 l_2}$	β по рис. 16 (стр. 26)
108	Частный случай задачи 107: жесткости и длины крайних пролетов равны ($J_0 = J_2$, $l_0 = l_2$).		$m = \frac{3J_2 l_1}{J_1 l_2}$	β по рис. 20 (стр. 29)
109	Частный случай задачи 107: жесткости и длины всех пролетов равны ($J_0 = J_1 = J_2 = J$, $l_0 = l_1 = l_2 = l$).			$\beta = 0,722$
110	Трехпролетная балка, оба конца шарнирно закреплены, жесткость и сжимающая сила постоянны.		$n = \frac{l_0}{l_1}$ $z = \frac{l_2}{l_1}$	β_1 по рис. 64 (стр. 79) $l_{00} = l_{01} = l_{02}$
111	Трехпролетная балка, оба конца шарнирно закреплены, сжат только крайний пролет.		$k = \frac{J_2 l_1}{J_1 l_2}$ $m = 12 \frac{J_1 l_0}{J_0 l_1} \frac{k+1}{3k+4}$	β по рис. 25 (стр. 32)

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Ксд β
112	Трехпролетная симметричная балка, оба конца заземлены.		$k = \frac{J_2 l_1}{J_1 l_2}$ $n = \frac{N_2 l_2}{N_1 l_1}$	β_1 по рис. 60, 61 (стр. 77) $\beta_2 = \sqrt{\frac{k}{n}} \beta_1$
113	Частный случай задачи 112: сжимающая сила в среднем пролете отсутствует ($N_1 = 0$).		$m = \frac{J_1 l_2}{J_2 l_1}$	β по рис. 24 (стр. 31)
114	Частный случай задачи 113: жесткость постоянна, длины всех пролетов равны ($J_1 = J_2 = J$, $l_2 = 2l_1 = l$).			$\beta = 0,626$
115	Частный случай задачи 112: жесткость и сжимающая сила постоянны ($J_1 = J_2 = J$, $N_1 = N_2 = N$).		$n = \frac{l_2}{l_1}$	β_1 по рис. 62 (стр. 78) $l_{01} = l_{02}$
116	Частный случай задачи 115: длины пролетов равны ($l_2 = 2l_1 = l$).			$\beta = 0,814$

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Ксб β
117	Трёхпролётная балка, оба конца зашпемлены, сжат только средний пролет.		$m_1 = \frac{4J_0 l_1}{J_1 l_0}$ $m_2 = \frac{4J_2 l_1}{J_1 l_2}$	β по рис. 16 (стр. 26)
118	Частный случай задачи 117: жесткости и длины крайних пролетов равны ($J_0 = J_2, l_0 = l_2$).		$m = \frac{4J_2 l_1}{J_1 l_2}$	β по рис. 20 (стр. 29)
119	Частный случай задачи 117: жесткости и длины всех пролетов равны ($J_0 = J_1 = J_2 = J, l_0 = l_1 = l_2 = l$).			$\beta = 0,685$
120	Трёхпролётная балка, оба конца зашпемлены, жесткость и сжимающая сила постоянны.		$n = \frac{l_0}{l_1}$ $z = \frac{l_2}{l_1}$	β_1 по рис. 63 (стр. 78) $l_{00} = l_{01} = l_{02}$
121	Трёхпролётная балка, оба конца зашпемлены, сжат только крайний пролет.		$k = \frac{J_2 l_1}{J_1 l_2}$ $m = \frac{J_1 l_0}{J_0 l_1} \cdot \frac{4k+3}{k+1}$	β по рис. 24 (стр. 31)
122	Трёхпролётная балка, один конец закреплен шарнирно, другой зашпемлен, жесткость и сжимающая сила постоянны.		$n = \frac{l_0}{l_1}$ $z = \frac{l_2}{l_1}$	β_1 по рис. 65 (стр. 80) $l_{00} = l_{01} = l_{02}$

Регулярные многопролетные балки

Задача	Характеристика	Схема	Ксб β
123	Регулярная n -пролетная балка, оба конца шарнирно закреплены.		$\beta = 1,0$
124	Регулярная n -пролетная балка, оба конца защемлены.		по таблице внизу
125	Регулярная n -пролетная балка, один конец шарнирно закреплён, другой защемлен.		

Число пролетов n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	∞
Задача 124	0,5	0,699	0,814	0,879	0,917	0,939	0,954	0,964	0,971	0,977	1,0
Задача 125	0,699	0,879	0,939	0,964	0,977	0,983	0,988	0,990	0,992	0,994	1,0

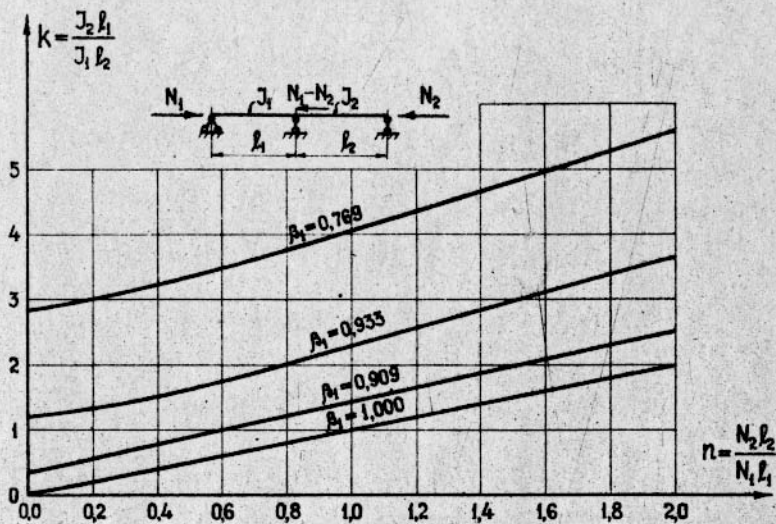


Рис. 48. Задача 77.

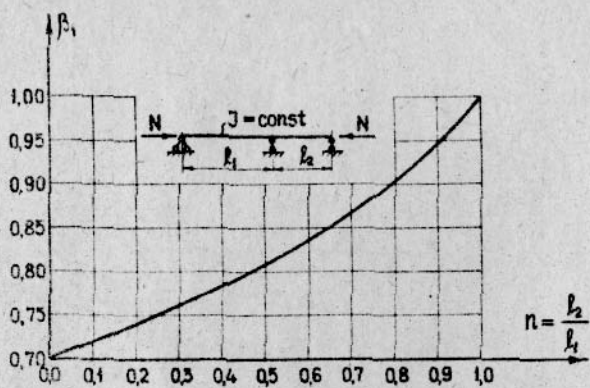


Рис. 49. Задача 79.

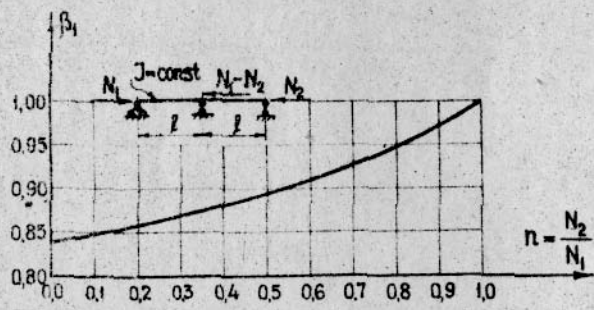


Рис. 50. Задача 80.

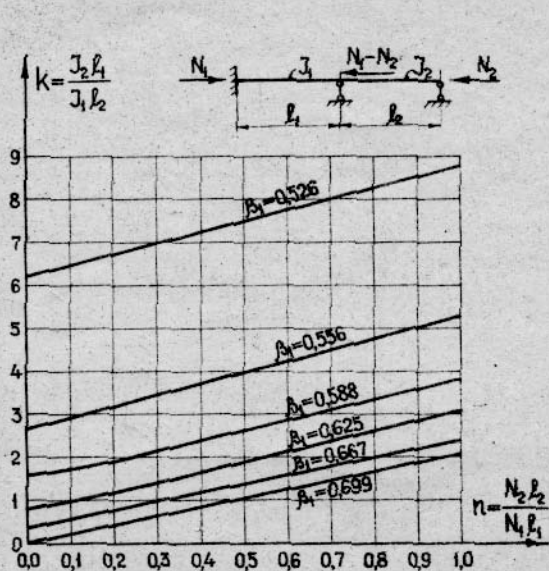


Рис. 51. Задача 82.

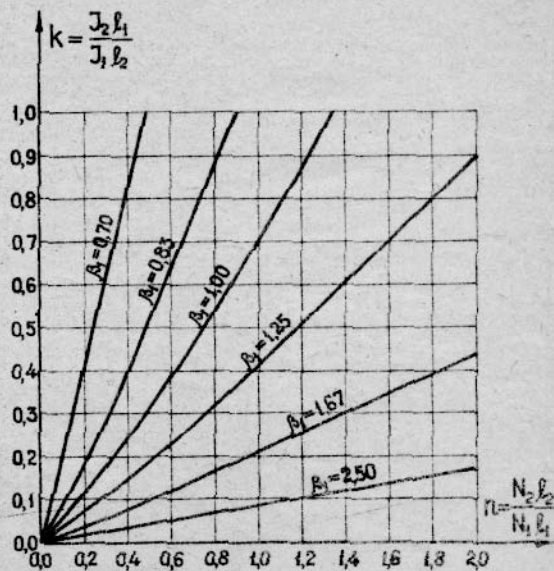


Рис. 52. Задача 82.

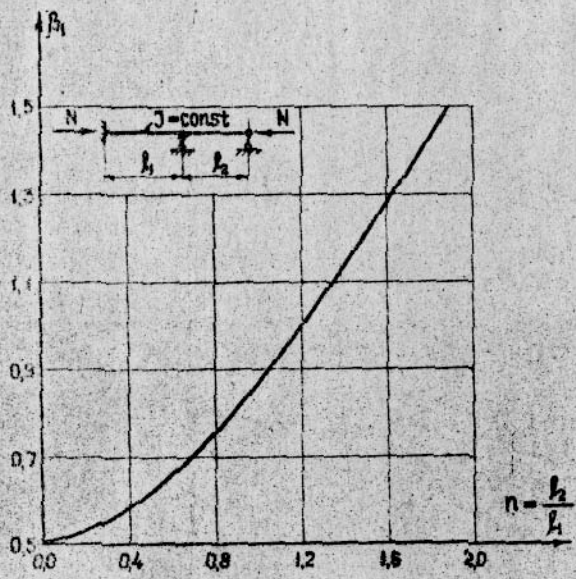


Рис. 53. Задача 85.

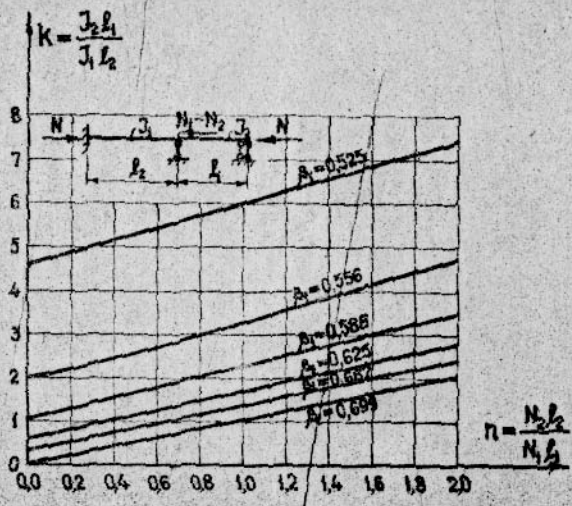


Рис. 54. Задача 87.

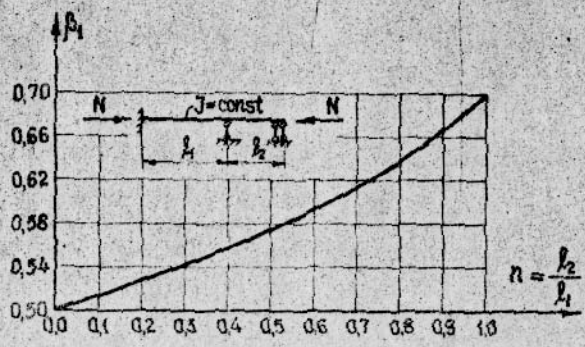


Рис. 55. Задача 89.

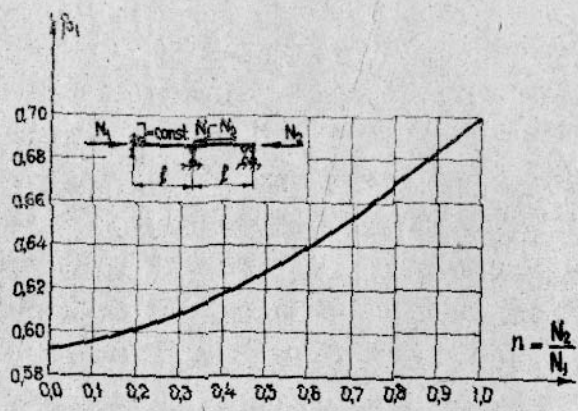


Рис. 56. Задача 90.

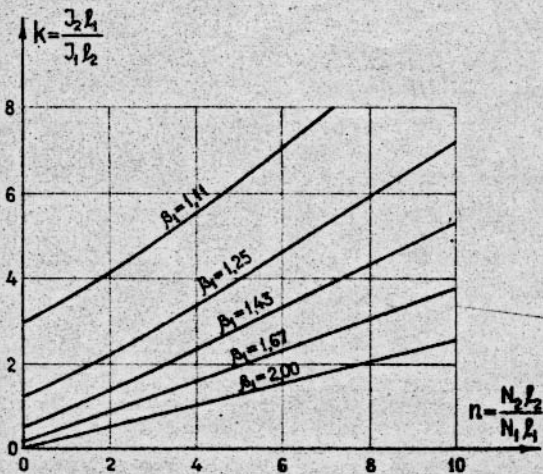


Рис. 57. Задача 92
(также задача 102).

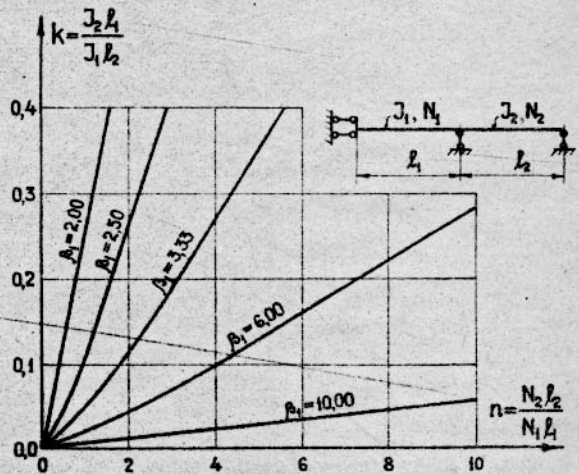


Рис. 58. Задача 92
(также задача 102).

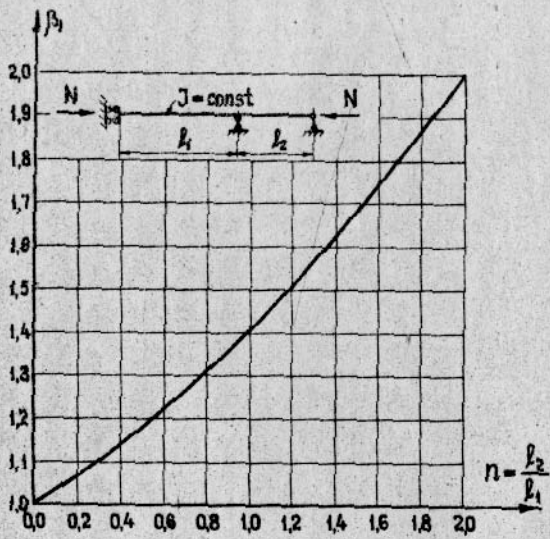


Рис. 59. Задача 95
(также задача 105).

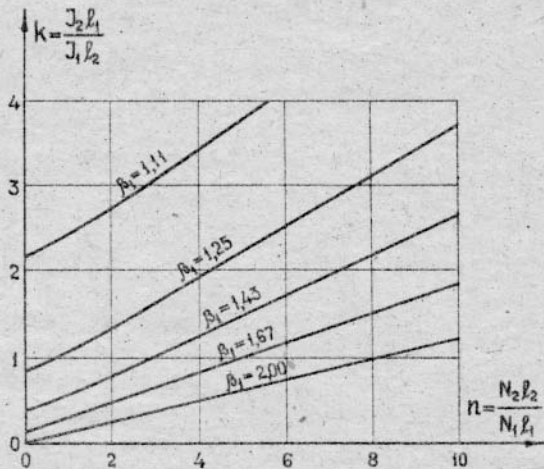


Рис. 60. Задача 97
(также задача 112).

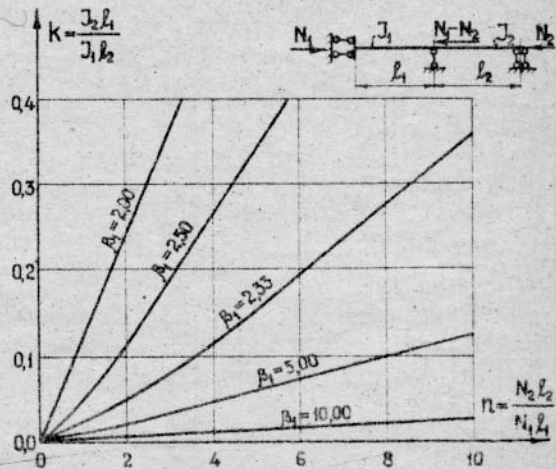


Рис. 61. Задача 97
(также задача 112).

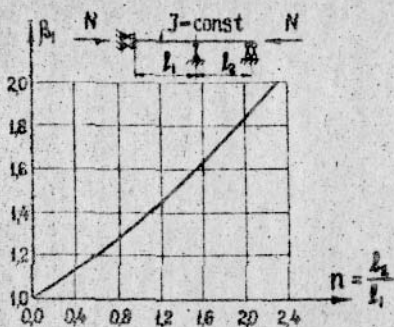


Рис. 62. Задача 100
(также задача 115).

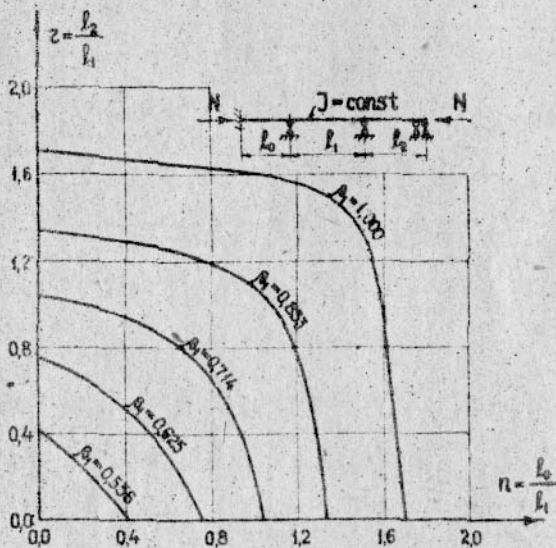


Рис. 63. Задача 120.

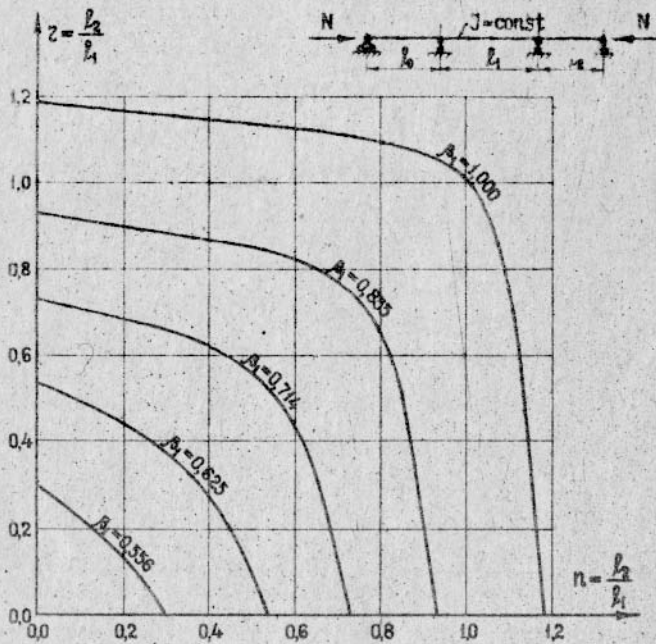


Рис. 64. Задача 110.

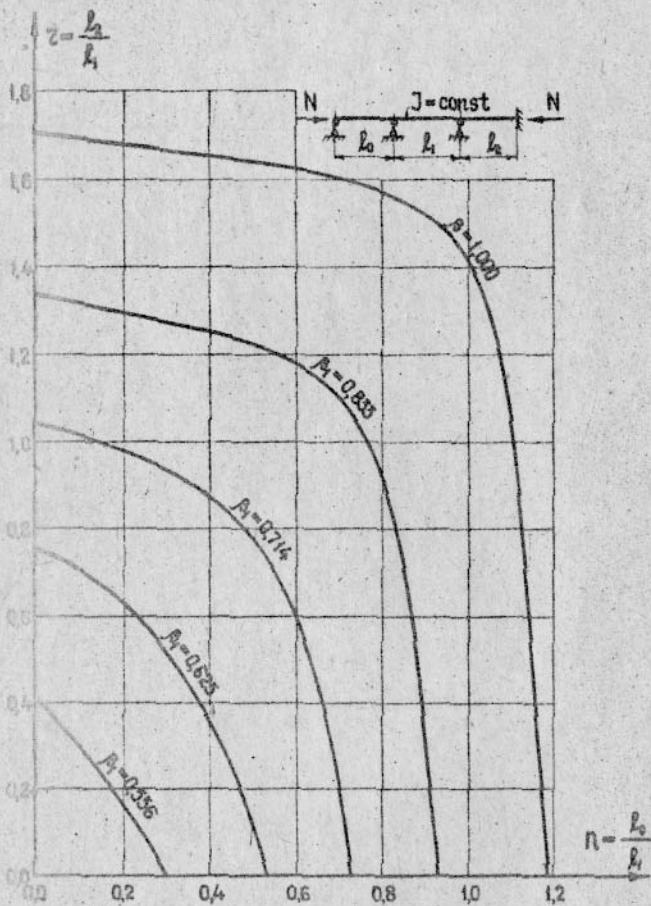


Рис. 65. Задача 122.

Глава пятая

Неразрезные балки на упругих опорах

Рассматривается устойчивость неразрезных балок на упругих (упруго-перемещающихся) опорах и на упруго-вращающихся опорах. Коэффициенты жесткости упругих опор имеют следующий смысл:

1. ν - усилие, соответствующее единичному линейному перемещению упругой опоры. При $\nu = \infty$ опора является жесткой, при $\nu = 0$ опора отсутствует.

2. μ - момент, соответствующий единичному углу поворота упруго-вращающейся опоры. При $\mu = \infty$ опора обеспечивает жесткую заделку (защемление), при $\mu = 0$ сопротивление повороту опорного сечения отсутствует.

Неразрезные балки на крайних жестких и промежуточных упругих опорах

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	кдб β
126	Шарнирно опертая балка с промежуточной упругой опорой.		k $\mu = \frac{\nu l^3}{EJ}$	β по рис. 66 (стр. 85)
	Частные случаи:	При $\nu = 0$ При $\nu = \infty$ При $k = 0,5$	см. задачу 1 см. задачу 79 см. задачу 127	

Регулярные неразрезные балки
на крайних жестких и промежуточных упругих опорах

Задача	Характеристика	С х е м а	Коэффициенты	Код β
127	Регулярная двухпролетная балка на крайних жестких и промежуточных упругих опорах.		$n=2$ $m_{np} = \frac{\nu l^3}{2EJ}$	β по рис. 22 (стр. 30)
128	Регулярная трехпролетная балка на крайних жестких и промежуточных упругих опорах.		$n=3$ $m = \frac{\nu l^3}{EJ}$	β по рис. 67 (стр. 86)
129	Регулярная четырехпролетная балка на крайних жестких и промежуточных упругих опорах.		$n=4$ $m = \frac{\nu l^3}{EJ}$	β по рис. 68 (стр. 87)
130	Регулярная неразрезная балка на крайних жестких и промежуточных упругих опорах при бесконечно большом числе пролетов.		$n=\infty$	β по рис. 69 (стр. 88)

Предельные значения коэффициентов жесткости m_0 (При $m \geq m_0$ $\beta = 1$).

Число пролетов n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	∞
m_0	19,74	29,61	33,70	35,71	36,83	37,52	37,98	38,29	38,51	38,68	38,81	39,48

**Регулярные неразрезные балки
на одной жесткой и прочих упругих опорах**

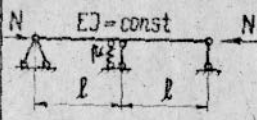
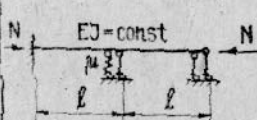
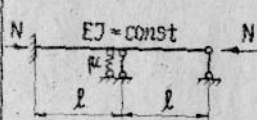
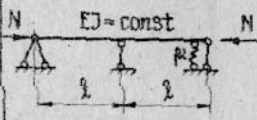
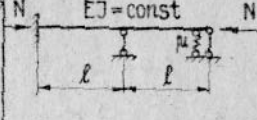
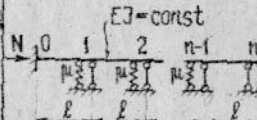
Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Код β
131	Регулярная двухпролетная балка на одной жесткой и прочих упругих опорах.		$n=2$	β по рис. 70 (стр. 89)
132	Регулярная трехпролетная балка на одной жесткой и прочих упругих опорах.		$n=3$	β по рис. 71 (стр. 90)
133	Регулярная четырехпролетная балка на одной жесткой и прочих упругих опорах.		$n=4$	β по рис. 72 (стр. 91)
134	Регулярная неразрезная балка на одной жесткой и прочих упругих опорах при бесконечно большом числе пролетов.		$n=\infty$	β по рис. 69 (стр. 88)

$$m = \frac{v l^3}{EJ}$$

Предельные значения коэффициентов жесткости m_0 (При $m = m_0$ $\beta = 1$).

Число пролетов n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	∞
m_0	9,87	25,84	32,05	34,86	36,34	37,22	37,77	38,15	38,41	38,60	38,75	39,48

Регулярные неразрезные балки на упруго-вращающихся опорах.

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Код β
135	Двухпролетная балка, крайние опоры шарнирно закреплены, средняя опора - упруго-вращающаяся.		$m_{np} = \frac{\mu l}{2EJ}$	β по рис. 25 (стр. 32)
136	Двухпролетная балка, крайние опоры зашпелены, средняя опора - упруго-вращающаяся.		$m_{np} = \frac{\mu l}{2EJ}$	β по рис. 24 (стр. 31)
137	Двухпролетная балка, одна крайняя опора зашпелена, другая шарнирно оперта, средняя опора - упруго-вращающаяся.		$m = \frac{\mu l}{EJ}$	β по рис. 73 (стр. 92.)
138	Двухпролетная балка, одна крайняя опора шарнирно закреплена, другая - упруго-вращающаяся.		$m = \frac{\mu l}{EJ}$	При $m=0$ см. задачу 86.
139	Двухпролетная балка, одна крайняя опора зашпелена, другая - упруго-вращающаяся.		$m_{np} = \frac{2\mu l}{EJ}$	β по рис. 73 (стр. 92.)
140	Многопролетная балка, крайние опоры зашпелены, промежуточные опоры упруго-вращающиеся.		n - число пролетов $m = \frac{\mu l}{EJ}$	β по рис. 75 (стр. 94.)
			При $m=0$ см.	задачу 124

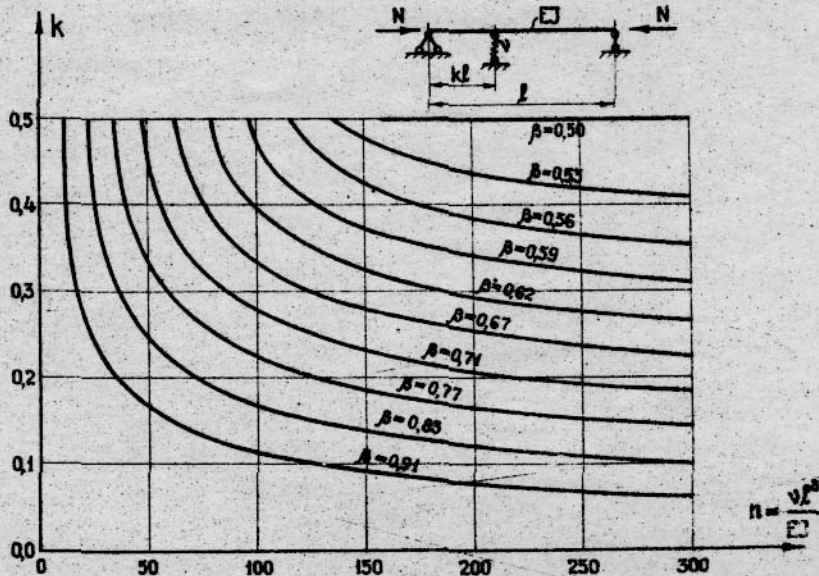


Рис 66. Задача 126.

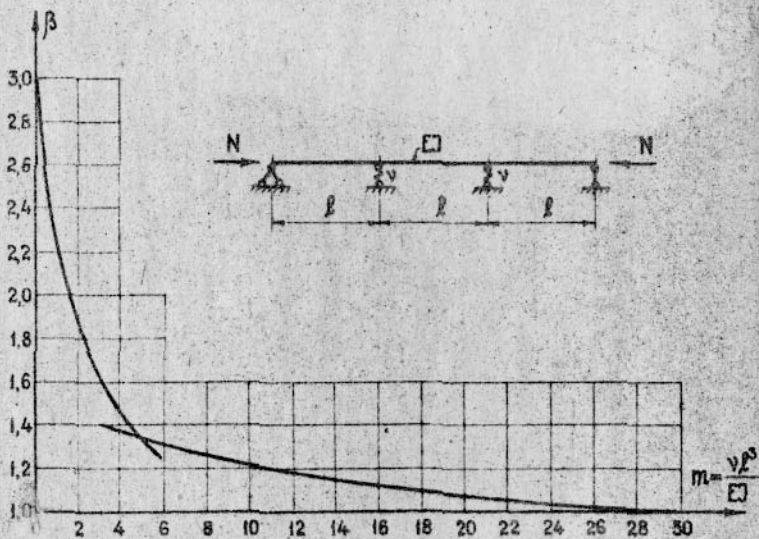


Рис 67. Задача 128.

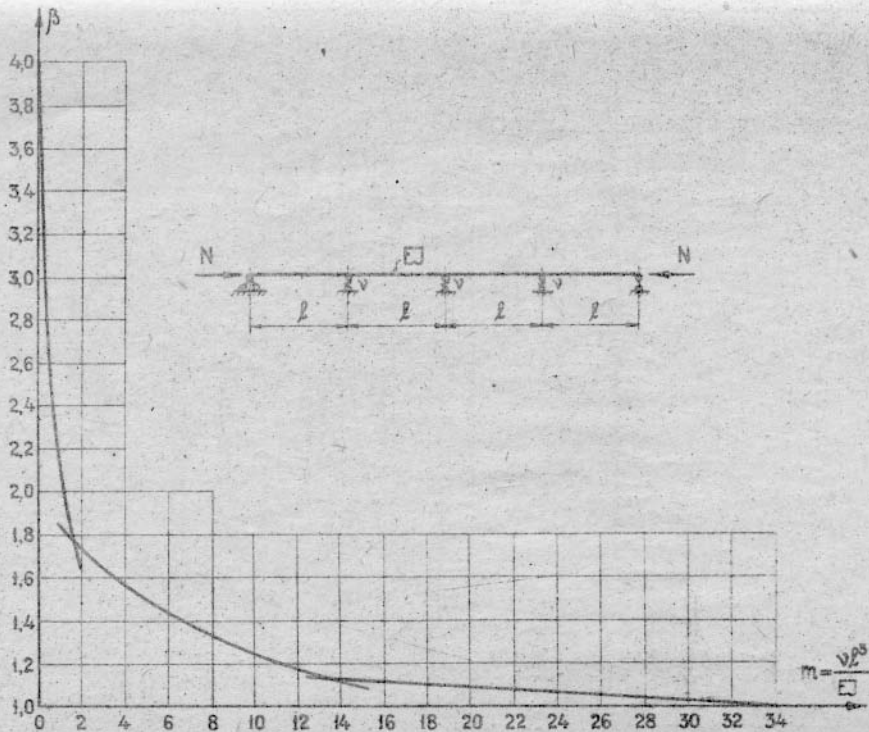


Рис 68. Задача 129.

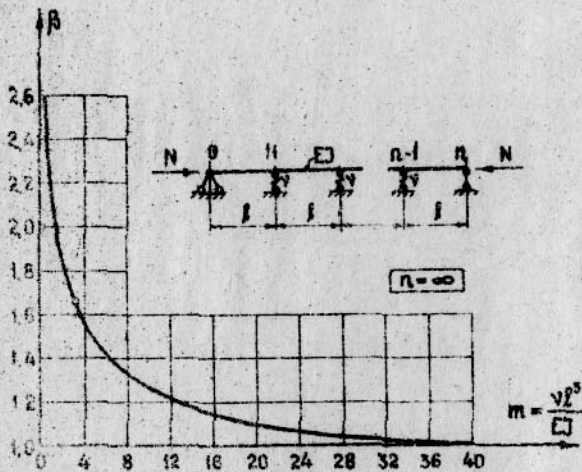


Рис 69. Задача 130
(также задача 134)

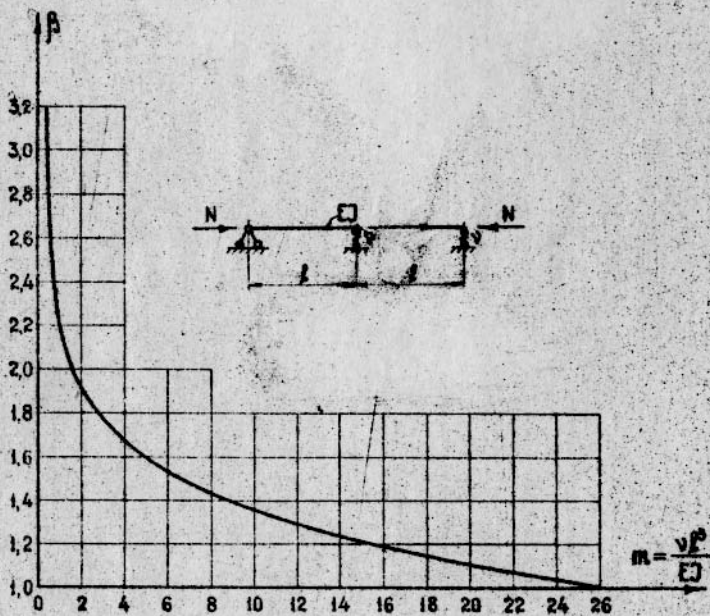


Рис. 70. Задача 131.

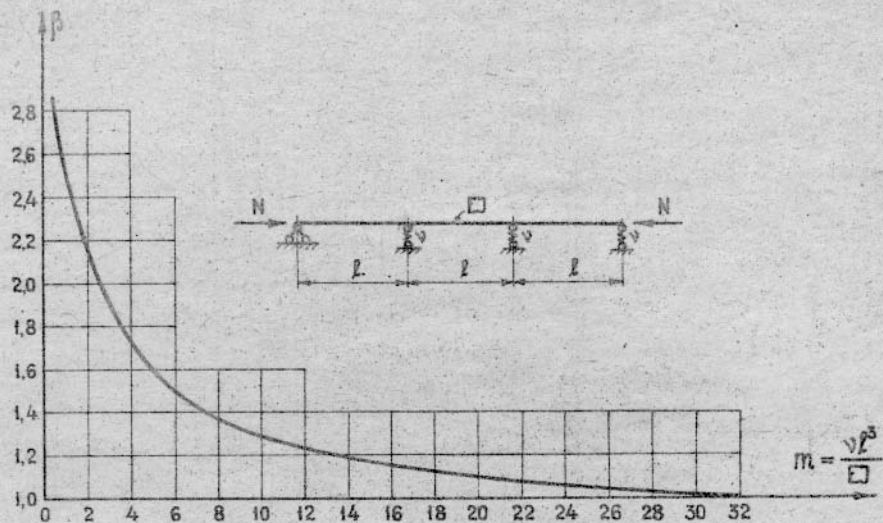


Рис. 71. Задача 152.

$$m = \frac{\nu l^3}{\square}$$

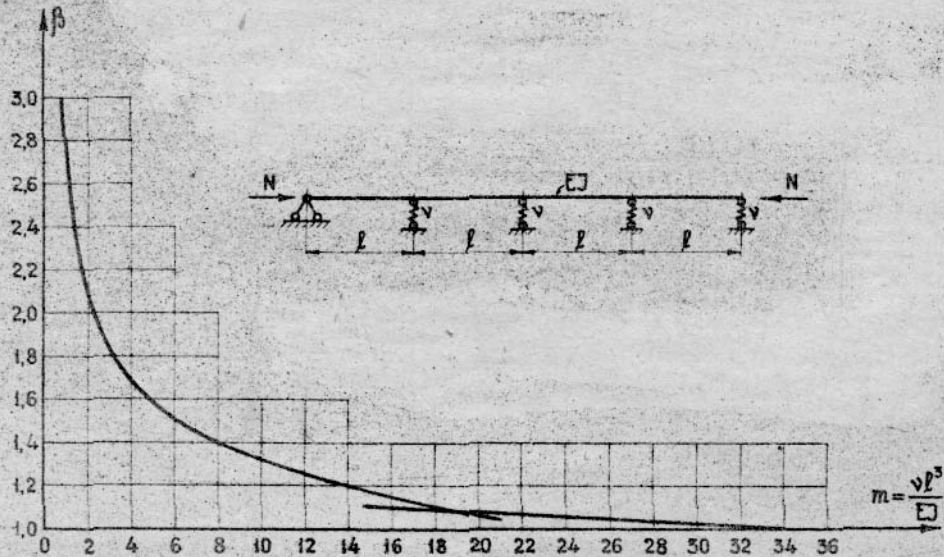


Рис 72. Задача 133.

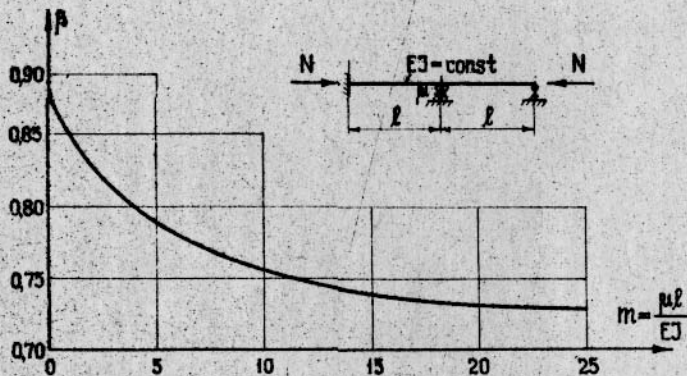


Рис. 73. Задача 137.
(также задача 139 при m_{np} вместо m).

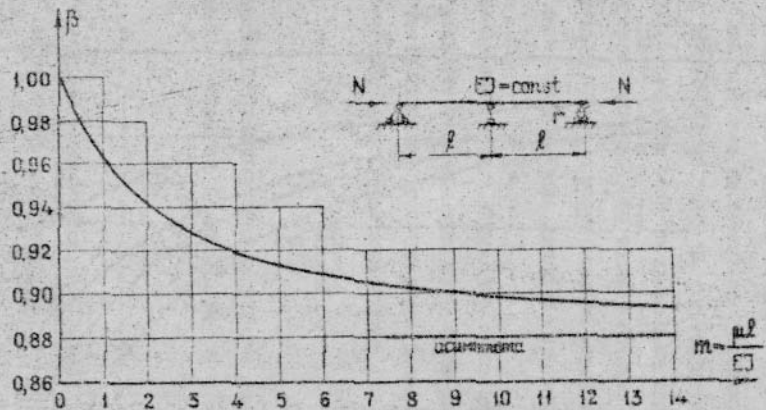


Рис 74. Задача 138.

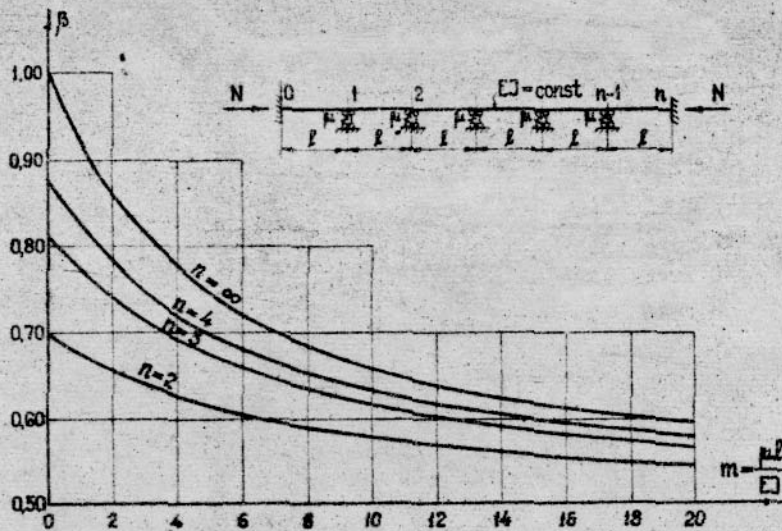


Рис 75. Задача 140.

Глава шестая

Пересекающиеся стержни

Рассматривается устойчивость системы двух стержней, пересекающихся в середине своей длины, а также устойчивость непрерывного стержня, опирающегося на несколько поперечных балок. Такой стержень представляет собой балку на упругих опорах, причем коэффициенты жесткости упругих опор ν зависят не только от жесткости EJ и длины l поперечных балок, но также и от величин продольного усилия S^* в этих балках в момент потери устойчивости, когда сжимающая сила в основном стержне достигнет критического значения N^* .

Определение коэф. ν для задач I45-I48 производится на основе ряда пробных попыток. Задаемся некоторым значением S^* , вычисляем ν и по соответствующему г. афику главы пятой находим коэф. β . Величина критической силы в основном стержне равна

$$N^* = \frac{\pi^2 EJ}{(\beta l)^2}$$

Далее проверяем, выполняется ли условие пропорциональности между продольными усилиями в основном стержне и в поперечных балках

$$\frac{N^*}{S^*} = \frac{N}{S}$$

Если это условие не соблюдено, то следует задаться другим значением S^* и повторить вычисления.

Пересекающиеся стержни

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Код β
141	Пересекающиеся стержни равной длины (перекрестные раскосы фермы с параллельными поясами).		$k = \frac{J'}{J}$ $n = \frac{N'}{N}$	Для стержня J β по рис. 76 (стр. 101) Для стержня J' $\beta' = \sqrt{\frac{k}{n}} \beta$
142	Частный случай задачи 141: жесткости стержней одинаковы ($J' = J$).		$n = \frac{N'}{N}$	Для стержня N β по рис. 77 (стр. 102) Для стержня N' $\beta' = \frac{\beta}{\sqrt{n}}$
143	Частный случай задачи 141: в поддерживающем стержне продольное усилие отсутствует ($N' = 0$).		$k = \frac{J'}{J}$	β по рис. 78 (стр. 103)
144	Частный случай задачи 143: жесткости стержней одинаковы ($J' = J$).			$\beta = 0,713$

Примечания. 1. В задачах 141-145 значения код β не менее 0,5.
 2. В задачах 141, 142, 145 при растянутом поддерживающем стержне $n < 0$.

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Коб β
145	Стержни неравной длины, пересекающиеся в середине их пролетов. см. примечания		$k_{пр} = \frac{J'}{J} \left(\frac{l}{l'}\right)^3$ $n_{пр} = \frac{N'l}{N'l'}$	Для стержня J β по рис. 76 (стр. 101) Для стержня J' $\beta' = \sqrt{\frac{k}{n}} \beta$

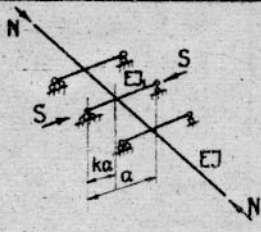
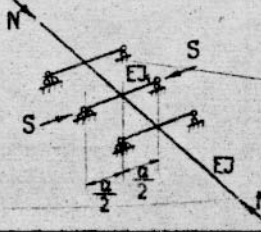
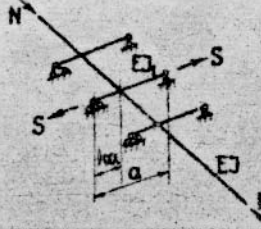
Шарнирно присоединенные стержни

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Коб β и критич. сила
146	Сжатый стержень с двумя шарнирно присоединенными стержнями.		$k (k \leq 0,5)$ $n = \frac{N}{S} \frac{ab}{l(a+b)}$	β по рис. 80 (стр. 104) $S^* = \frac{S}{N} \frac{\pi^2 EJ}{(\beta l)^2}$
147	Частный случай задачи 146: примыкание в середине пролета.		$n = \frac{N}{S} \frac{ab}{l(a+b)}$	β по рис. 79 (стр. 103) $S^* = \frac{S}{N} \frac{\pi^2 EJ}{(\beta l)^2}$
148	Частный случай задачи 146: сжимающая сила в примыкающих стержнях отсутствует ($S=0$).		Сравни задачу 1	$\beta = 1,0$

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Критическая сила
149	Частный случай задачи 146: сжаты только шарнирно присоединенные стержни.		Сравни задачу 43 при $N_1 = N_2 = S$	$S^* = \frac{3EI}{l^2 k^2 (1-k)^2} \cdot \frac{ab}{a+b}$
150	Частный случай задачи 149: прямые в середине пролета ($k=0,5$).		Сравни задачу 43 при $N_1 = N_2 = S$	$S^* = \frac{48EI}{l^3} \cdot \frac{ab}{a+b}$
151	Частный случай задачи 150: длины шарнирно присоединенных стержней одинаковы ($a=b$).		Сравни задачу 44	$S^* = \frac{24EJa}{l^3}$

Примечание. В задачах 146-147, 149-151 сжатые шарнирно присоединенные стержни рассчитываются со свободными длинами a и b . Кроме того, должен быть обеспечен запас устойчивости системы по отношению к критической силе S^* .

Стержень, опирающийся на поперечные балки

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициент жесткости упругой опоры	Код β
152	Сжатый стержень, опирающийся на сжатые поперечные балки.		$u = \sqrt{\frac{S^*}{EJ_1}} a \quad (\text{см. примечание на стр. 100})$ $v = \frac{S^*}{a \left[\frac{\sin ku \sin(1-u)u}{u \sin u} - k(1-k) \right]}$	см. задачи 126-134
153	Частный случай задачи 152: опирание в середине пролета поперечных балок ($k=0,5$).		$u = \sqrt{\frac{S^*}{EJ_1}} a \quad (\text{см. примечание на стр. 100})$ $v = \frac{4S^*}{a \left(\frac{2}{u} \operatorname{tg} \frac{u}{2} - 1 \right)}$	см. задачи 126-134
154	Сжатый стержень, опирающийся на растянутые поперечные балки.		$u = \sqrt{\frac{S^*}{EJ_1}} a \quad (\text{см. примечание на стр. 100})$ $v = \frac{S^*}{a \left[k(1-k) - \frac{\operatorname{sh} ku \operatorname{sh}(1-k)u}{u \operatorname{sh} u} \right]}$	см. задачи 126-134

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициент жесткости упругой опоры	Код β
155	Частный случай задачи 154: опирание в середине пролета поперечных балок ($k=0,5$).		$u = \sqrt{\frac{S^*}{EJ_1}} a \quad (\text{см. примечание})$ $v = \frac{4S^*}{a \left(1 - \frac{2}{u} \operatorname{th} \frac{u}{1}\right)}$	126 - 134
156	Частный случай задач 152 и 154: продольное усилие в поперечных балках отсутствует ($S=0$).		$v = \frac{3EJ_1}{a^3 k^2 (1-k)^2}$	задачи
157	Частный случай задачи 156: опирание в середине пролета поперечных балок ($k=0,5$).		$v = \frac{48EJ_1}{a^3}$	см.

Примечание. В задачах 152-155 величина S^* принимается соответствующей состоянию потери устойчивости системы.

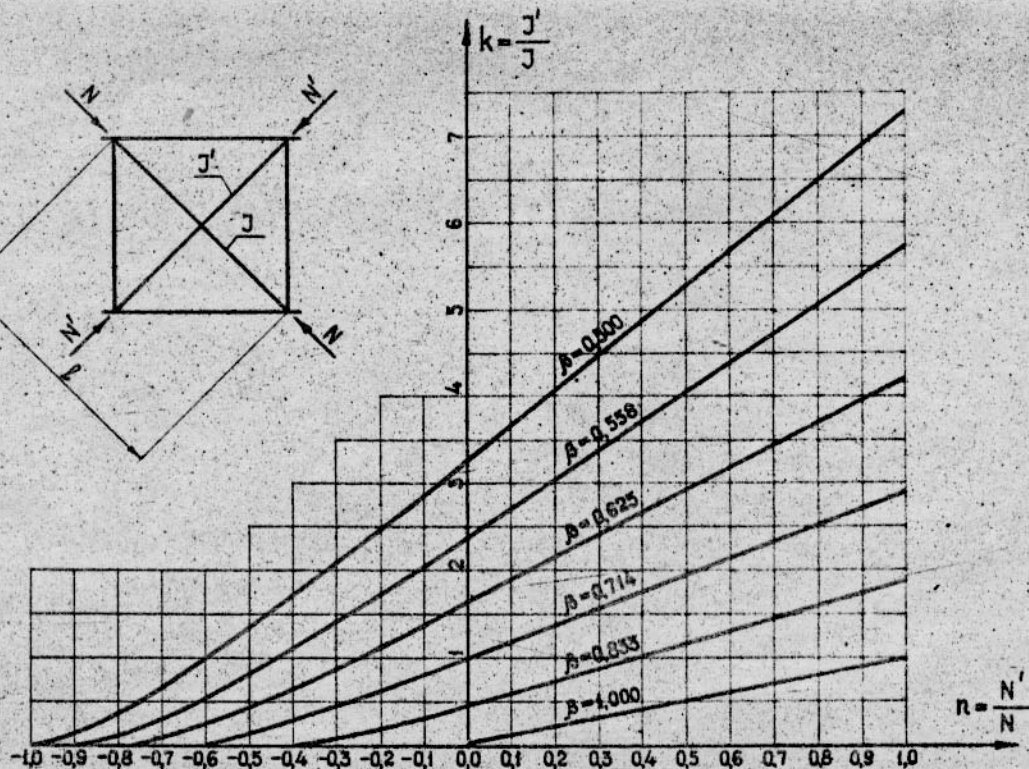
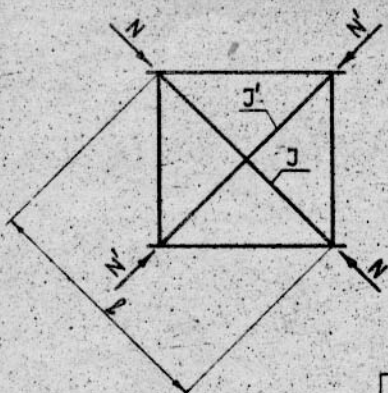


Рис 76. Задача 141. (также задача 145 при $\Pi_{пр}$ и $K_{пр}$ вместо n и k).

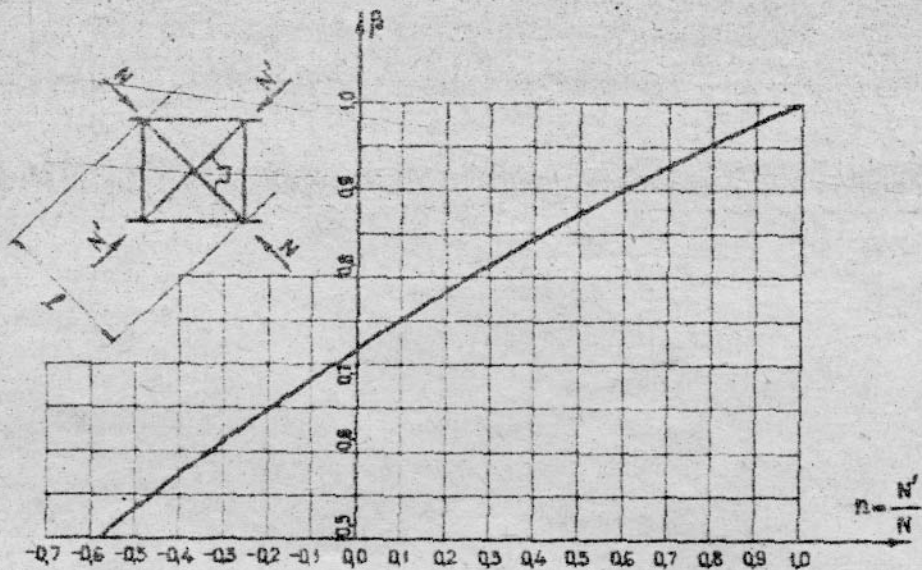


Рис. 77. Задача 142.

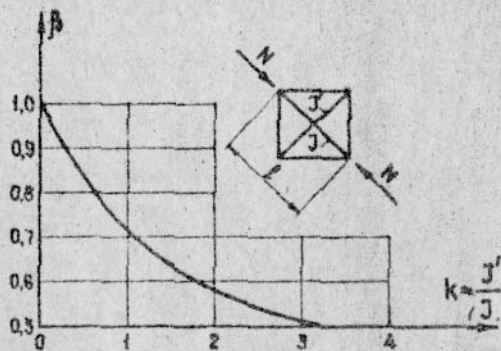


Рис. 78. Задача 143.

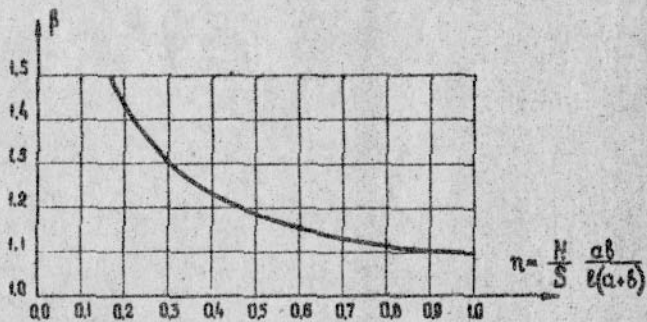


Рис. 79. Задача 147.

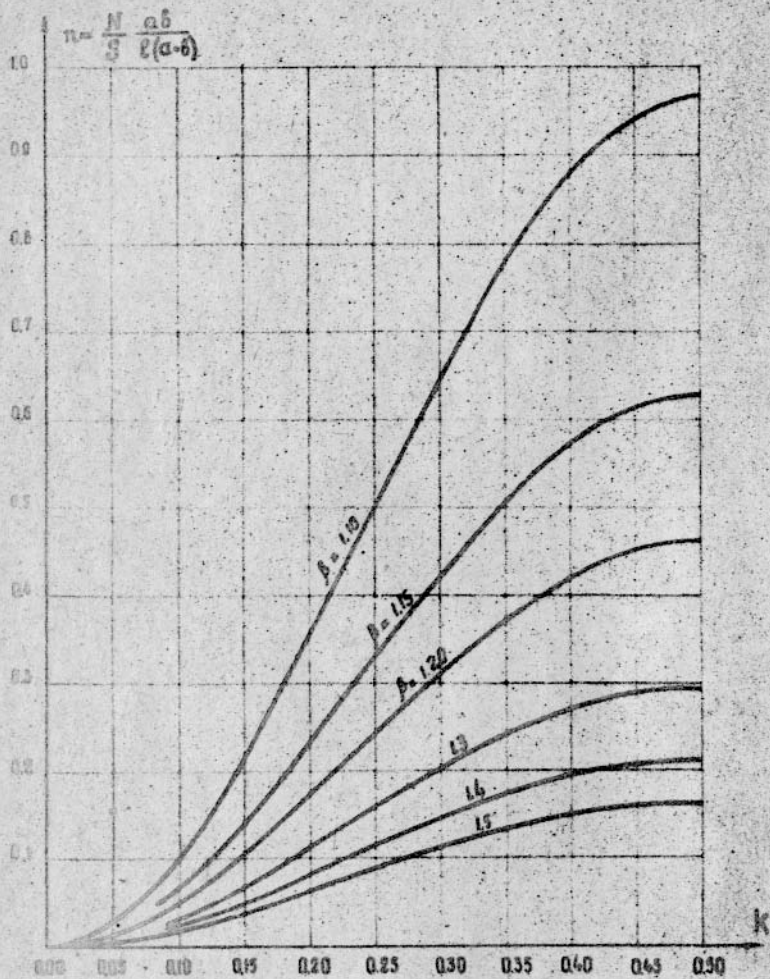


Рис. 80. Задача 146.

Глава седьмая

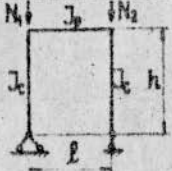
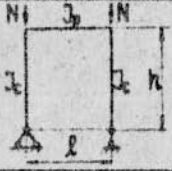
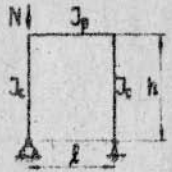
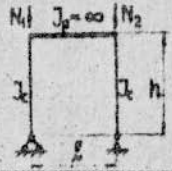
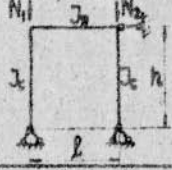

Одноэтажные рамы

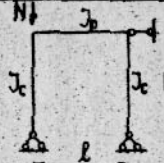
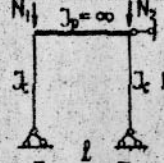
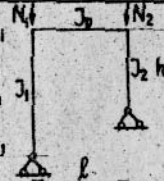

Замкнутые рамы

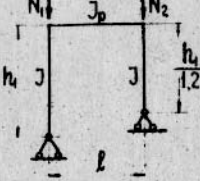
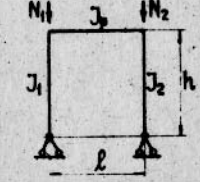
Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Код β
158	Замкнутая правильная треугольная рама.			$\beta = 0,814$
159	Замкнутая прямоугольная симметричная рама с несмещающимися узлами		$k = \frac{J_2 l_1}{J_1 l_2}$ $n = \frac{N_2 l_2}{N_1 l_1}$	β_1 по рис 81 (стр. 123) $\beta_2 = \sqrt{\frac{k}{n}} \beta_1$
160	Частный случай задачи 159: $\frac{J_1}{J_2} = \frac{N_2}{N_1}$ ($kn = 1$).	см. схему задачи 159	$k = \frac{J_2 l_1}{J_1 l_2}$	$\beta_1 = \frac{1+k}{2k}$ $\beta_2 = \frac{1+k}{2}$
161	Частный случай задачи 159: правильная рама, сжимающие силы во всех элементах равны ($l_1 = l_2 = l$, $J_1 = J_2 = J$, $N_1 = N_2 = N$).			$\beta = 1,0$
162	Частный случай задачи 159: сжимающая сила в горизонтальных элементах отсутствует ($N_2 = 0$).		$n = \frac{2J_2 l_1}{J_1 l_2}$	β по рис. 20 (стр. 29)

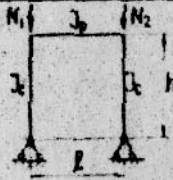
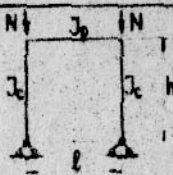
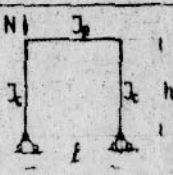
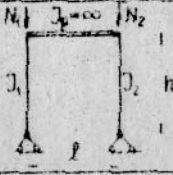
Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Код β
163	Частный случай задачи 162: правильная рама ($l_1 = l_2 = l, J_1 = J_2 = J$).			$\beta = 0,773$
164	Замкнутая прямоугольная симметричная рама со сдвигающимися узлами.		$k = \frac{J_2 l_1}{J_1 l_2}$ $n = \frac{N_2 l_2}{N_1 l_1}$	β_1 по рис. 82 (стр. 124) $\beta_2 = \sqrt{\frac{k}{n}} \beta_1$
165	Частный случай задачи 164: правильная рама, сжимающие силы во всех элементах равны ($l_1 = l_2 = l, J_1 = J_2 = J, N_1 = N_2 = N$).			$\beta = 1,347$
166	Частный случай задачи 164: сжимающая сила в горизонтальных элементах отсутствует ($N_2 = 0$).		$m = \frac{6J_2 l_1}{J_1 l_2}$	β по рис. 21 (стр. 30)
167	Частный случай задачи 166: правильная рама ($l_1 = l_2 = l, J_1 = J_2 = J$).			$\beta = 1,318$


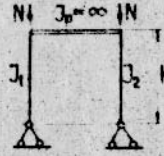
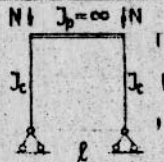
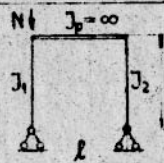
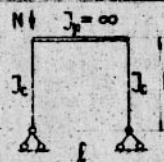
Однопролётные рамы с шарнирно закреплёнными стойками

задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Ксб β
168	П-образная рама, одна стойка шарнирно закреплена, другая шарнирно оперта.		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 83 (стр. 125) $\beta_2 = \frac{\beta_1}{\sqrt{n}}$
169	Частный случай задачи 168: сжимающие силы в стойках равны ($N_1 = N_2 = N$).		$m = \frac{2J_p h}{J_c l}$	β по рис. 26 (стр. 32)
170	Частный случай задачи 168: сжимающая сила во второй стойке отсутствует ($N_2 = 0$).		$m = \frac{3J_p h}{J_c l}$	β по рис. 26 (стр. 32)
171	Частный случай задачи 168: бесконечно жесткий ригель ($J_p = \infty$).			$\beta_1 = 2$ $\beta_2 = 2$
172	П-образная рама с несмещающимися узлами, стойки шарнирно закреплены.		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 84 (стр. 126) $\beta_2 = \frac{\beta_1}{\sqrt{n}}$
173	Частный случай задачи 172: сжимающие силы в стойках равны ($N_1 = N_2 = N$).		$m = \frac{2J_p h}{J_c l}$	β по рис. 25 (стр. 32)

Задача	Характеристика	Схема	Ковариантенты	Код β
174	Частный случай задачи 172: сжимающая сила во второй стойке отсутствует ($N_2=0$)		$m = 12k \frac{k+1}{4k+3}$	β по рис. 25 (стр. 32)
175	Частный случай задачи 172: бесконечно жесткий ригель ($J_p = \infty$).			$\beta_1 = 0.7$ $\beta_2 = 0.7$
176	Несимметричная П-образная рама, стойки шарнирно закреплены.		$p = \frac{h_1}{h_2}$	см. задачи 177-198.
177	Частный случай задачи 176: $h_1 = 1,2 h_2$ ($p = 1,2$)		$m = \frac{J_2}{J_1}$	см. задачи 178-183.
178	Частный случай задачи 177: $J_2 = 0,5 J_1$ ($m = 0,5$)	см. схему задачи 177.	$k = \frac{J_p h_1}{J_1 l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 85 (стр. 127) $\beta_2 = \frac{0,848}{\sqrt{n}} \beta_1$
179	Частный случай задачи 177: $J_2 = 0,6 J_1$ ($m = 0,6$)	см. схему задачи 177.	$k = \frac{J_p h_1}{J_1 l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 87 (стр. 128) $\beta_2 = \frac{0,930}{\sqrt{n}} \beta_1$

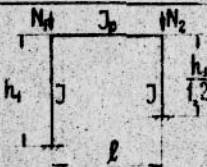
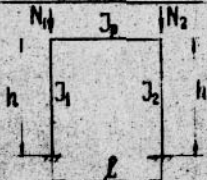
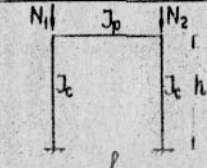
Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Код β
180	Частный случай задачи 177: $J_2 = 0,7J_1$ ($m=0,7$)	см. схему задачи 177.	$k = \frac{J_p h_1}{J_1 l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 88 (стр. 128) $\beta_2 = \frac{1,004}{\sqrt{n}} \beta_1$
181	Частный случай задачи 177: $J_2 = 0,8J_1$ ($m=0,8$)	см. схему задачи 177.	$k = \frac{J_p h_1}{J_1 l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 89 (стр. 129) $\beta_2 = \frac{1,073}{\sqrt{n}} \beta_1$
182	Частный случай задачи 177: $J_2 = 0,9J_1$ ($m=0,9$)	см. схему задачи 177.	$k = \frac{J_p h_1}{J_1 l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 90 (стр. 129) $\beta_2 = \frac{1,138}{\sqrt{n}} \beta_1$
183	Частный случай задачи 177: жесткости стоек равны $J_2 = J_1 = J$ ($m=1,0$)		$k = \frac{J_p h_1}{J l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 86 (стр. 127) $\beta_2 = \frac{1,2}{\sqrt{n}} \beta_1$
184	Частный случай задачи 176: стойки равной высоты $h_1 = h_2 = h$ $(p=1)$		$m = \frac{J_2}{J_1}$	см. задачи 185-198
185	Частный случай задачи 184: $J_2 = 0,5J_1$ $(m=0,5)$	см. схему задачи 184.	$k = \frac{J_p h}{J_1 l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 91 (стр. 130) $\beta_2 = \frac{0,707}{\sqrt{n}} \beta_1$
186	Частный случай задачи 184: $J_2 = 0,6J_1$ $(m=0,6)$	см. схему задачи 184.	$k = \frac{J_p h}{J_1 l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 93 (стр. 131) $\beta_2 = \frac{0,775}{\sqrt{n}} \beta_1$


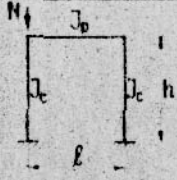
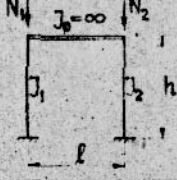
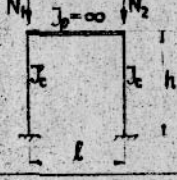
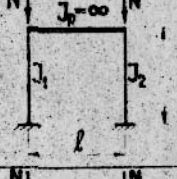

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Код β
187	Частный случай задачи 184: $J_2 = 0,7 J_1$ $(m = 0,7)$	см. схему задачи 184	$k = \frac{J_1 h}{J_2 l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 94 (стр. 131) $\beta_2 = \frac{0,837}{\sqrt{n}} \beta_1$
188	Частный случай задачи 184: $J_2 = 0,8 J_1$ $(m = 0,8)$	см. схему задачи 184.	$k = \frac{J_1 h}{J_2 l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 95 (стр. 132) $\beta_2 = \frac{0,894}{\sqrt{n}} \beta_1$
189	Частный случай задачи 184: $J_2 = 0,9 J_1$ $(m = 0,9)$	см. схему задачи 184.	$k = \frac{J_1 h}{J_2 l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 96 (стр. 132) $\beta_2 = \frac{0,949}{\sqrt{n}} \beta_1$
190	Частный случай задачи 184: жесткости стоек равны $J_2 = J_1 = J_0$ $(m = 1,0)$		$k = \frac{J_p h}{J_0 l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 92 (стр. 130) $\beta_2 = \frac{\beta_1}{\sqrt{n}}$
191	Частный случай задачи 190: сжимающие силы в стойках равны $N_1 = N_2 = N$ ($n = 1$).		$k = \frac{J_p h}{J_0 l}$	β по рис. 97 (стр. 133)
192	Частный случай задачи 190: сжимающая сила во второй стойке отсутствует $N_2 = 0$ ($n = 0$)		$k = \frac{J_p h}{J_0 l}$	β по рис. 97 (стр. 133)
193	Частный случай задачи 184: бесконечно жесткий ригель ($J_p = \infty$)		$m = \frac{J_2}{J_1}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	$\beta_1 = 2 \sqrt{\frac{1+n}{1+m}}$ $\beta_2 = \sqrt{\frac{m}{n}} \beta_1$

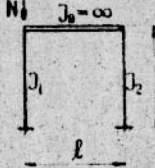
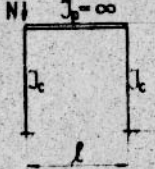
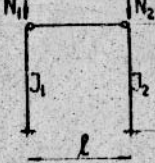
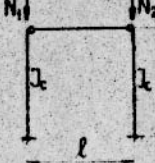


Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Ков β
194	Частный случай задачи 193 жесткости стоек равны $J_1 = J_2 = J_c$ $(m=1)$			$\beta_1 = 2\sqrt{\frac{N_1 + N_2}{2N_1}}$ $\beta_2 = 2\sqrt{\frac{N_1 + N_2}{2N_2}}$
195	Частный случай задачи 193: сжимающие силы в стойках равны $N_1 = N_2 = N$ $(n=1)$			$\beta_1 = 2\sqrt{\frac{2J_1}{J_1 + J_2}}$ $\beta_2 = 2\sqrt{\frac{2J_2}{J_1 + J_2}}$
196	Частный случай задачи 195: жесткости стоек равны $J_1 = J_2 = J_c$ $(m=1)$			$\beta = 2$
197	Частный случай задачи 193 сжимающая сила во второй стойке отсутствует $N_2 = 0$ $(n=0)$			$\beta = 2\sqrt{\frac{J_1}{J_1 + J_2}}$
198	Частный случай задачи 197: жесткости стоек равны $J_1 = J_2 = J_c$ $(m=1)$			$\beta = 1,414$

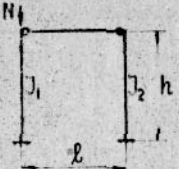
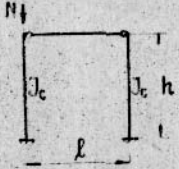
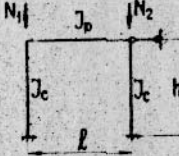
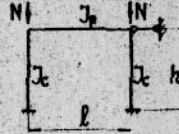

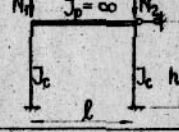
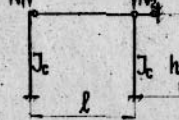
Однопролетные рамы с заземленными стойками

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Код β
199	П-образная рама, одна стойка имеет неподвижное, другая - подвижное заземление.		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 98 (стр. 134) $\beta_2 = \frac{\beta_1}{\sqrt{n}}$
200	Частный случай задачи 199: сжимающие силы в стойках равны $N_1 = N_2 = N$ ($n = 1$).		$m = \frac{2J_p h}{J_c l}$	β по рис. 19 (стр. 29)
201	Частный случай задачи 199: сжимающая сила во второй стойке отсутствует $N_2 = 0$ ($n = 0$).		$m = 4k \frac{3k+1}{4k+1}$	β по рис. 19 (стр. 29)
202	Частный случай задачи 199: бесконечно жесткий ригель ($J_p = \infty$).			$\beta_1 = 1$ $\beta_2 = 1$
203	Несимметричная П-образная рама, стойки заземлены.		$\rho = \frac{h_1}{h_2}$	см. задачи 204-225
204	Частный случай задачи 203: $h_1 = 1,2 h_2$ ($\rho = 1,2$).		$m = \frac{J_2}{J_1}$	см. задачи 205, 206

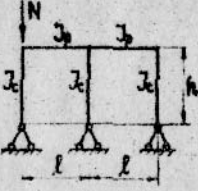
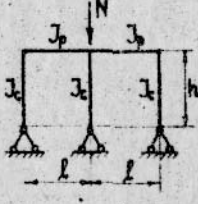
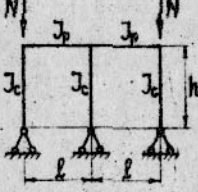
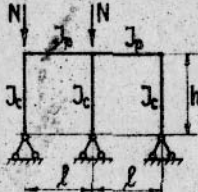
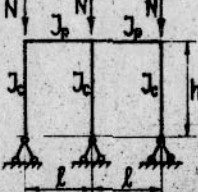
Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Код β
205	Частный случай задачи 204: $J_2 = 0,5J_1$ ($m=0,5$).	см. схему задачи 204	$k = \frac{J_p h_1}{J_1 l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 99 (стр. 135) $\beta_2 = \frac{0,848}{\sqrt{n}} \beta_1$
206	Частный случай задачи 204: жесткости стоек равны $J_2 = J_1 = J$ ($m=1,0$).		$k = \frac{J_p h_1}{J l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 100 (стр. 135) $\beta_2 = \frac{1,2}{\sqrt{n}} \beta_1$
207	Частный случай задачи 203: стойки равной высоты $h_1 = h_2 = h$ ($p=1$).		$m = \frac{J_2}{J_1}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$ $k = \frac{J_p h}{J_1 l}$	$\beta_1 = \frac{2,5k}{1+5k} \sqrt{\frac{1+n}{1+m}}$ $\beta_2 = \sqrt{\frac{m}{n}} \beta_1$ см. также задачи 208-225
208	Частный случай задачи 207: $J_2 = 0,5J_1$ ($m=0,5$)	см. схему задачи 207.	$k = \frac{J_p h}{J_1 l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β по рис. 101 (стр. 136) $\beta_2 = \frac{0,707}{\sqrt{n}} \beta_1$
209	Частный случай задачи 207: $J_2 = 0,8J_1$ ($m=0,8$).	см. схему задачи 207.	$k = \frac{J_p h}{J_1 l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 102 (стр. 136) $\beta_2 = \frac{0,894}{\sqrt{n}} \beta_1$
210	Частный случай задачи 207: $J_2 = 0,9J_1$ ($m=0,9$).	см. схему задачи 207.	$k = \frac{J_p h}{J_1 l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	β_1 по рис. 103 (стр. 137) $\beta_2 = \frac{0,949}{\sqrt{n}} \beta_1$
211	Частный случай задачи 207: жесткости стоек равны $J_2 = J_1 = J_c$ ($m=1,0$).		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	$\beta_1 = \frac{2+5k}{1+5k} \sqrt{\frac{1+n}{2}}$ или по рис. 104 (стр. 137) $\beta_2 = \frac{\beta_1}{\sqrt{n}}$

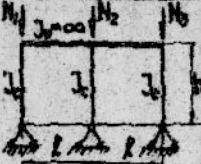
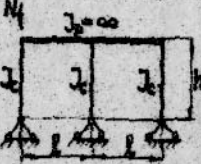


Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	код β
212	Частный случай задачи 211: сжимающие силы в стойках равны $N_1 = N_2 = N$ ($n=1$).		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	$\beta = \frac{2+5k}{1+5k}$ или по рис. 105 (стр. 138)
213	Частный случай задачи 211: сжимающая сила во второй стойке отсутствует $N_2 = 0$ ($n=0$).		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	$\beta = 0,707 \frac{2+5k}{1+5k}$ или по рис. 105 (стр. 138)
214	Частный случай задачи 207: бесконечно жесткий ригель ($J_p = \infty$).		$m = \frac{J_2}{J_1}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	$\beta_1 = \sqrt{\frac{1+n}{1+m}}$ $\beta_2 = \sqrt{\frac{m}{n}} \beta_1$
215	Частный случай задачи 214: жесткости стоек равны $J_1 = J_2 = J_c$ ($m=1$).		$n = \frac{N_2}{N_1}$	$\beta_1 = \sqrt{\frac{1+n}{2}}$ $\beta_2 = \frac{\beta_1}{\sqrt{n}}$
216	Частный случай задачи 214: сжимающие силы в стойках равны $N_1 = N_2 = N$ ($n=1$).			$\beta_1 = \sqrt{\frac{2J_1}{J_1+J_2}}$ $\beta_2 = \sqrt{\frac{2J_2}{J_1+J_2}}$
217	Частный случай задачи 216: жесткости стоек равны $J_1 = J_2 = J_c$ ($m=1$).			$\beta = 1$

Задача	Характеристика	Схема	коэффициенты	коэф β
218	Частный случай задачи 214: сжимающая сила во второй стойке отсутствует $N_2=0$ ($n=0$).			$\beta = \sqrt{\frac{J_1}{J_1 + J_2}}$
219	Частный случай задачи 218: жесткости стоек равны $J_1 = J_2 = J_c$ ($m=1$).			$\beta = 0,707$
220	Частный случай задачи 207: жесткость ригеля равна нулю ($J_p=0$).		$m = \frac{J_2}{J_1}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$ сравни задачи 193.	$\beta_1 = 2 \sqrt{\frac{1+n}{1+m}}$ $\beta_2 = \sqrt{\frac{m}{n}} \beta_1$
221	Частный случай задачи 220: жесткости стоек $J_1 = J_2 = J_c$ ($m=1$).		$n = \frac{N_2}{N_1}$ сравни задачи 194.	$\beta_1 = 2 \sqrt{\frac{1+n}{2}}$ $\beta_2 = \frac{\beta_1}{\sqrt{n}}$
222	Частный случай задачи 220: сжимающие силы в стойках равны $N_1 = N_2 = N$ ($n=1$).		$m = \frac{J_2}{J_1}$ сравни задачи 195.	$\beta_1 = 2 \sqrt{\frac{2}{1+m}}$ $\beta_2 = \sqrt{m} \beta_1$
223	Частный случай задачи 222: жесткости стоек равны $J_1 = J_2 = J_c$ ($m=1$).		сравни задачи 196.	$\beta = 2$

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Ксд β
224	Частный случай задачи 220: сжимающая сила во второй стойке отсутствует $N_2 = 0$ ($n = 0$).		$m = \frac{J_2}{J_1}$ <p>сравни задачу 197.</p>	$\beta = \frac{2}{\sqrt{1+m}}$
225	Частный случай задачи 224: жесткости стоек равны $J_1 = J_2 = J_c$ ($m = 1$).		<p>сравни задачу 198.</p>	$\beta = 1,414$
226	Симметричная П-образная рама с несмещающимися узлами, стойки защемлены.		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$ $n = \frac{N_2}{N_1}$	$\beta_1 \text{ по рис. 106 (стр. 139)}$ $\beta_2 = \frac{\beta_1}{\sqrt{n}}$
227	Частный случай задачи 226: сжимающие силы в стойках равны $N_1 = N_2 = N$ ($n = 1$).		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	$\beta \text{ по рис. 107 (стр. 140)}$
228	Частный случай задачи 226: сжимающая сила во второй стойке отсутствует $N_2 = 0$ ($n = 0$).		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	$\beta \text{ по рис. 107 (стр. 140)}$
229	Частный случай задачи 226: бесконечно жесткий ригель ($J_p = \infty$).			$\beta_1 = 0,5$ $\beta_2 = 0,5$
230	Частный случай задачи 226: жесткость ригеля равна нулю ($J_p = 0$).			$\beta_1 = 0,7$ $\beta_2 = 0,7$

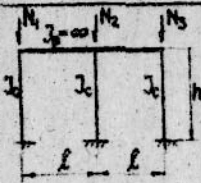
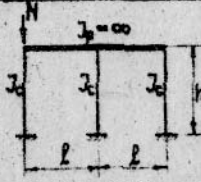

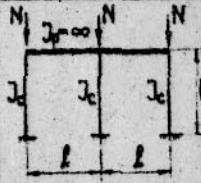
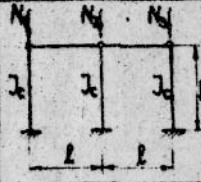
Двухпролетная рама с шарнирно закрепленными стойками

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Код β
231	Двухпролетная рама с шарнирно закрепленными стойками, сжата крайняя стойка.		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	β по рис. 108 (стр. 141)
232	Двухпролетная рама с шарнирно закрепленными стойками, сжата средняя стойка.		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	β по рис. 108 (стр. 141)
233	Двухпролетная рама с шарнирно закрепленными стойками, сжаты две крайние стойки.		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	β по рис. 109 (стр. 142)
234	Двухпролетная рама с шарнирно закрепленными стойками, сжаты две смежные стойки.		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	β по рис. 109 (стр. 142)
235	Двухпролетная рама с шарнирно закрепленными стойками, сжаты все три стойки.		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	β по рис. 110 (стр. 142)

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Код ρ
236	Двухпролетная рама с шарнирно закрепленными стойками, бесконечно жесткий ригель.			$\rho = 2 \sqrt{\frac{N_1 + N_2 + N_3}{3N_4}}$ $(l=1,2,3)$
237	Частный случай задачи 236: снята одна стойка ($N_2 = N_3 = 0$).			$\rho = 1,154$
238	Частный случай задачи 236: сняты две стойки ($N_5 = 0$).			$\rho = 1,633$
239	Частный случай задачи 236: одинаковые силы в стойках одинаковы ($N_1 = N_2 = N_3 = N$).			$\rho = 2$

Двухпролетная рама с защемленными стойками

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Ксб β
240	Двухпролетная рама с защемленными стойками.		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	$\beta_i = \frac{12+35k}{6+35k} \sqrt{\frac{N_1+N_2+N_3}{5N_i}}$ $i = 1, 2, 3$
241	Частный случай задачи 240: сжата крайняя стойка ($N_2 = N_3 = 0$).		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	$\beta = 0,577 \frac{12+35k}{6+35k}$ или по рис. 111 (стр. 143)
242	Частный случай задачи 240: сжата средняя стойка ($N_1 = N_3 = 0$).		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	$\beta = 0,577 \frac{12+35k}{6+35k}$ или по рис. 111 (стр. 143)
243	Частный случай задачи 240: сжаты две крайние стойки ($N_2 = 0$).		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	$\beta = 0,816 \frac{12+35k}{6+35k}$ или по рис. 112 (стр. 144)
244	Частный случай задачи 240: сжаты две смежные стойки ($N_3 = 0$).		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	$\beta = 0,816 \frac{12+35k}{6+35k}$ или по рис. 112 (стр. 144)
245	Частный случай задачи 240: сжимающие силы в стойках одинаковы ($N_1 = N_2 = N_3 = N$).		$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	$\beta = \frac{12+35k}{6+35k}$ или по рис. 113 (стр. 145)

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Ксд β	
246	Частный случай задачи 240: бесконечно жесткий ригель $J_p = \infty$.			$\beta_i = \sqrt{\frac{N_1 + N_2 + N_3}{3N_i}}$ $(i=1,2,3)$	
247	Частный случай задачи 246: сжата одна стойка ($N_2 = N_3 = 0$).			$\beta = 0,577$	
248	Частный случай задачи 246: сжаты две стойки ($N_3 = 0$).			$\beta = 0,816$	
249	Частный случай задачи 246: сжимающие силы в стойках одинаковы ($N_1 = N_2 = N_3 = N$).			$\beta = 1$	
250	Частный случай задачи 240: жесткость ригеля равна нулю ($J_p = 0$).			$\beta_i = 2\sqrt{\frac{N_1 + N_2 + N_3}{3N_i}}$ $(i=1,2,3)$	
251	Частные случаи задачи 250:	$N_2 = N_3 = 0$	см. схему задачи 250.	Сравни задачи	237 $\beta = 1,154$
252		$N_1 = N_2, N_3 = 0$			238 $\beta = 1,633$
253		$N_1 = N_2 = N_3$			239 $\beta = 2$

Трехпролетные рамы

Задачи	Характеристика	Схема	Коэффициенты	Ксд ρ
254	Трехпролетная рама с шарнирно закрепленными стойками, сжата одна стойка.	<p>The diagram shows a three-span frame with pin supports at the base. The spans are labeled l and the column height is h. The column is under compression force N. The horizontal dimensions are l and l, and the vertical dimension is h. The frame is divided into three vertical sections of width l.</p>	$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	$\rho \text{ по рис. 114 (стр. 146)}$
255	Трехпролетная рама с шарнирно закрепленными стойками и бесконечно жестким ригелем.	<p>The diagram shows a three-span frame with pin supports at the base. The spans are labeled l and the column height is h. The frame is under compression forces N_1, N_2, N_3, N_4. The horizontal dimensions are l and l, and the vertical dimension is h. The frame is divided into three vertical sections of width l.</p>		$\rho_l = \sqrt{\frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4}{N_l}}$ $(l = 1, 2, 3, 4)$
256	Трехпролетная рама с защемленными стойками.	<p>The diagram shows a three-span frame with fixed supports at the base. The spans are labeled l and the column height is h. The frame is under compression forces N_1, N_2, N_3, N_4. The horizontal dimensions are l and l, and the vertical dimension is h. The frame is divided into three vertical sections of width l.</p>	$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	$\rho_l = \frac{14,45k}{7+45k} \sqrt{\frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4}{4N_l}}$ $(l = 1, 2, 3, 4)$
257	Частный случай задачи 256: сжата одна стойка.	<p>The diagram shows a three-span frame with fixed supports at the base. The spans are labeled l and the column height is h. The frame is under compression force N. The horizontal dimensions are l and l, and the vertical dimension is h. The frame is divided into three vertical sections of width l.</p>	$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	$\rho \text{ по рис. 115 (стр. 147)}$

Многопролетные рамы

Задача	Характеристика	Схема	Коэффициенты	коэф β
258	Многопролетная рама с шарнирно закрепленными стойками, сжимающие силы в стойках рамы.		$k = \frac{J_0 h}{J_c l}$	при числе пролетов $n=1, n=4$ и $n=\infty$ β по рис. 116 (стр. 148)
259	Многопролетная рама с шарнирно закрепленными стойками и бесконечно жестким ригелем.		n - число пролетов	$\beta_i = 2 \sqrt{\frac{N_1 + N_2 + \dots + N_n + N_{n+1}}{(n+1) N_i}}$ $(i=1, 2, \dots, n, n+1)$
260	Многопролетная рама с защемленными стойками.		$m = \frac{2n+3}{n+4} \frac{J_0 h}{J_c l}$ n - число пролетов	$\beta_i = \frac{2+5m}{1+5m} \sqrt{\frac{N_1 + N_2 + \dots + N_n + N_{n+1}}{(n+1) N_i}}$ $(i=1, 2, \dots, n, n+1)$
261	Частный случай задачи 260: сжимающие силы в стойках рамы ($N_1 = N_2 = \dots = N_{n+1}$).			при числе пролетов $n=1, n=4$ и $n=\infty$ β по рис. 117 (стр. 149)

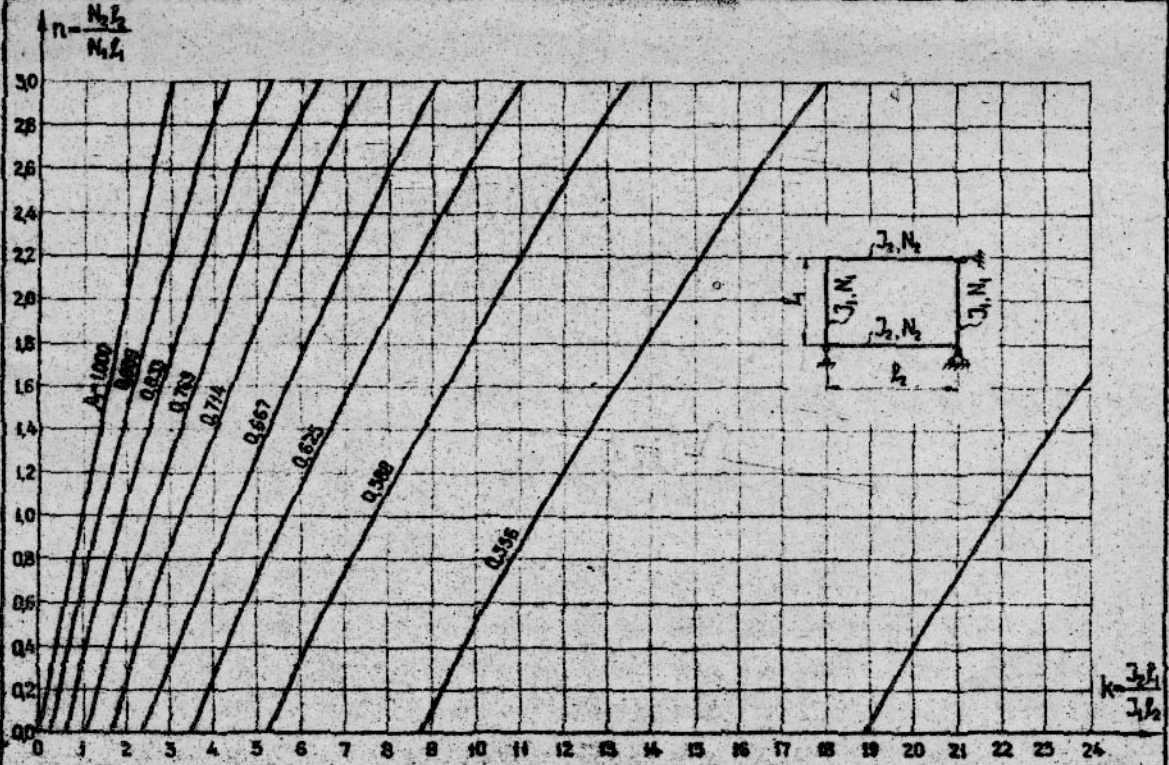


Рис. 11. Задана 158

$k = \frac{J_2 L_1}{J_1 L_2}$

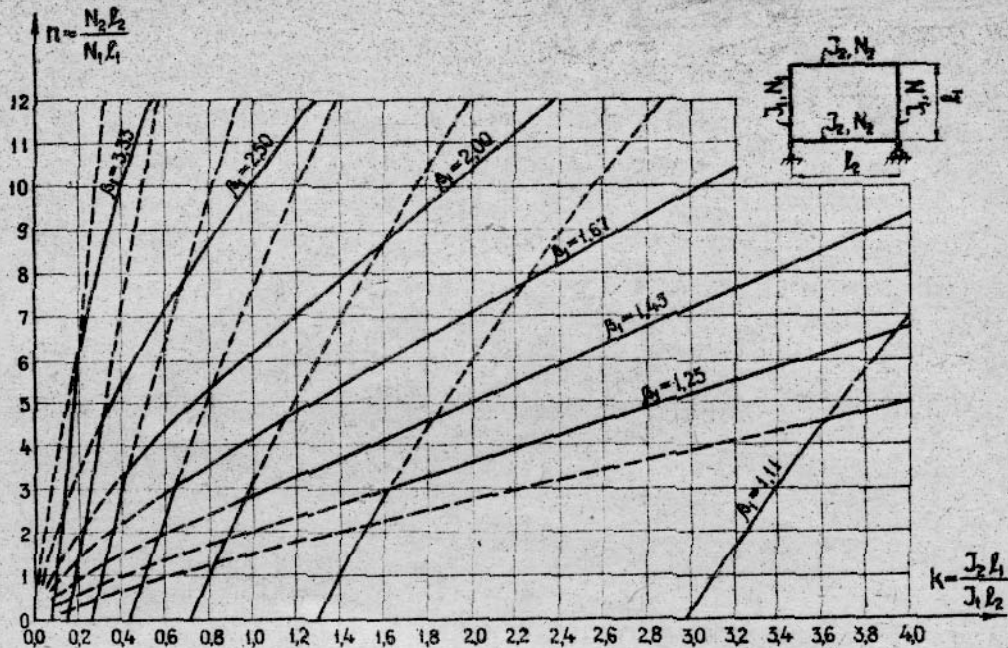


Рис 82. Задача 164.

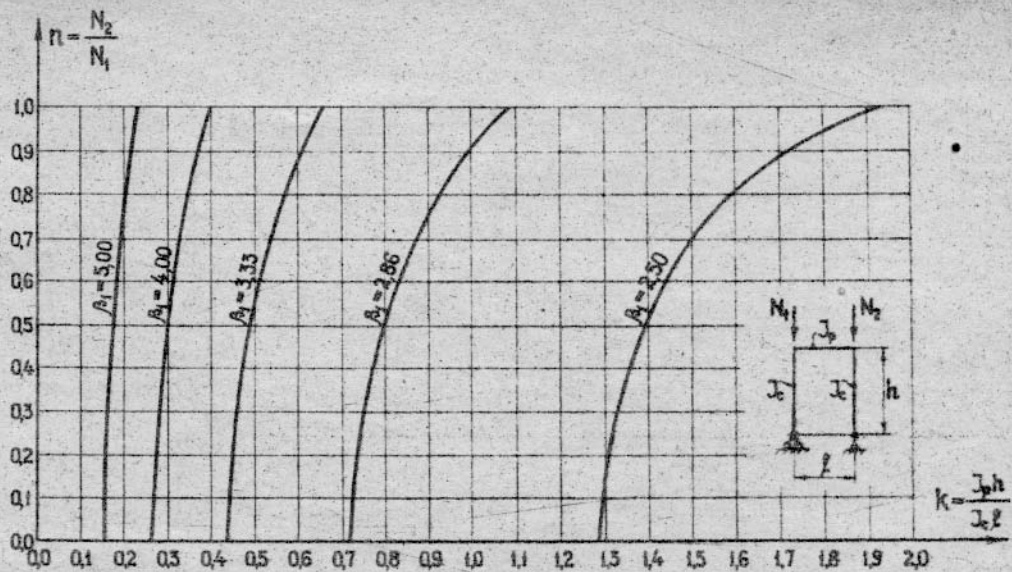


Рис. 85. Задача 168.

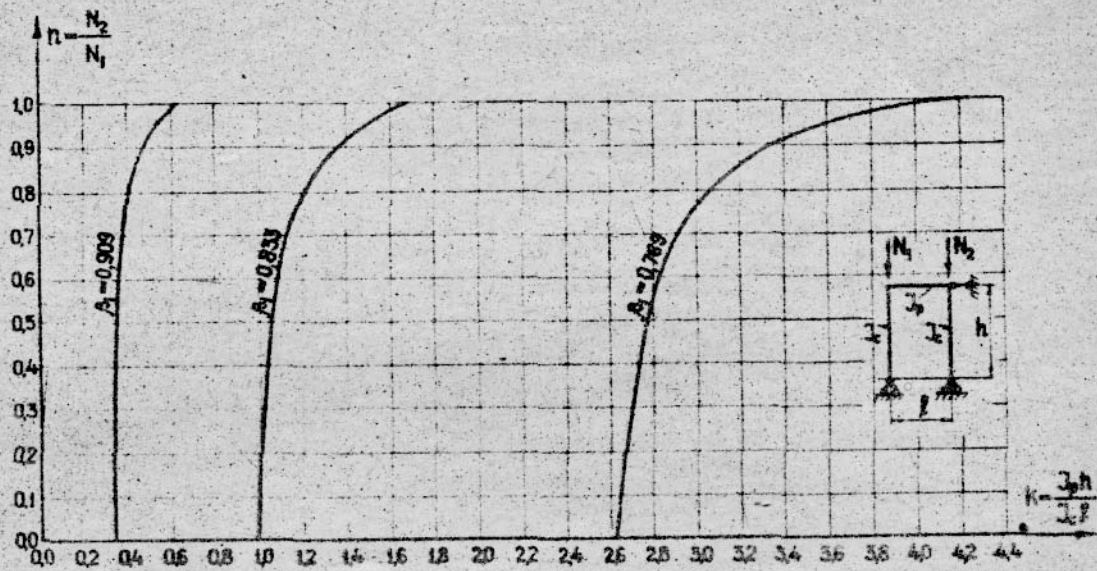


Рис 84. Задача 172.

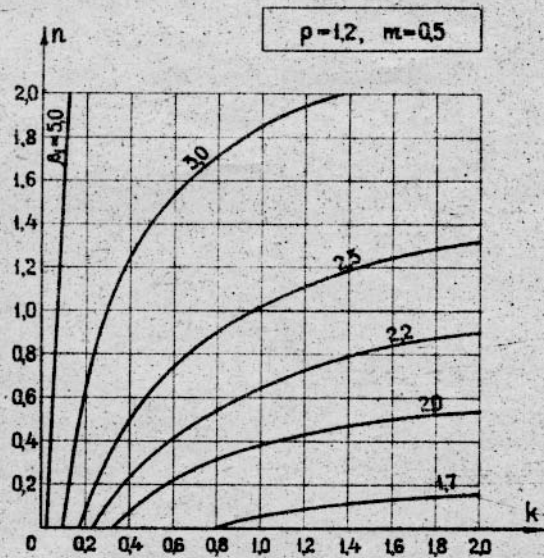


Рис. 85. Задача 178.

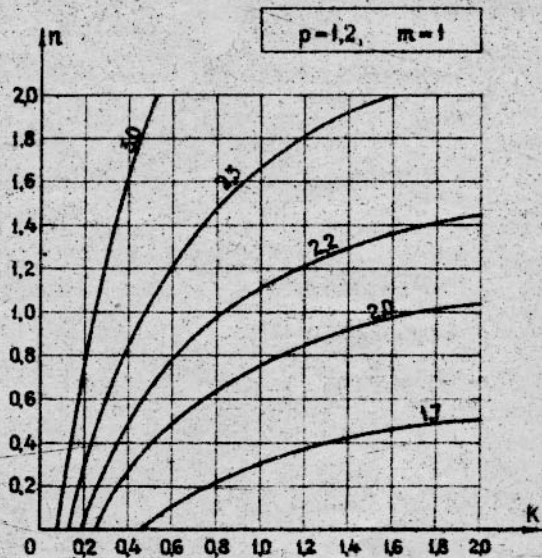


Рис. 86. Задача 185.

$\rho=1.2$ $m=0.6$

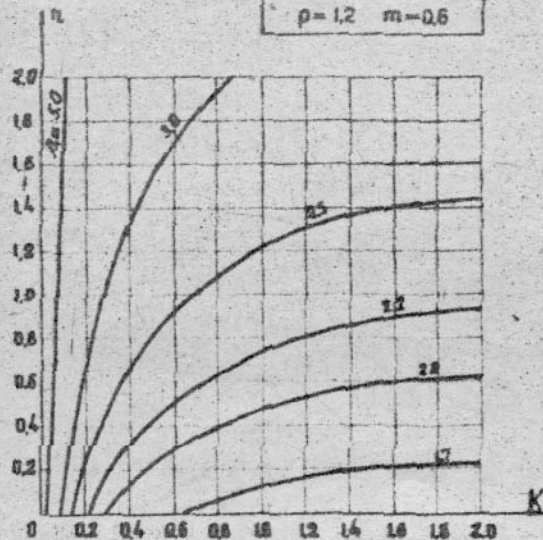


Рис. 87. Задача 179

$\rho=1.2$ $m=0.7$

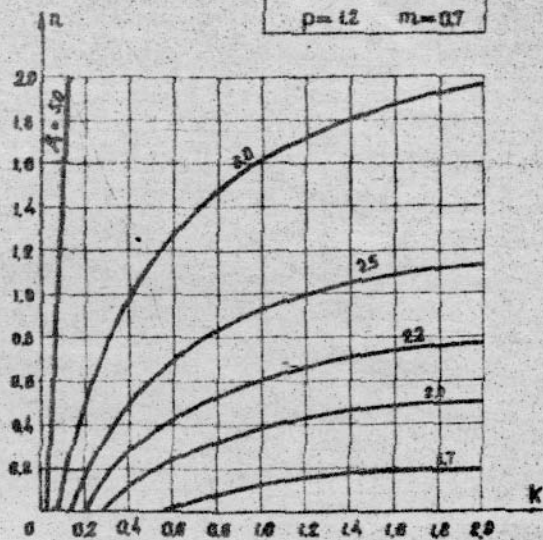


Рис. 88. Задача 180

$p=1.2$ $m=0.8$

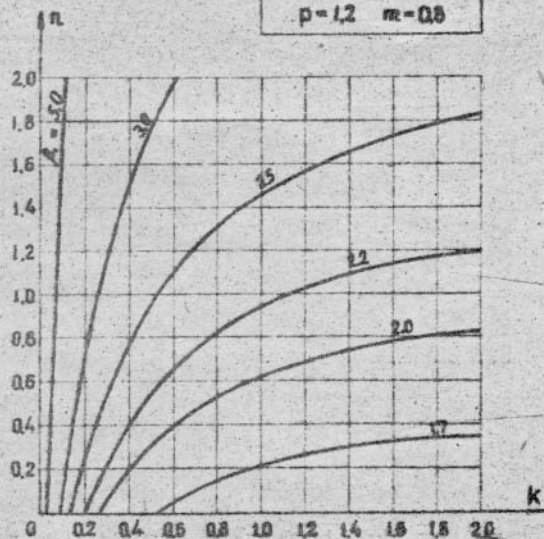


Рис. 89. Задача 181.

$p=1.2$ $m=0.9$

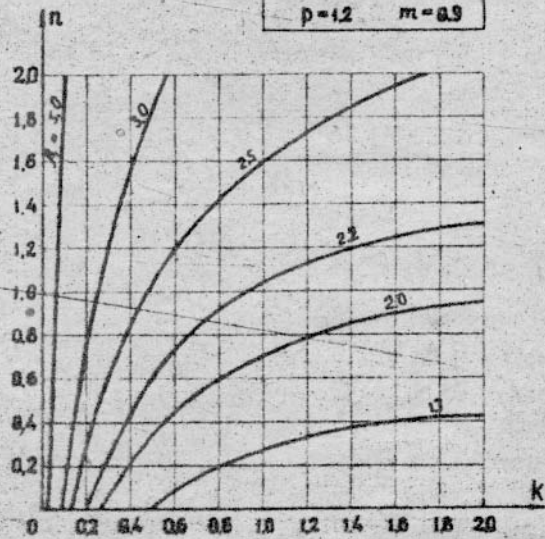


Рис. 90. Задача 182.

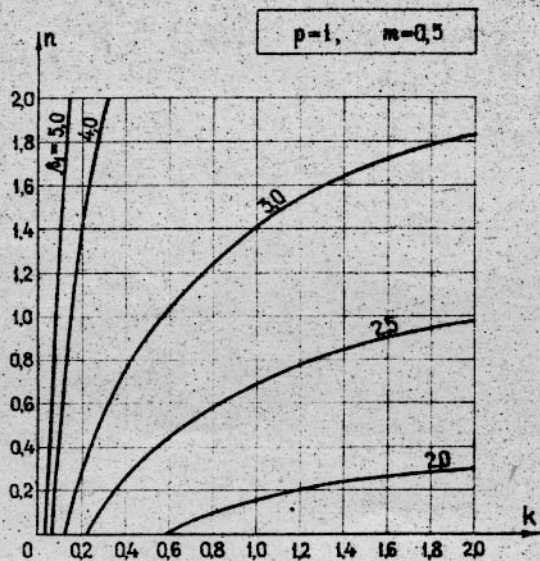


Рис. 91. Задача 185.

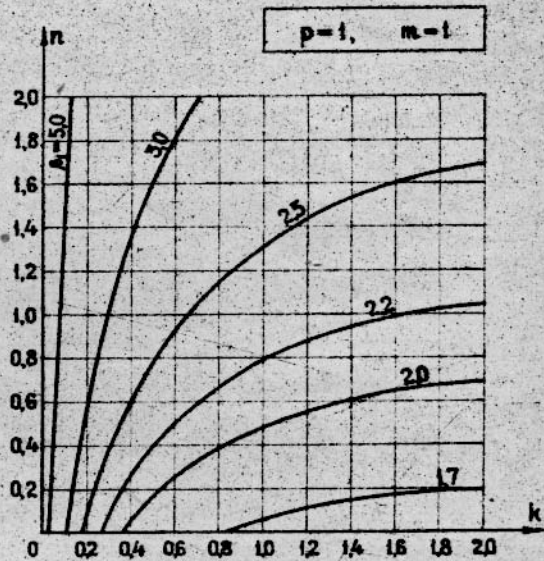


Рис. 92. Задача 190.

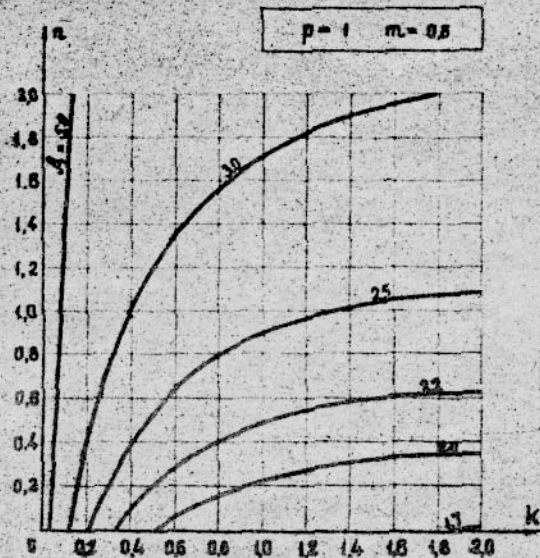


Рис 93. Задача 186.

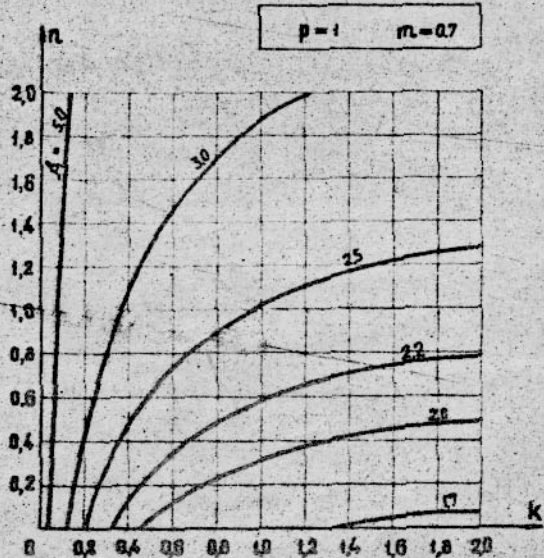


Рис 94. Задача 187.

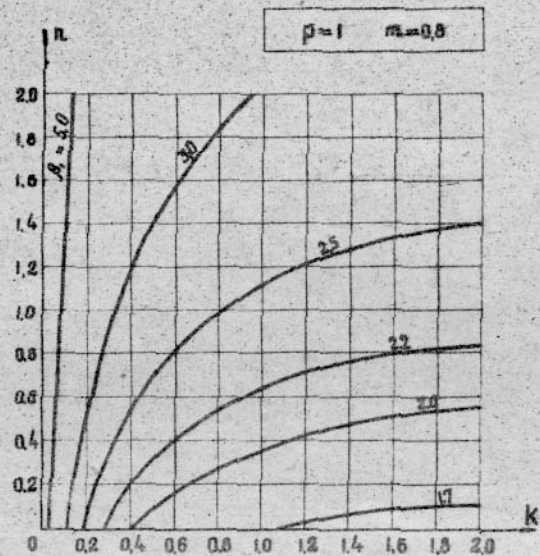


Рис.95 Задача 188.

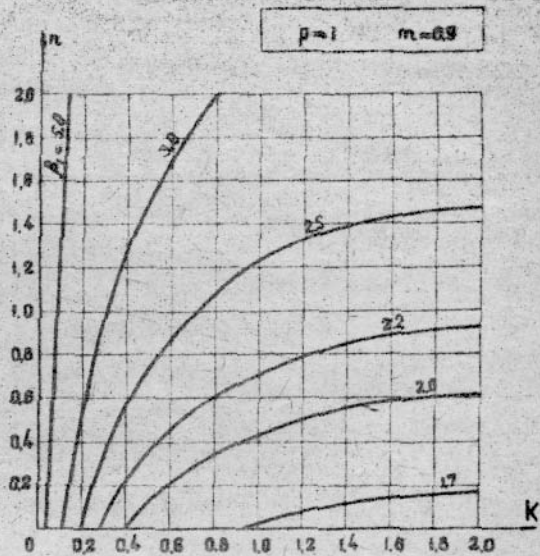


Рис.96 Задача 189.

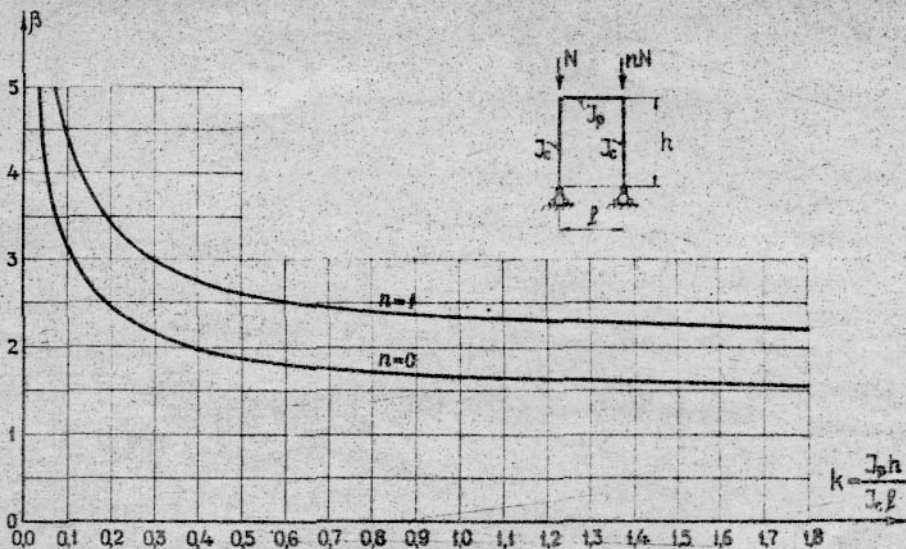


Рис.97. Задачи 191, 192.



Рис. 98. Задача 199.

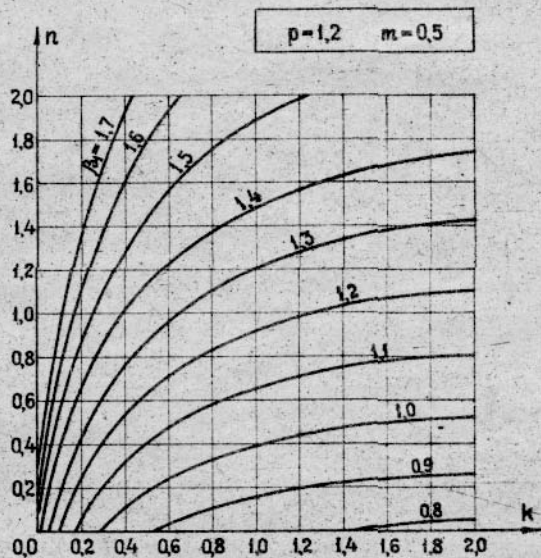


Рис.99. Задача 205.

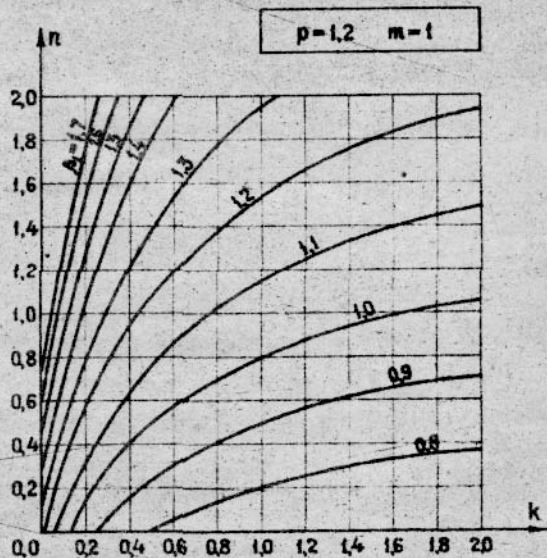


Рис.100. Задача 206.

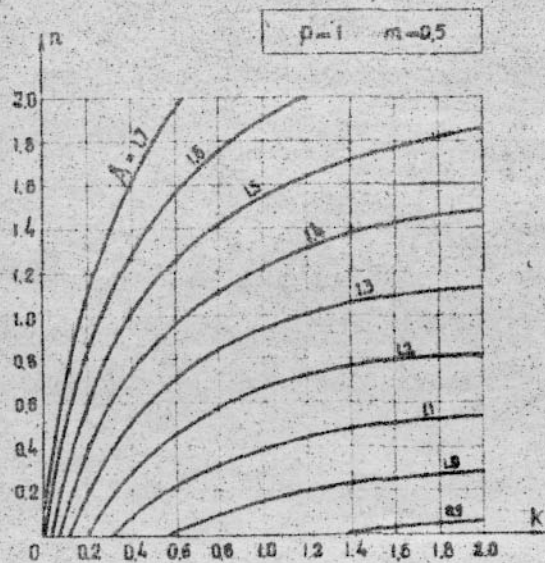


Рис 101. Задача 208.

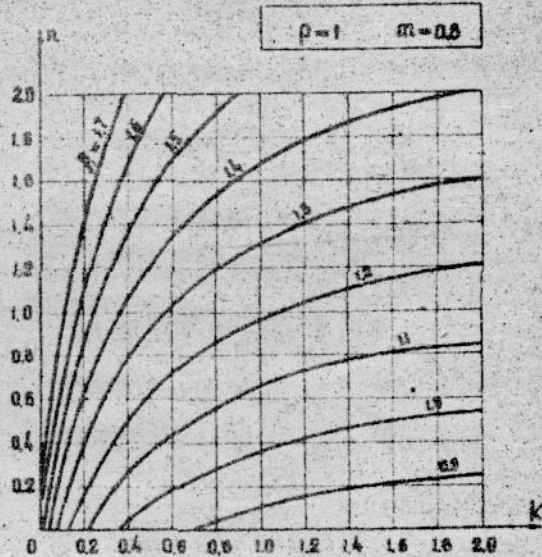


Рис 102. Задача 209.

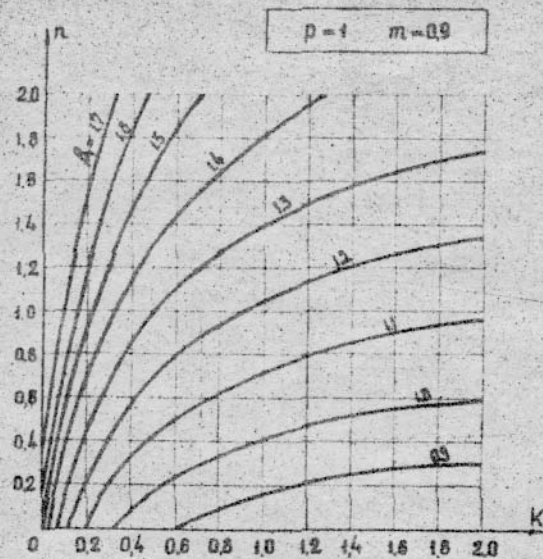


Рис 103. Задача 210.

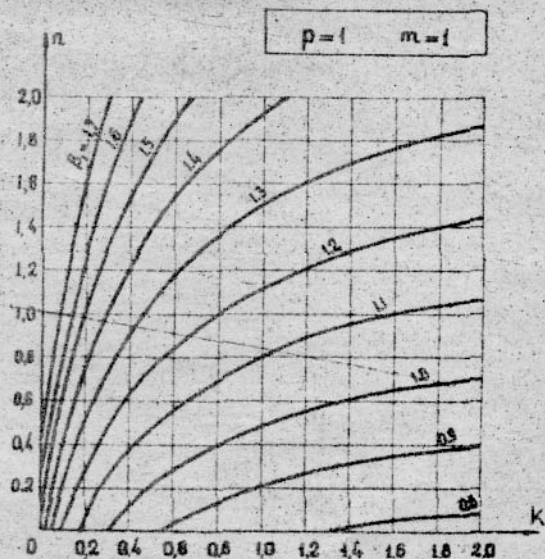


Рис 104. Задача 211.

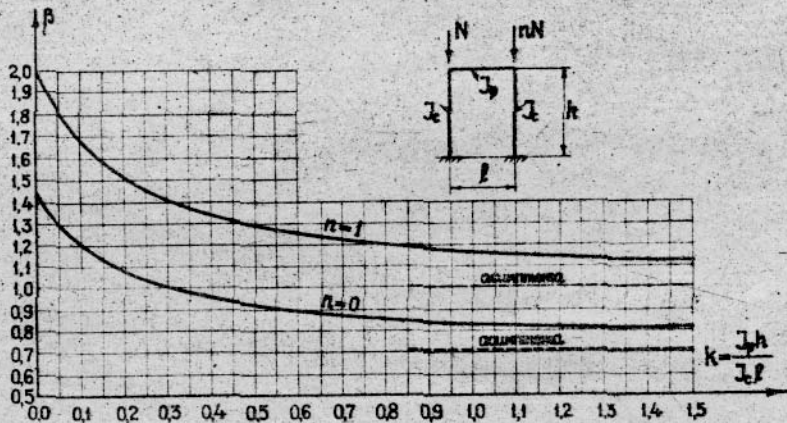


Рис. 105. Задачи 212, 213.

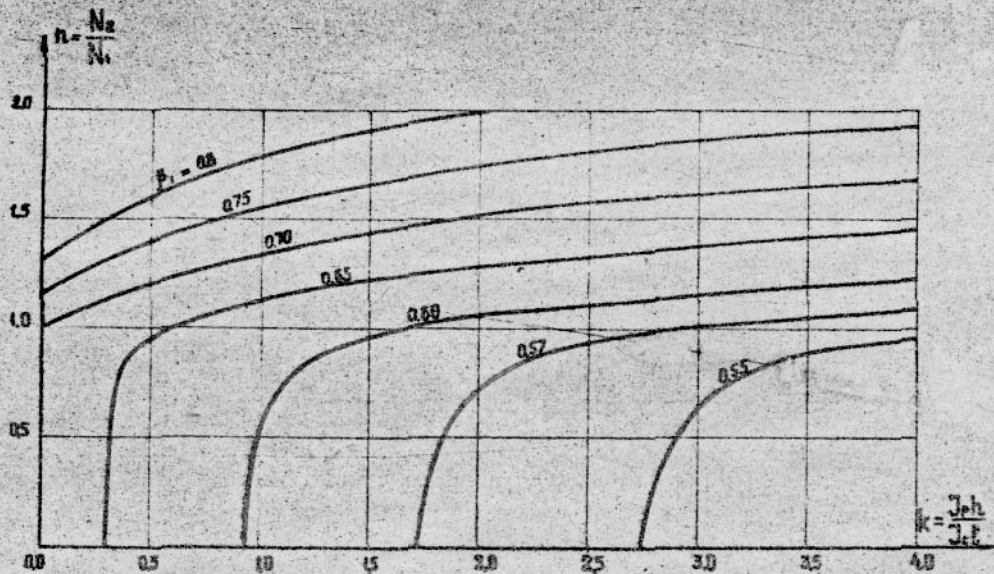


Рис 106. Задача 226.

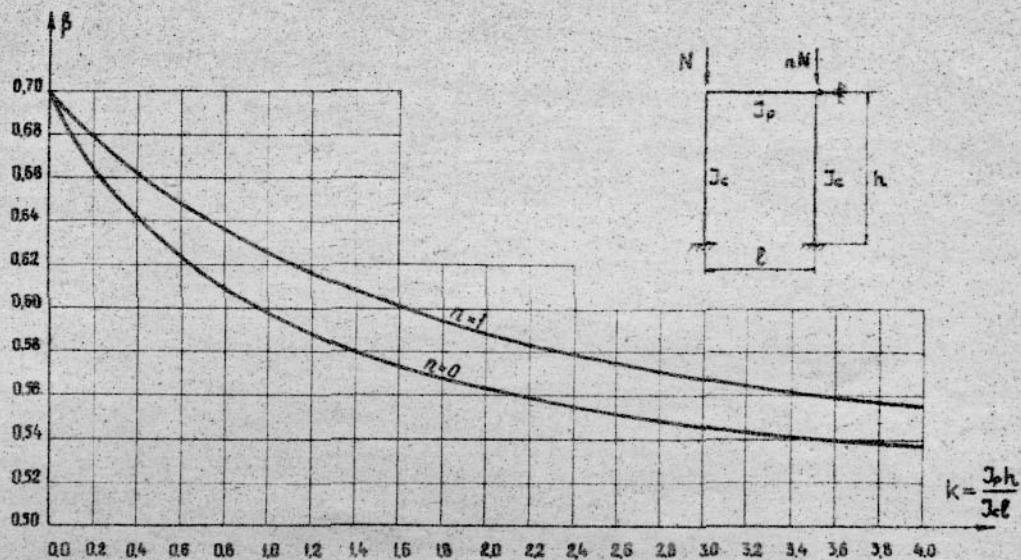


Рис 107. Задача 227 и 228.

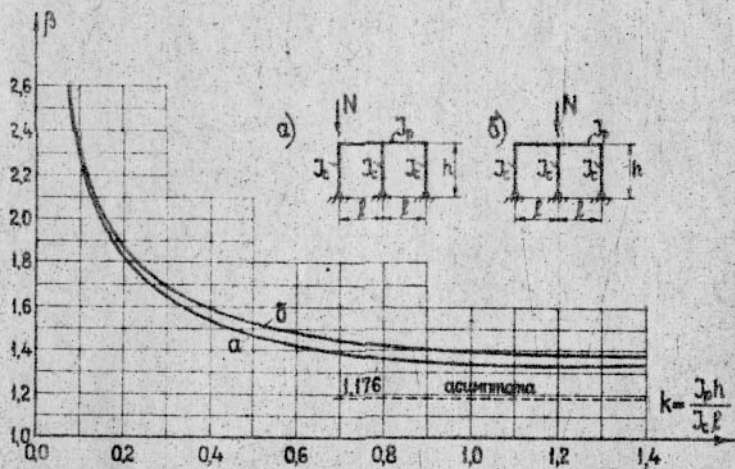


Рис. 108. Задачи 231 (а) и 232 (б).

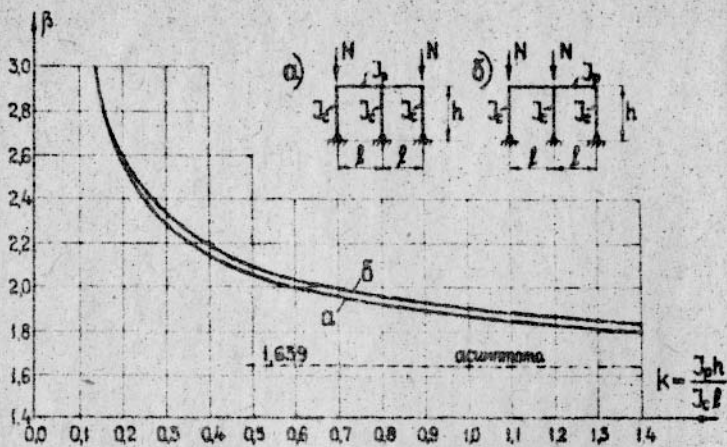


Рис 100. Задачи 253 (а) и 254 (б).

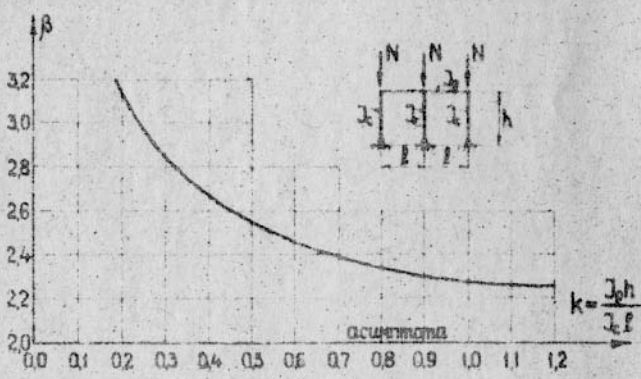


Рис 110. Задача 255.

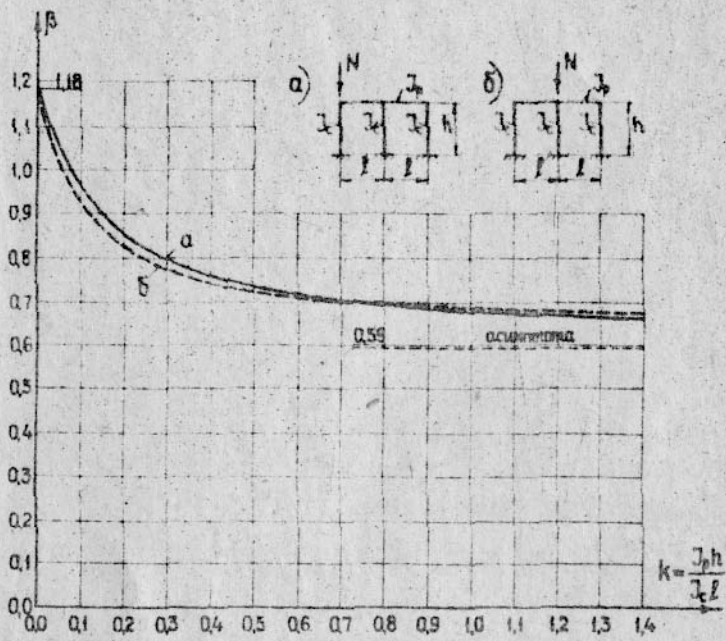


Рис. III. Задачи 241 (а) и 242 (б).

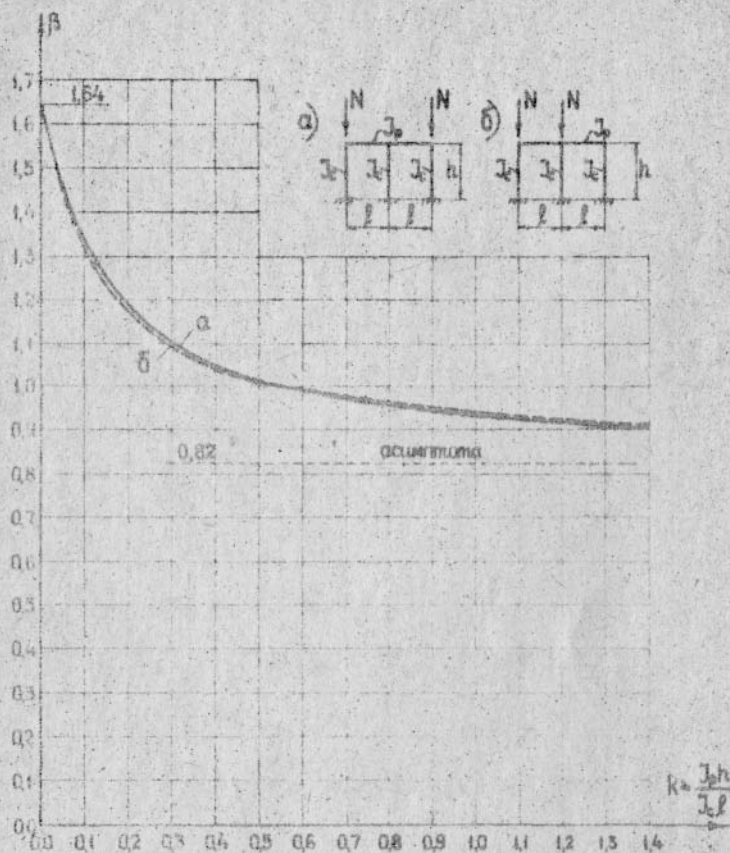


Рис. 112. Задача 243 (а) и 244 (б).

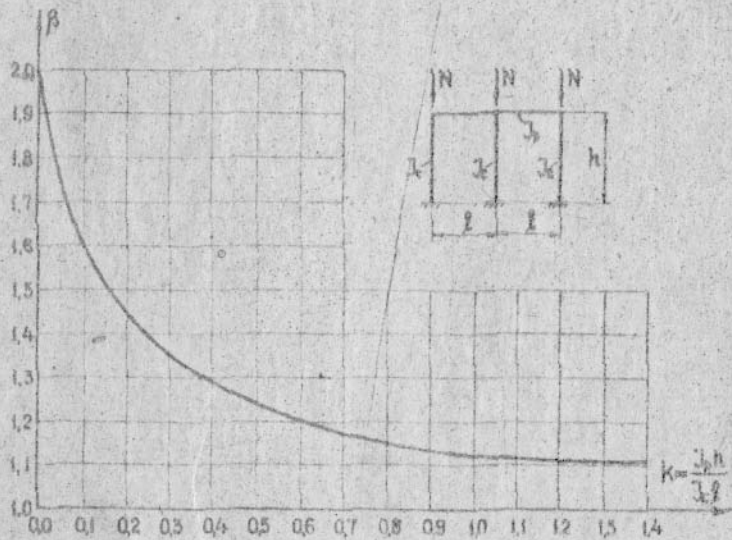


Рис 113. Задача 245.

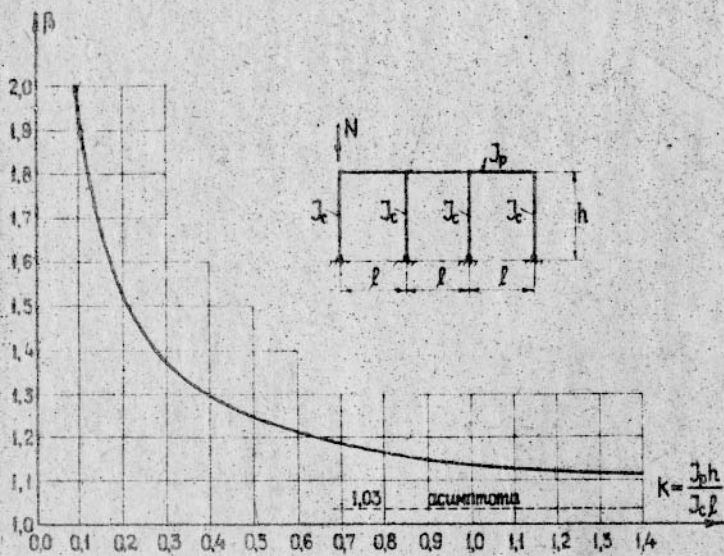


Рис. 114. Задача 254.

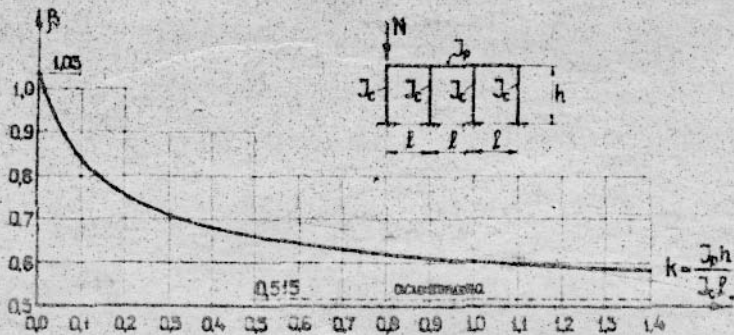


Рис. 115. Задача 257.

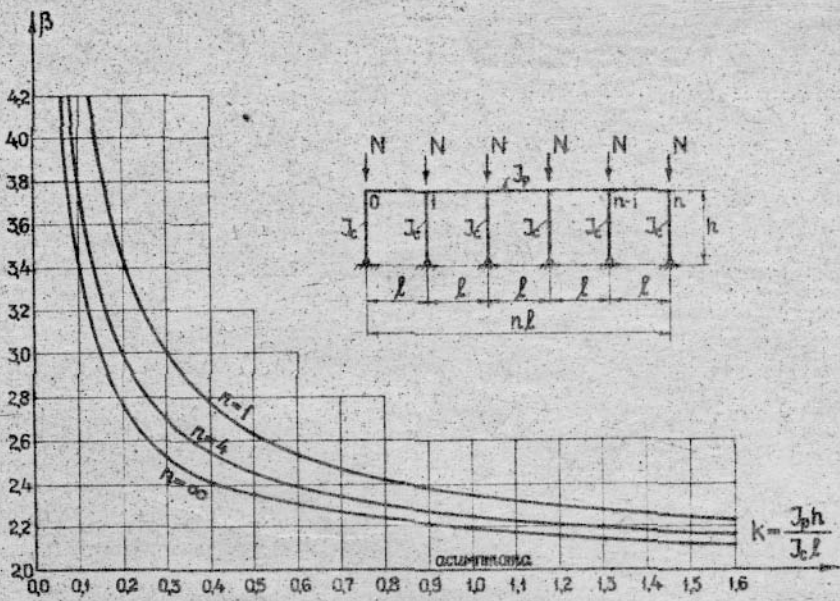


Рис. 116. Задача 258.

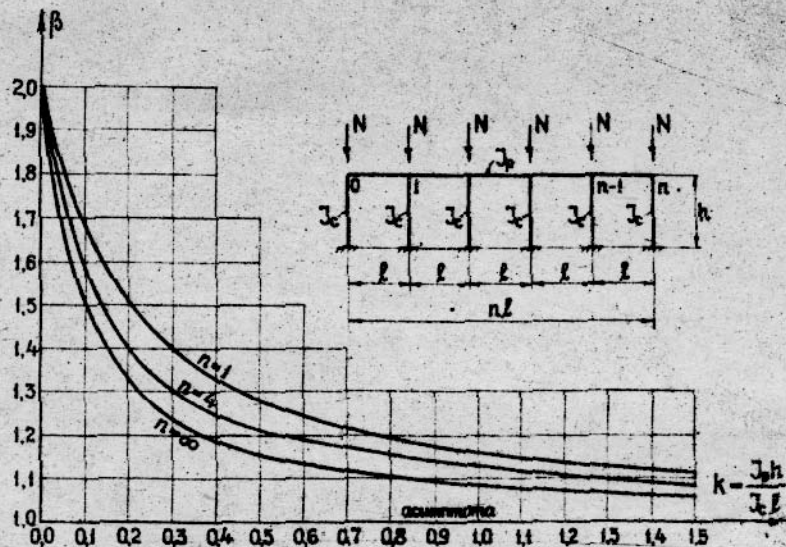


Рис 117. Задача 261.

Глава восьмая
Многоэтажные рамы

Регулярные однопролетные многоэтажные рамы

Задача	Схема	Характеристика		Задача	Схема	Характеристика			
		Коеффициент	Ксв. β			Коеффициент	Ксв. β		
262		Стойки шарнирно закреплены, жесткость верхнего ригеля равна нулю.	$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	β по рис. 118 (стр. 151)	265		Стойки защемлены, жесткость верхнего ригеля равна нулю.	$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	β по рис. 121 (стр. 154)
263		Стойки шарнирно закреплены, жесткость всех ригелей одинакова.	$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	β по рис. 119 (стр. 152)	266		Стойки защемлены, жесткость всех ригелей одинакова.	$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	β по рис. 122 (стр. 155)
264		Замкнутая рама, жесткость всех ригелей одинакова.	$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	β по рис. 120 (стр. 153)	267		Стойки защемлены, жесткость верхнего ригеля равна бесконечности.	$k = \frac{J_p h}{J_c l}$	β по рис. 123 (стр. 156)

Примечание. Значения Ксв. β даны на графиках при числе этажей $n=2$, $n=3$ и $n=\infty$.

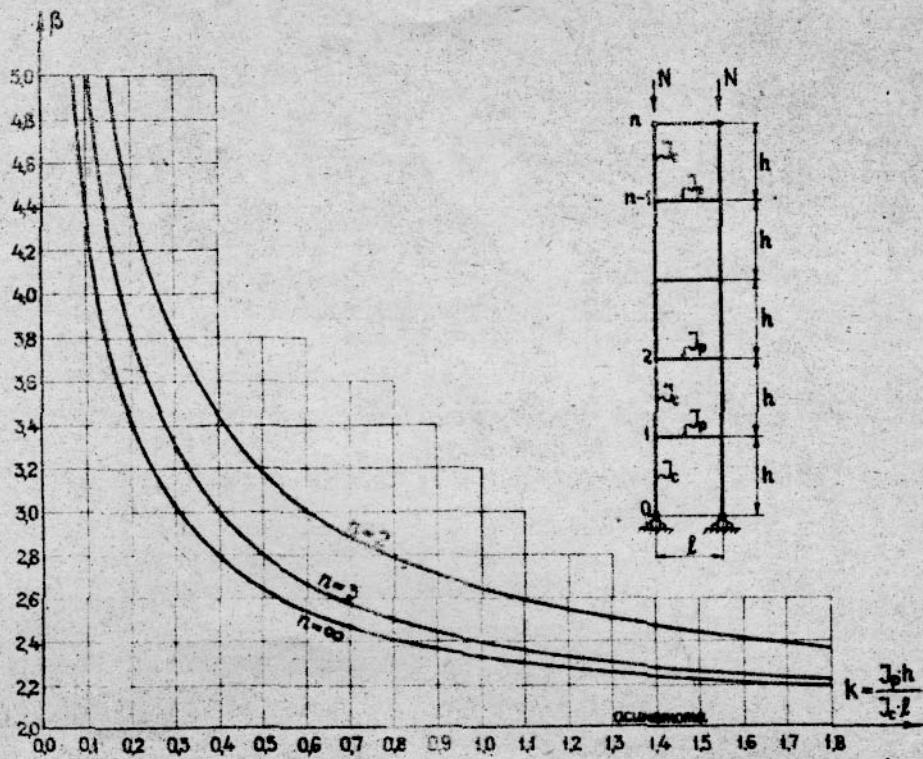


Рис. 118. Задача 262.

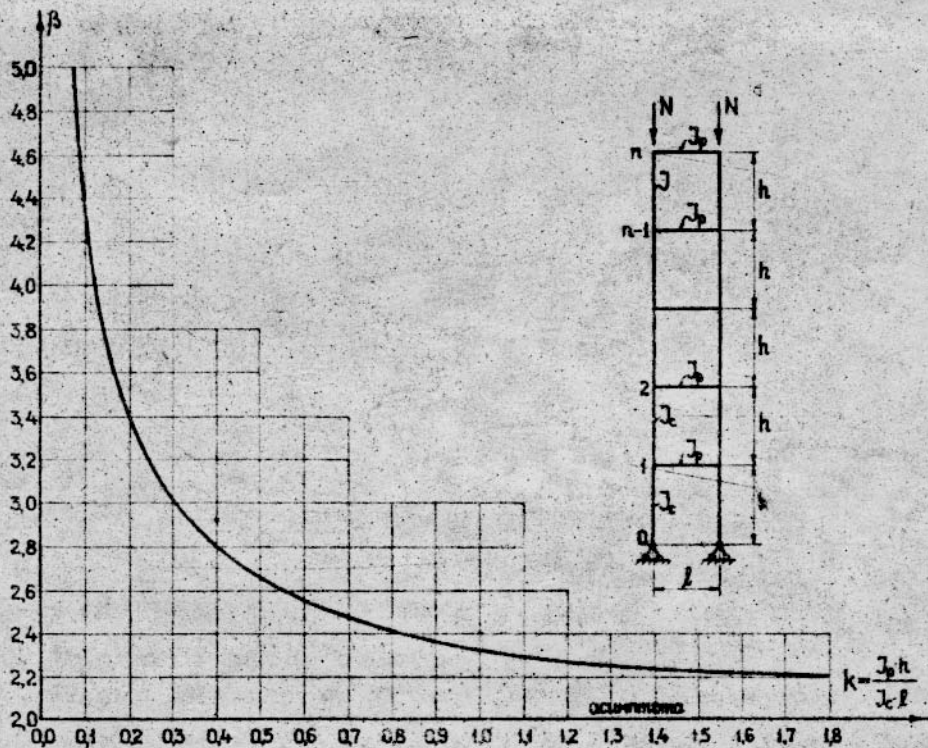


Рис. 119. Задача 263.

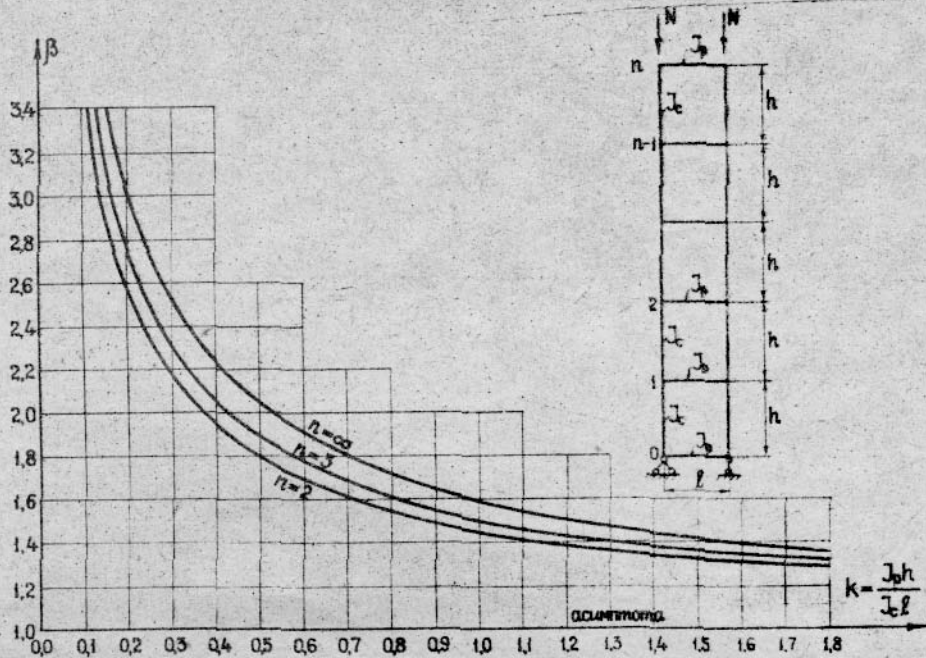


Рис. 120. Задача 264.

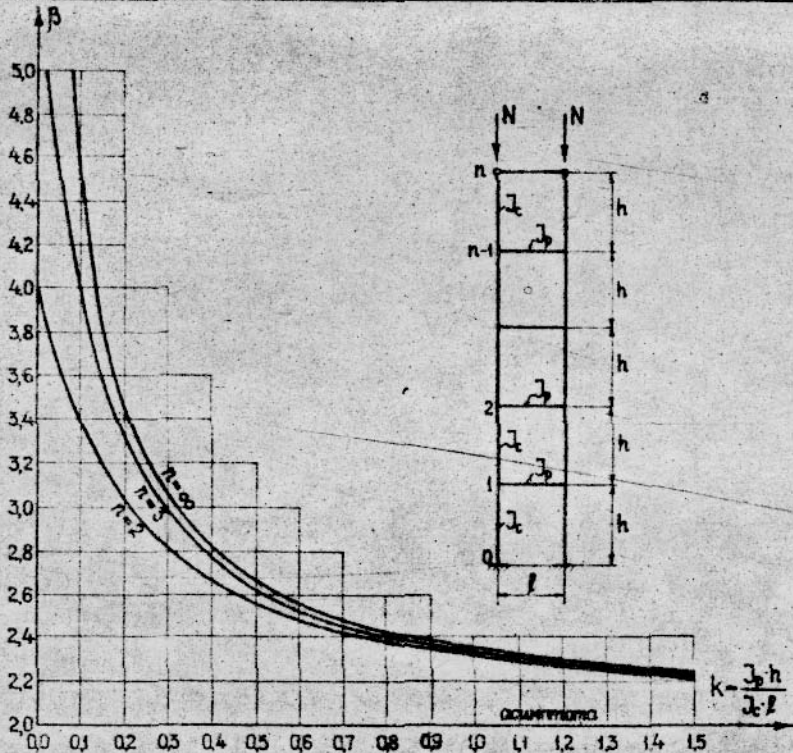


Рис. 121. Задача 265.

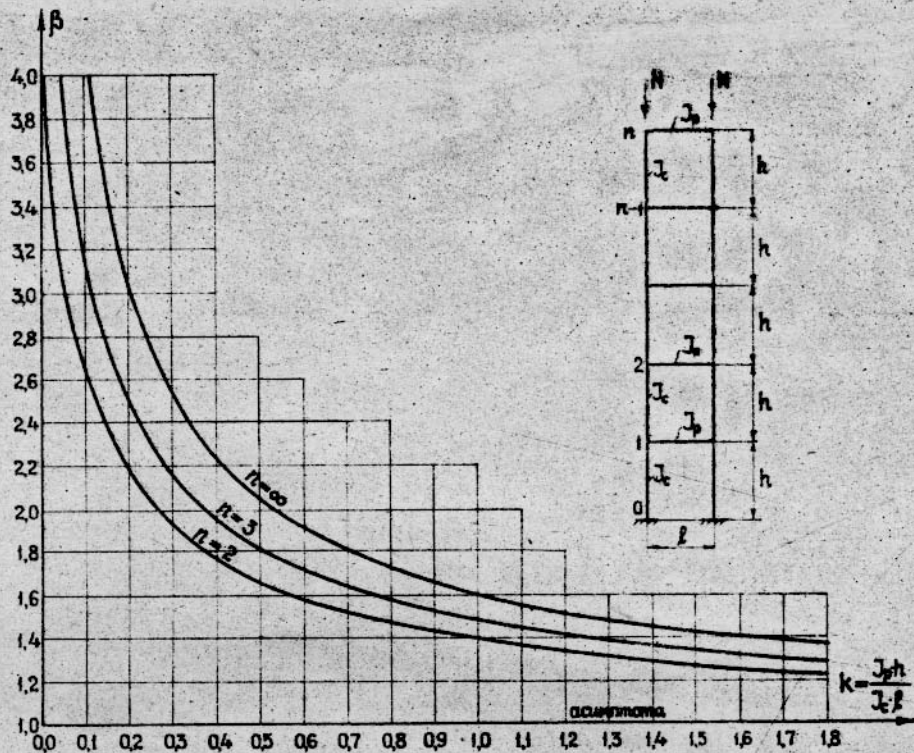


Рис. 122. Задача 266.

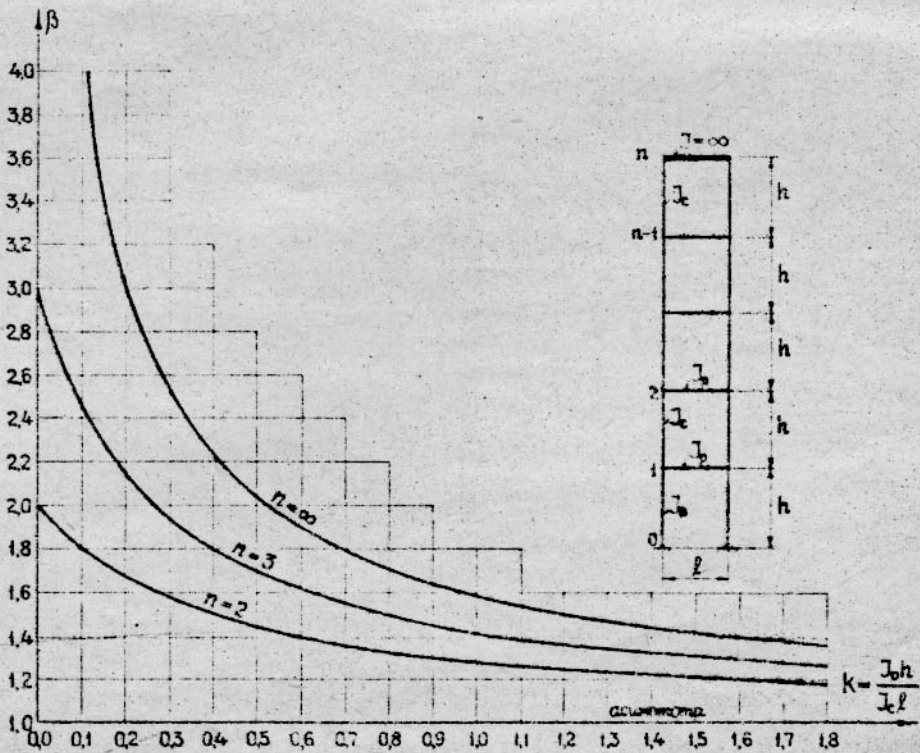


Рис. 123. Задача 267.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	<u>СТР.</u>
Предисловие	I
Введение	2
Сводка основных обозначений	4
<u>Глава первая. Однопролетные стержни, стержни с консолями</u>	5
Однопролетные стержни с четко выраженными условиями закрепления концов (задачи 1-5)	5
Стержни с консолями (задачи 6-14)	6
Графики (рис. I-6)	8
<u>Глава вторая. Однопролетные стержни с упругими закреплениями</u>	18
Однопролетные стержни с упругими закреплениями (три и два упругих закрепления, задачи 15-27)	17
Однопролетные стержни с упругими закреплениями (одно упругое закрепление, задачи 28-34)	18
Пояснение к номограмме	20
Номограмма и графики (рис. 8-26)	22
<u>Глава третья. Системы стержней с упругими соединениями</u>	33
Шарнирная цепь из одного стержня (задачи 35-37)	35

Цепириная цепь из двух стержней (задачи 38-51)	36
Цепириная цепь из трех стержней (задачи 52-62)	39
Регулярная цепириная цепь из n стержней (задачи 63-65)	41
Система из двух упруго соединенных в вершине стоек с цепириным закреплением основания (задачи 66-70)	42
Регулярная система n упруго соединенных в вершине стоек с цепириным закреплением основания (задачи 71-72)	43
Регулярная система n упруго соединенных в вершине стоек с заземленным основанием (задачи 73-74)	43
Последовательности упруго соединенных параллельно опертых балок (задачи 75-76)	44
Графики (рис. 30-47)	45
<u>Глава четвертая. Неразрезные балки на жестких опорах</u>	59
Двухпролетная балка (задачи 77-101)	59
Трехпролетная балка (задачи 102-122)	64
Регулярные многопролетные балки (задачи 123-125)	68
Графики (рис. 43-65)	69

<u>Глава пятая. Неразрезные балки на упругих опорах</u>	81
Неразрезные балки на крайних жестких и промежуточных упругих опорах (задачи 126)	81
Регулярные неразрезные балки на крайних жестких и промежуточных упругих опорах (задачи 127-130)	82
Регулярные неразрезные балки на одной жесткой и прочих упругих опорах (задачи 131-134)	83
Регулярные неразрезные балки на упруго-вращающихся опорах (задачи 135-140)	84
Графики (рис. 66-75)	85
<u>Глава шестая. Пересекающиеся стержни</u>	95
Пересекающиеся стержни (задачи 141-145)	96
Шарнирно-присоединенные стержни (задачи 146-151)	97
Стержень, опирающийся на поперечные балки (задачи 152-157)	99
Графики (рис. 76-80)	101
<u>Глава седьмая. Одноставные рамы</u>	105
Замкнутые рамы (задачи 158-167)	105
Однопролетные рамы с шарнирно закрепленными стойками (задачи 168-198)	107
Однопролетные рамы с заделанными стойками (задачи 199-230)	112
Двухпролетная рама с шарнирно закрепленными стойками (задачи 231-239)	117

Двухпролетная рама с заземленными стойками (задачи 240-253)	119
Трехпролетные рамы (задачи 254-257)	121
Многопролетные рамы (задачи 258-261)	122
Графики (рис. 8I-II7)	123
<u>Глава восьмая. Многоэтажные рамы</u>	150
Регулярные однопролетные многоэтажные рамы (задачи 262-267)	150
Графики (рис. II8-128)	151

Исправление опечатки

Задача

Схема

напечатано

должно быть

11

(стр. 7)

