

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ имени В. А. КУЧЕРЕНКО ГОССТРОЯ СССР

ИНСТРУКЦИЯ ПО РАСЧЕТУ ПЕРЕКРЫТИЙ НА ИМПУЛЬСИВНЫЕ НАГРУЗКИ



Москва — 1966

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ имени В. А. КУЧЕРЕНКО ГОССТРОЯ СССР

ИНСТРУКЦИЯ ПО РАСЧЕТУ ПЕРЕКРЫТИЙ НА ИМПУЛЬСИВНЫЕ НАГРУЗКИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
Москва—1966

Настоящая инструкция содержит методы расчета и проектирования междуэтажных перекрытий зданий, подверженных воздействию эксплуатационных динамических нагрузок импульсивного характера.

Инструкция предусматривает правила расчета на прочность и деформативность несущих элементов перекрытий, находящихся под действием кроме статических нагрузок также однократных и периодических импульсов или ударов массивных тел.

Инструкция составлена в Центральном научно-исследовательском институте строительных конструкций (ЦНИИСК им. Кучеренко) докт. техн. наук, проф. Е. С. Сорокиным. Общая редакция инструкции выполнена руководителем лаборатории динамики ЦНИИСК докт. техн. наук, проф. Б. Г. Корневым.

Таблицы балочных функций (прил. 5) составлены под руководством автора инструкции сотрудниками ЦНИИСК им. Кучеренко инж. Т. М. Кузнецовой и Г. В. Ивановым. Таблицы функций Φ_z и Φ_m (прил. 6) составлены Отделом вычислительных работ Гипротиса.

Дирекция ЦНИИСК им. Кучеренко

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

1.1. В настоящей инструкции содержатся специальные указания по расчету и проектированию междуэтажных перекрытий, подверженных воздействию кроме статических также импульсивных нагрузок:

от устанавливаемых на перекрытиях машин (молоты, штампы и прессы ударного действия, долбежные станки, испытательные машины, электромашины с мгновенной нагрузкой при включении или коротком замыкании, типографские бумагорезальные машины, маслоизготовители в молочной промышленности и т. п.);

от внезапно приложенных, свободно падающих или летящих с большой скоростью грузов (мгновенное нагружение или разгружение перекрытия грузом, падение поковок в расположенных на перекрытиях кузнечных цехах, испытание материалов стреляющими установками, полет приборов вследствие разрыва креплений при испытаниях на центрифугах и т. п.);

от внезапного изменения давления газов или жидкостей в испытательных камерах (удар струи пара или жидкости в установленные на перекрытии резервуары, внезапное соединение камер высокого и низкого давления и т. п.).

Указания настоящей инструкции имеют целью ограничить допустимыми пределами наибольшие значения переменных перемещений и внутренних усилий, возникающих в несущих строительных конструкциях при действии импульсивных нагрузок.

Состав задания на проектирование

1.2. Задание на проектирование должно содержать следующие данные:

планы и разрезы здания с указанием пролетов и размеров поперечных сечений элементов несущих конструкций, а также характеристик материалов;

веса и схемы размещения на перекрытиях оборудования и данные о полезных нагрузках; характеристики импульсивных (в частности, ударных) нагрузок, действующих на перекрытия, а именно:

величину и направление импульса; продолжительность действия импульса; форму импульса (закон изменения внешней силы за время действия импульса); способ приложения импульса к конструкции (распределенный импульс, сосредоточенный импульс).

Если импульсивная нагрузка представляет кратковременную силу, возникающую при действии машин, характеристики импульсивной нагрузки можно определить из рассмотрения динамики машины (кинематической схемы машины при заданных массах движущихся частей).

Если импульсивная нагрузка возникает вследствие удара тела по конструкции, но данные о величине и форме импульса неизвестны, необходимо знать:

массу ударяющего тела и форму его ударной части;

величину и направление скорости тела в начале удара;

коэффициент восстановления при ударе и оценить, хотя бы приблизительно, продолжительность удара, если она поддается такой оценке.

В случае повторных периодических импульсов (ударов) необходимо знать помимо указанных данных еще период импульсов (ударов).

Примечание. Уточнение понятия импульсивной нагрузки см. в пп. 2.1, 2.7, 2.8 и 2.9.

Указания по проектированию

1.3. Классификация импульсивных нагрузок по категориям в зависимости от интенсивности их воздействия на конструкции дается в табл. 1. Категория данной импульсивной на-

грузки, действующей на данную конструкцию, устанавливается в этой таблице по величине эквивалентного мгновенного импульса, вызывающего собственные колебания данной конструкции по основному тону с той же начальной амплитудой, что и данная импульсивная нагрузка.

Величина эквивалентного по основному тону мгновенного импульса S_1 определяется (по п. 2.6) в зависимости от характеристик импульсивной нагрузки во времени и от основного периода собственных колебаний конструкции T_1 .

Таблица 1

Классификация импульсивных нагрузок по категориям

| Категория импульсивной нагрузки | Характеристика импульса | Величина эквивалентного мгновенного импульса S_1 в кг·сек |
|---------------------------------|-------------------------|---|
| I | Слабый | До 1 |
| II | Умеренный | От 1 до 10 |
| III | Сильный | " 10 " 100 |
| IV | Очень сильный | Боле 100 |

Примечания: 1. Мгновенный импульс, эквивалентный данной импульсивной нагрузке по основному тону собственных колебаний конструкции, не эквивалентен этой нагрузке по отношению к другим тонам собственных колебаний конструкции.

2. При определении категории импульсивной нагрузки, распределенной по длине или площади элемента перекрытия, величина ее импульса вычисляется соответственно по площади или объему эпюры нагрузки.

3. Категорию импульсивного момента можно определять по табл. 1, принимая величину импульса S_1 численно равной моменту эквивалентного мгновенного импульса силы, выраженному в кг·м·сек.

4. В тех случаях когда размеры (и, следовательно, период собственных колебаний) перекрытия заранее неизвестны, но сами должны быть установлены в результате расчета конструкции на импульс, категорию импульса следует оценивать в запас, принимая основной период равным 0,15 сек (низшая граница периодов собственных колебаний перекрытий и перегородок) и затем, после назначения размеров конструкции, уточнить категорию импульса по расчетному значению периода собственных колебаний конструкции.

5. Если перекрытие рассчитывается по приближенной схеме, предусматривающей расчленение на отдельные элементы (плиты, вспомогательные и главные балки), то категорию импульсивной нагрузки следует определять для каждого элемента отдельно.

1.4. Способность конструкции необратимо поглощать энергию колебаний вследствие внутреннего трения, обуславливающая затухание собственных колебаний и снижение переменных напряжений, вызванных действием импульсивной нагрузки, характеризуется коэффициентом поглощения ψ , представляющим отношение работы, необратимо поглощенной в конструкции (превращенной в тепло) за один полный цикл колебаний, к средней за тот же цикл полной механической энергии упругих колебаний в конструкции. Коэффициент по-

глощения ψ равен удвоенному логарифмическому декременту затухающих собственных колебаний конструкции δ . В расчеты входит коэффициент γ внутреннего трения (или коэффициент неупругого сопротивления), пропорциональный ψ или δ :

$$\gamma = \frac{\psi}{2\pi} = \frac{\delta}{\pi}. \quad (1)$$

Значения коэффициента γ при изгибных колебаниях конструкций, выполненных из различных материалов, принимаются по табл. 2.

Таблица 2

Значения коэффициента внутреннего трения γ

| Материал конструкции | Коэффициент γ при действии импульсов | |
|----------------------------|---|--------------------|
| | I и II категорий | III и IV категорий |
| Железобетон | 0,05 | 0,1 |
| Кладка кирпичная | 0,04 | 0,08 |
| Дерево | 0,03 | 0,05 |
| Сталь прокатная | 0,01 | 0,025 |

Дифференциацией коэффициента γ по величине импульсов приближенно учитывается его зависимость от величины напряжений в конструкции.

Для балок и плит составного сечения из двух разных материалов с коэффициентами γ_1 и γ_2 общий коэффициент γ определяется по формуле

$$\gamma = \frac{\gamma_1 D_1 + \gamma_2 D_2}{D_1 + D_2}, \quad (2)$$

где D_1 и D_2 — жесткости составных частей относительно нейтральной оси (общей — для монолитного сечения, своей — для немонолитного).

1.5. Допускаемая амплитуда поперечных колебаний перекрытия при систематическом действии повторных импульсивных нагрузок определяется из условия нормальной работы обслуживающего персонала, а также машин и приборов, чувствительных к колебаниям, по формулам (3) и (4) соответственно для высоких и низких частот:

$$a_0 = \frac{v_0}{2\pi n_1} (1 + d) \quad \text{для } n_1 \geq 10 \text{ ц;} \quad (3)$$

$$a_0 = \frac{w_0}{4\pi^2 n_1^2} (1 + d) \quad \text{для } n_1 < 10 \text{ ц.} \quad (4)$$

Здесь a_0 — допускаемая амплитуда колебаний в мм;

$n_1 = \frac{p_1}{2\pi}$ — частота колебаний перекрытия в

гц (кол/сек) (p_1 — круговая частота в рад/сек);

v_0 и ω_0 — допускаемые амплитуды соответственно скорости в мм/сек и ускорения в мм/сек² при установившихся гармонических колебаниях с частотой n_1 ;

$1 \geq d \geq 0$ — параметр, повышающий допускаемую амплитуду колебаний, вычисляемый по формуле

$$d = 10\gamma \left(1 - \frac{T_1}{T_0}\right),$$

где γ — коэффициент внутреннего трения, принимаемый по табл. 2;

$T_1 = \frac{1}{n_1}$ — период колебаний перекрытия;

$T_0 > T_1$ — период повторных импульсов;

при $T_0 \leq T_1$ параметр d принимается равным нулю.

При отсутствии данных о допускаемых значениях a_0 , v_0 и ω_0 следует руководствоваться табл. 3 и 4. Однако во всех случаях допускаемая амплитуда колебаний перекрытий и перегоронок не должна превышать 1,2 мм (из условия обеспечения целостности штукатурки), если нет других, более жестких ограничений.

Таблица 3

Предельно допустимые гармонические колебания на рабочих местах в производственных помещениях (СН 245—63)

| Частота в гц | Амплитуда перемещения в мм | Амплитуда скорости v_0 в мм/сек | Амплитуда ускорения ω_0 в мм/сек ² |
|--------------|----------------------------|-----------------------------------|--|
| До 3 | 0,6—0,4 | 11,2—7,6 | 220—140 |
| Более 3 до 5 | 0,4—0,15 | 7,6—4,6 | 140—150 |
| » 5 » 8 | 0,15—0,05 | 4,6—2,5 | 150—130 |
| » 8 » 15 | 0,05—0,03 | 2,5—2,8 | 130—270 |
| » 15 » 30 | 0,03—0,009 | 2,8—1,7 | 270—320 |
| » 30 » 50 | 0,009—0,007 | 1,7—2,2 | 320—700 |
| » 50 » 75 | 0,007—0,005 | 2,2—2,3 | 700—1120 |
| » 75 » 100 | 0,005—0,003 | 2,3—1,9 | 1120—1200 |

Примечания: 1. Промежуточные значения амплитуд следует определять по линейной интерполяции. При продолжительности воздействия не более 10—15% рабочего времени указанные в табл. 3 амплитуды допускаются увеличивать, но не более чем в 3 раза.

2. В качестве средних значений можно принимать $\omega_0 = 150$ мм/сек² при $n_1 < 10$ гц и $v_0 = 2,4$ мм/сек при $n_1 \geq 10$ гц.

1.6. Прочность материала перекрытия, подверженного действию статической нагрузки и одиночных импульсов (п. 2.8), характеризуется расчетным сопротивлением материала.

Классы машин и приборов по чувствительности к гармоническим колебаниям основания

| Класс машин и приборов | Характеристика машин и приборов | Для частот | |
|------------------------|---------------------------------|---|----------------------------|
| | | от 1 до 10 гц | от 10 до 100 гц |
| | | Ускорение ω_0 в мм/сек ² | Скорость v_0 в мм/сек |
| I | Высокочувствительные | 6,3 | 0,1 |
| II | Среднечувствительные | 63 | 1 |
| III | Низкочувствительные | 250 | 4 |
| IV | Нечувствительные | Более 250 | Более 4 |

Примечание. Класс машины или прибора по чувствительности к колебаниям устанавливается технологами. При отсутствии данных разрешается руководствоваться ориентировочными указаниями табл. 5.

Таблица 5

Ориентировочное деление машин и приборов на классы по чувствительности к колебаниям

| Класс машин по чувствительности к колебаниям | Наименование машин и приборов |
|--|---|
| I | Особо точные делительные машины и автоматы. Установки для выверки оптических приборов и тарировки точных измерительных приборов. Микроскопы и мессмикроскопы. Интерферометры, оптиметры и другие точные оптические приборы. Механические контрольно-измерительные приборы при допусках порядка нескольких микрон. Установки для динамической балансировки роторов и т. п. |
| II | Шлифовальные станки для шарикоподшипников. Зубо- и резбошлифовальные станки. Координатно-расточные автоматы. Доводочные станки. Прецизионные фрезерные и токарные станки с допусками в несколько сотых миллиметра; автоматы для точки лезвий бритв и другие точные автоматы |
| III | Токарные, фрезерные, сверлильные, шлифовальные и другие металлообрабатывающие станки обычного класса точности. Прядильные машины. Ткацкие станки. Типографские машины. Швейные машины и т. п. |
| IV | Вентиляторы. Центрифуги. Электромоторы. Штампы и прессы металлообрабатывающей и легкой промышленности. Долбежные станки. Сотрясатели. Вибростолы. Виброгрохоты. Рассевы и т. п. |

Примечание. Существенное повышение пределов прочности и текучести соответствует таким большим динамическим напряжениям и скоростям деформирования, которые в перекрытиях при обычных эксплуатационных импульсивных нагрузках не достигаются.

1.7. Прочность материала перекрытия, подверженного действию статической нагрузки и систематическому воздействию повторных импульсов (п. 2.8), характеризуется расчетным пределом выносливости материала. Расчетный предел выносливости $\sigma_{вын}$ определяется по формуле

$$\sigma_{вын} = k_{вын} \rho \sigma_{расч} \quad (5)$$

Здесь $\sigma_{расч}$ — расчетное сопротивление материала;
 ρ — коэффициент, принимаемый по табл. 6;
 $k_{вын}$ — коэффициент выносливости, определяемый по формуле

$$k_{вын} = \frac{1+s}{1+s\sigma_0 \mu^*} \quad (6)$$

в которой $s \geq 0$ — отношение наибольшего динамического напряжения (усилия) к статическому напряжению (усилию);

σ_0 — отношение предела прочности материала к пределу усталости материала при симметричных циклах напряжений, принимаемое по табл. 6;

$\mu^* \geq 1$ — коэффициент концентрации напряжений в соединениях элементов конструкций; для целых монолитных элементов $\mu^* = 1$.

Для соединений элементов из стали марки Ст.3 можно принимать значения μ^* , приведенные в табл. 7.

Таблица 6
 Значения коэффициентов α_0 и ρ

| Материал | Коэффициенты | |
|----------------------------|--------------|--------|
| | α_0 | ρ |
| Сталь прокатная | 3 | 2 |
| Железобетон: | | |
| арматура | 3,5 | 1,7 |
| бетон | 3 | 1 |
| Кладка кирпичная | 3 | 1 |
| Дерево | 4 | 1,5 |

1.8. Для восприятия импульсивных, в частности ударных нагрузок, рекомендуется применять перекрытия из материала, обладающего большой массой и большим внутренним тре-

Таблица 7
 Значения коэффициента концентрации напряжений μ^*

| Тип соединений элементов из стали марки Ст.3 | μ^* |
|--|---------|
| Сварные соединения в стык с обработкой шва | 1,1 |
| Сварные соединения в стык косым швом без обработки шва, но с подваркой корня шва | 1,4 |
| Заклепочные соединения | 1,4 |
| Сварные соединения лобовыми швами (с отношением сторон 1:1,5) с обработкой швов | 1,7 |
| То же, но без обработки швов | 2,2 |
| Сварные соединения фланговыми швами с обработкой швов | 2,3 |
| То же, но без обработки швов | 3,1 |

нием. Этим требованиям лучше отвечают железобетонные монолитные перекрытия. Применение настилов по стальным балкам или деревянных перекрытий следует ограничивать импульсивными нагрузками I категории. Применение сборных железобетонных перекрытий с необеспеченной монолитностью соединений элементов следует ограничивать импульсивными нагрузками II категории.

При наличии машин, станков и приборов I и II классов по чувствительности к колебаниям (табл. 4), а также в других случаях, когда по условиям производства можно допустить лишь колебания с очень малыми амплитудами, рекомендуется применять железобетонные монолитные перекрытия.

Примечание. Сборные железобетонные перекрытия с надежно замоноличенными стыками элементов рассматриваются как монолитные.

1.9. С целью ослабления воздействия импульсивной нагрузки на перекрытие, машины или установки, являющиеся источниками импульса, нередко целесообразно устанавливать на виброизоляторы (гибкие элементы), опирающиеся на перекрытие. При этом для обеспечения эффективности виброизоляции необходимо выполнить условие, чтобы период собственных колебаний виброизолированной установки превышал основной период собственных колебаний перекрытия не менее чем в 5 раз. Виброизоляция проектируется в соответствии с Инструкцией И 204—55 (Инструкция по проектированию и расчету виброизоляции машин с динамическими нагрузками и оборудования, чувствительного к вибрациям).

1.10. Размещаемые на перекрытиях здания машины и установки с импульсивным воздействием на основание рекомендуется располагать возможно дальше от станков и приборов I и II классов по чувствительности к колебани-

ям (табл. 4), например помещая те и другие в противоположных крыльях здания и на разных этажах.

Устанавливаемые вне здания на самостоятельных фундаментах машины с импульсивным воздействием на основание (молоты, копры и т. п.) рекомендуется располагать возможно дальше от здания, в котором размещаются станки и приборы I и II классов по чувствительности к колебаниям. При невозможности достаточного удаления рекомендуется устанавливать эти машины на виброизоляторы.

Основные расчетные положения

1.11. Расчет должен обеспечить прочность конструкции при совместной работе на статическую и динамическую импульсивную нагрузку и ограничить колебания конструкций, вызванные импульсивным воздействием, пределами, предотвращающими возможность вредного влияния их на работающих в здании людей и на технологический процесс.

Примечание. Перемещения от статических нагрузок ограничиваются требованиями действующих норм независимо от колебаний, вызываемых импульсивными нагрузками.

1.12. Перемещения и внутренние усилия в элементах конструкции, возникающие под действием статических нагрузок, определяются при помощи обычных методов расчета. Наибольшие перемещения и внутренние усилия в элементах конструкции, вызванные импульсивными нагрузками, определяются согласно указаниям настоящей инструкции.

Примечание. При определении перемещений и внутренних усилий от импульсивных нагрузок учитываются малые пластические деформации в материале путем введения в расчет неупругого сопротивления (внутреннего трения), которое существенно снижает внутренние усилия и перемещения в конструкции. Ввиду того что импульсивные эксплуатационные нагрузки на перекрытия, как правило, сравнительно невелики, больших пластических деформаций в элементах при колебаниях перекрытий обычно не возникает.

1.13. Прочность элементов перекрытий, подверженных воздействию поперечных статических и динамических импульсивных нагрузок, проверяют в случае одиночных импульсов (п. 2.8) исходя из условия статической прочности изгибаемых элементов в соответствии с п. 1.14, а в случае систематически действующих повторных импульсов (п. 2.8), кроме того, еще из условия выносливости изгибаемых элементов в соответствии с п. 1.15 настоящей инструкции.

1.14. Выполнение условия статической прочности изгибаемых элементов перекрытия, находящихся под действием статической и ди-

намической импульсивной нагрузок, проверяется по формуле (7):

$$M_c^p + M_d \leq M, \quad (7)$$

где M — расчетный предельный момент, определяемый по расчетному сопротивлению материала конструкции $\sigma_{расч}$ в предположении статического действия нагрузки;

M_c^p — изгибающий момент от расчетной статической нагрузки;

M_d — изгибающий момент (с тем же знаком, что и M_c^p) от динамической импульсивной нагрузки, определяемый согласно разделу 4 настоящей инструкции.

Примечание. В тех исключительных случаях, когда требуется проверка прочности по поперечной силе, она производится по аналогичной формуле

$$Q_c^p + Q_d \leq Q, \quad (7')$$

с аналогичными значениями входящих в нее величин.

1.15. Выполнение условия выносливости проверяется по формуле (8):

$$M_c^H + M_d \leq M_{вын}, \quad (8)$$

где $M_{вын}$ — расчетный предельный момент, определяемый по расчетному пределу выносливости материала $\sigma_{вын}$ так же, как M определяется в п. 1.14 по расчетному сопротивлению $\sigma_{расч}$ (иначе говоря, путем замены $\sigma_{расч}$ на $\sigma_{вын}$);

M_c^H — изгибающий момент от нормативной статической нагрузки;

M_d — изгибающий момент (с тем же знаком, что и M_c^H) от повторной динамической импульсивной нагрузки, определяемый согласно разделу 4 настоящей инструкции.

Примечания: 1. В тех исключительных случаях, когда требуется проверка выносливости по поперечной силе, она производится по аналогичной формуле

$$Q_c^H + Q_d \leq Q_{вын}, \quad (8')$$

с аналогичными значениями входящих в нее величин.

2. Проверка на динамическую устойчивость, целесообразна только для очень гибких сжатых стоек, настоящей инструкцией не предусматривается.

1.16. Наибольшее перемещение z_d при колебаниях перекрытия, вызываемых действием повторной импульсивной нагрузки, не должно превышать величины a_0 :

$$z_d \leq a_0. \quad (9)$$

Величина a_0 определяется в п. 1.5, а величина z_d — в соответствии с разделом 4 настоящей инструкции.

Если колебания данного элемента перекрытия в данном его сечении состоят из двух колебаний с различными основными частотами n_1' и n_1'' и соответствующими амплитудами z_d' и z_d'' , где n_1' — основная частота собственных колебаний данного элемента, а n_1 — основная частота собственных колебаний конструкции, на которую данный элемент опирается (например, главной балки) или которая на данный элемент опирается (например, виброизолированной установки), то при проверке колебаний по формуле (9) следует различать два случая:

а) Отношение наибольшей к наименьшей из частот n_1' и n_1'' не превышает 2. В этом случае в формулах (3) и (4) п. 1.5 за частоту n_1 следует принимать ту из частот n_1' и n_1'' , которой соответствует наибольшая скорость колебаний (из двух: $v' = 2\pi n_1' z_d'$ и $v'' = 2\pi n_1'' z_d''$), если $n_1 \geq 10$ гц, или наибольшее ускорение колебаний (из двух: $\omega' = 4\pi^2 n_1'^2 z_d'$ и $\omega'' = 4\pi^2 n_1''^2 z_d''$), если $n_1 < 10$ гц, а значение d вычислять для колебания с частотой n_1 . В качестве z_d в формуле (9) следует принимать величину

$$z_d = \frac{z_d' n_1' + z_d'' n_1''}{n_1} \quad \text{при } n_1 \geq 10 \text{ гц,}$$

$$z_d = \frac{z_d' n_1'^2 + z_d'' n_1''^2}{n_1^2} \quad \text{при } n_1 < 10 \text{ гц.}$$

б) Отношение наибольшей к наименьшей из частот n_1' и n_1'' более 2. В этом случае каждое из двух колебаний проверяется по формуле (9) отдельно.

Примечание. Если колебания данного элемента состоят из трех колебаний с различными основными частотами (например, колебания вспомогательной балки, опирающейся на главную и несущей виброизолированную установку), то следует два из них с более близкими частотами привести к одному согласно указаниям п. 1.16а или 1.16б, а затем присоединив третье колебание, снова рассматривать их как два колебания согласно п. 1.16а или 1.16б.

2. ИМПУЛЬСИВНЫЕ НАГРУЗКИ

2.1. Нагрузка называется импульсивной, если она действует на конструкцию в течение достаточно малого промежутка времени τ (рис. 1), достигая при этом достаточно большой величины, так что ее импульс (измеряемый на рис. 1 в выбранном масштабе заштрихованной площадью) представляет величину не малую. Продолжительность импульса счи-

1.17. При проверке прочности элементов перекрытия можно не учитывать импульсивные нагрузки:

I категории;

II категории, если они действуют на перекрытие через виброизоляторы;

всех категорий, если расчетное значение наибольшего поперечного перемещения элемента перекрытия, вызванного импульсивной нагрузкой, за вычетом перемещений опор от той же нагрузки, не превышает $1/50000$ пролета элемента.

1.18. Проверка перемещений элементов конструкции, вызванных действием импульсивных нагрузок, по формуле (9) не обязательна:

а) когда на перекрытии не требуется присутствия обслуживающего персонала и нет машин, станков и приборов I, II и III классов по чувствительности к колебаниям (табл. 4);

б) для одиночных импульсов и ударов (п. 2.8);

в) для импульсивных нагрузок I категории, действующих на перекрытие через виброизоляторы;

г) для вертикальных элементов здания (стоек, стен).

1.19. Расчет конструкции на импульсивные нагрузки рекомендуется производить в такой последовательности:

а) определяются импульсивные нагрузки согласно разделу 2 и классифицируются согласно п. 1.3 настоящей инструкции;

б) определяются частоты собственных колебаний конструкции согласно разделу 3 данной инструкции;

в) определяются наибольшие перемещения элементов конструкции под действием повторной импульсивной нагрузки согласно разделу 4 и проверяется выполнение требования п. 1.16 инструкции;

г) определяются наибольшие внутренние усилия в элементах конструкции от действия импульсивной нагрузки согласно разделу 4 инструкции и проверяется прочность конструкции согласно п. 1.13 инструкции.

Примечание. Случай, когда учет импульсивных нагрузок не обязателен, указаны в пп. 1.17 и 1.18.

тается достаточно малой, если $\tau \leq 2,5 T_1$, где T_1 — основной период собственных колебаний конструкции, на которую действует импульсивная нагрузка.

Примечания: 1. При $\tau > 2,5 T_1$ расчет конструкции на действие нагрузки $P(t)$ сводится к ее статическому расчету на действие эквивалентной нагрузки $\times P_0$, где P_0 — максимальное значение переменной нагрузки

(рис. 1), а κ — коэффициент, определяемый по табл. 8 в зависимости от вида функции $P(t)$ и относительной продолжительности действия силы $\tau^* = \tau/T_1$, стремящийся с увеличением τ к 1 или к 2.

2. Расчет конструкции на внезапную нагрузку или разгрузку производится также согласно примечанию 1. В этом случае P_0 — величина приложенной или снятой нагрузки, а $\kappa = 2$ для внезапной нагрузки и $\kappa = 1$ для внезапной разгрузки.

3. Основной период собственных колебаний конструкции равен $T_1 = 2\pi/p_1$, где p_1 — первая круговая частота собственных колебаний конструкции, определяемая согласно разд. 3 настоящей инструкции.

2.2. Импульсивная нагрузка определяется направлением (вертикальная, горизонтальная, наклонная), способом приложения к конструкции (сосредоточенная, распределенная) и характером действия во времени.

Примечание. Импульс можно считать сосредоточенным, если он приложен по площадке, размеры которой по осям рассматриваемого элемента перекрытия менее $1/5$ размеров элемента вдоль этих осей.

2.3. По характеру действия во времени удобно различать два вида импульсивных нагрузок, действующих на конструкцию с n сте-

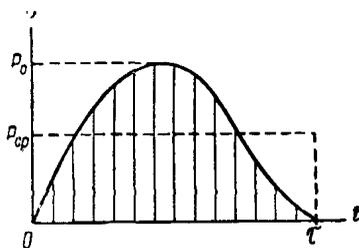


Рис. 1. График кратковременной силы

пенями свободы: кратковременный импульс и мгновенный импульс. Импульс считается кратковременным, если продолжительность его действия $0,1T_n \ll \tau \ll 2,5 T_1$, и мгновенным, если $\tau < 0,1T_n$.

Здесь T_1 — наибольший (основной), а T_n — наименьший периоды собственных колебаний конструкции. Для конструкции с 1-й степенью свободы $T_n = T_1$, а для конструкции с бесконечно большим числом степеней свободы при определении вида импульса можно принимать $T_n = 0,05 T_1$.

2.4. Кратковременный импульс определяется тремя характеристиками (рис. 1): величиной импульса

$$S = \int_0^{\tau} P(t) dt = P_{cp} \tau, \quad (10)$$

формой импульса

$$f(t) = \frac{P(t)}{P_0}, \quad (11)$$

и продолжительностью действия τ .

Мгновенный импульс определяется одной характеристикой — величиной импульса.

Примечания: 1. Размерность импульса определяется произведением размерности усилия на время. Различаются сосредоточенный импульс силы ($\text{кг} \cdot \text{сек}$), импульс сил, распределенных по длине ($\text{кг} \cdot \text{сек}/\text{м}$), или площади ($\text{кг} \cdot \text{сек}/\text{м}^2$), сосредоточенный импульс момента ($\text{кг} \cdot \text{сек} \cdot \text{м}$).

2. Если о продолжительности кратковременного импульса данной формы известно только, что она заключена в пределах $\tau_1 \ll \tau \ll \tau_2$, то при известной величине импульса следует принимать в дальнейших расчетах продолжительность $\tau = \tau_1$, а при известном среднем (или наибольшем) значении силы следует принимать: при определении величины импульса — продолжительность $\tau = \tau_2$, а в дальнейших расчетах — продолжительность $\tau = \tau_1$.

3. Если известны наибольшее значение силы и продолжительность ее действия, но неизвестна форма импульса, разрешается принимать в запас прочности и жесткости прямоугольную форму импульса.

4. Если известны величина импульса (или среднее значение силы) и продолжительность его действия, но неизвестна его форма, разрешается принимать в запас прочности и жесткости колоколообразную форму импульса (шестую форму на рис. 2).

5. Если для кратковременного импульса известна только его величина S , а продолжительность его действия не поддается даже грубой оценке, разрешается в запас прочности и жесткости принимать ее равной наименьшему значению $\tau_{\text{мин}} = 0,001 \text{ сек}$ для обычных эксплуатационных импульсивных нагрузок.

2.5. Перемещения и внутренние усилия в конструкции, вызванные действием кратковременного импульса, зависят от величины импульса S , продолжительности τ его действия и от его формы $f(t)$.

Перемещения и внутренние усилия в конструкции, вызванные действием мгновенного импульса, зависят только от величины импульса.

Примечание. Перемещения и внутренние усилия в конструкции при действии мгновенного импульса больше, чем при действии кратковременного импульса той же величины (при любой его форме).

2.6. При расчете конструкций с n степенями свободы на импульсивные нагрузки согласно настоящей инструкции кратковременный импульс, действующий на конструкцию, заменяется в целях удобства и единства метода расчетом совокупностью n эквивалентных мгновенных импульсов, соответствующих различным тонам собственных колебаний конструкции.

Эти мгновенные импульсы определяются по формуле

$$S_i = \epsilon_i S \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (12)$$

Здесь S_i — мгновенный импульс, эквивалентный кратковременному по начальной амплитуде i -го тона собственных колебаний конструкции;

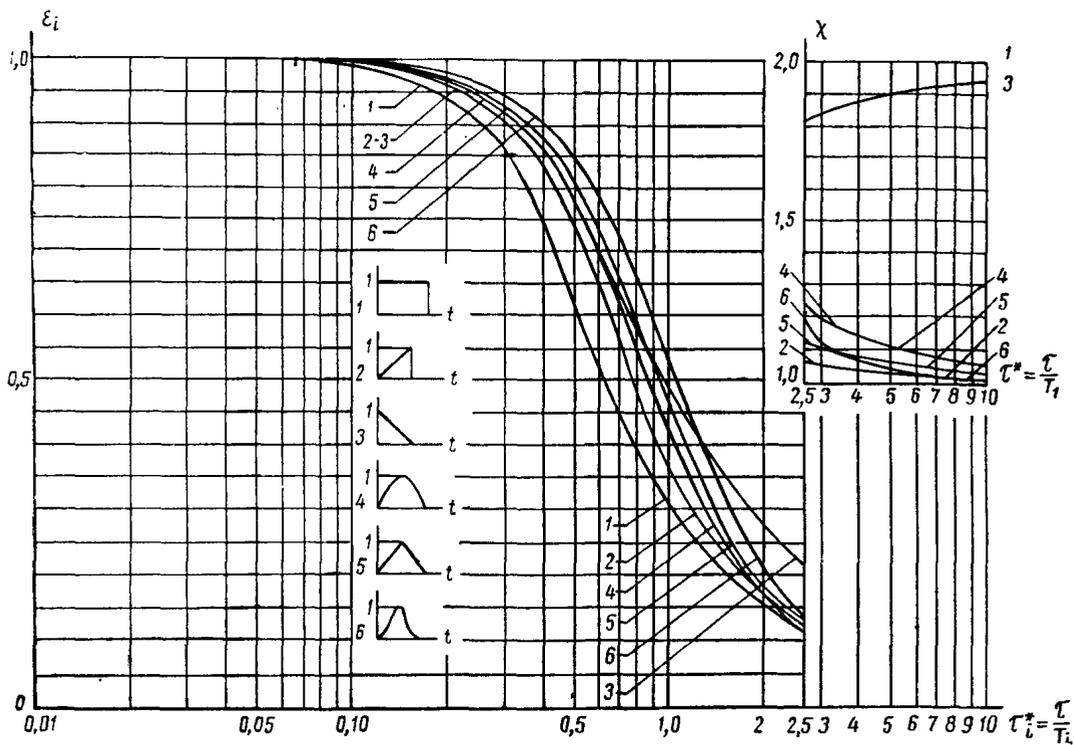


Рис. 2. Зависимости коэффициентов ϵ_i и χ от отношения $\tau^* = \frac{\tau}{T_i}$ для импульсов различных форм

$\epsilon_i < 1$ — коэффициент, зависящий от отношения τ^* продолжительности τ кратковременного импульса к периоду T_i собственных колебаний конструкции по i -муну, а также от формы импульса $f(t)$ и определяемый по табл. 8 или по графику рис. 2; S — фактическая величина кратковременного импульса, определяемая по формуле (10).

Примечание. При действии на конструкцию мгновенного импульса следует положить все $\epsilon_i = 1$ и $S_i = S$. Следует, однако, подчеркнуть, что в перекрытиях импульс, как правило, нельзя считать мгновенным, что следует из его определения в п. 2.3 и примечания 5 к п. 2.4, если учесть, что для элементов перекрытий период T_1 мал ($T_1 \approx 0,15 - 0,05$ сек). Мгновенным импульс может оказаться для конструкций, которые можно трактовать как системы с одной степенью свободы, в частности для виброизолированных установок.

2.7. Удар по конструкции движущимся или падающим телом является более сложным случаем кратковременной импульсивной нагрузки, когда величина, продолжительность и форма импульса зависят от характеристик ударяющего тела и конструкции (инерционных, упругих, неупругих и геометрических). При известных продолжительности, форме и силе удара (силе, возникающей во время кон-

такта ударяющего тела с конструкцией) величина кратковременного импульса определяется по формуле (10), а величины эквивалентных мгновенных импульсов определяются по формулам (12). При отсутствии данных для определения величины кратковременного ударного импульса, что является обычным, можно определять ее по формуле

$$S = mv_0(1 + \nu), \quad (13)$$

где m — масса ударяющего тела;

v_0 — скорость ударяющего тела в начале удара (в начальный момент контакта тела с конструкцией), нормальная к поверхности конструкции;

ν — коэффициент восстановления при ударе.

При отсутствии данных о коэффициенте ν разрешается принимать для него ориентировочные значения по табл. 9.

Примечания: 1. Все примечания к п. 2.4 остаются справедливыми и для ударного импульса, возникающего при соударении жестких тел.

При сильно деформирующемся ударяющем теле (падение пластичной массы, прыжок человека и т. п.) неизвестную продолжительность удара нельзя принимать равной τ_{\min} (примечание к п. 2.4), но необходимо оценить ее опытным или расчетным путем.

2. Коэффициент восстановления ν равен отношению нормальных составляющих скоростей ударяющего

Значения коэффициентов ε_i и χ

| Форма им- пульса $f(t)$ | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|
| | ε | χ |
| 0 | 1 | — | 1 | — | 1 | — | 1 | — | 1 | — | 1 | — |
| 0,01 | 1 | — | 1 | — | 1 | — | 1 | — | 1 | — | 1 | — |
| 0,05 | 0,996 | — | 0,999 | — | 0,999 | — | 0,999 | — | 0,999 | — | 0,998 | — |
| 0,1 | 0,983 | — | 0,99 | — | 0,99 | — | 0,991 | — | 0,994 | — | 0,993 | — |
| 0,15 | 0,963 | — | 0,974 | — | 0,974 | — | 0,979 | — | 0,981 | — | 0,985 | — |
| 0,2 | 0,936 | — | 0,958 | — | 0,958 | — | 0,963 | — | 0,968 | — | 0,974 | — |
| 0,25 | 0,9 | — | 0,933 | — | 0,933 | — | 0,943 | — | 0,95 | — | 0,96 | — |
| 0,3 | 0,858 | — | 0,905 | — | 0,905 | — | 0,917 | — | 0,93 | — | 0,943 | — |
| 0,35 | 0,81 | — | 0,872 | — | 0,872 | — | 0,89 | — | 0,902 | — | 0,923 | — |
| 0,4 | 0,757 | — | 0,835 | — | 0,835 | — | 0,858 | — | 0,875 | — | 0,901 | — |
| 0,45 | 0,697 | — | 0,797 | — | 0,8 | — | 0,823 | — | 0,844 | — | 0,876 | — |
| 0,5 | 0,637 | — | 0,755 | — | 0,761 | — | 0,785 | — | 0,811 | — | 0,849 | — |
| 0,6 | 0,53 | — | 0,664 | — | 0,692 | — | 0,705 | — | 0,739 | — | 0,788 | — |
| 0,7 | 0,455 | — | 0,569 | — | 0,631 | — | 0,625 | — | 0,667 | — | 0,724 | — |
| 0,8 | 0,398 | — | 0,477 | — | 0,579 | — | 0,552 | — | 0,559 | — | 0,661 | — |
| 0,9 | 0,354 | — | 0,416 | — | 0,533 | — | 0,489 | — | 0,537 | — | 0,599 | — |
| 1 | 0,318 | — | 0,369 | — | 0,494 | — | 0,433 | — | 0,48 | — | 0,543 | — |
| 1,2 | 0,265 | — | 0,301 | — | 0,429 | — | 0,344 | — | 0,383 | — | 0,444 | — |
| 1,4 | 0,227 | — | 0,253 | — | 0,379 | — | 0,277 | — | 0,306 | — | 0,365 | — |
| 1,6 | 0,199 | — | 0,219 | — | 0,34 | — | 0,227 | — | 0,244 | — | 0,301 | — |
| 1,8 | 0,177 | — | 0,192 | — | 0,307 | — | 0,192 | — | 0,208 | — | 0,252 | — |
| 2 | 0,159 | — | 0,172 | — | 0,28 | — | 0,167 | — | 0,184 | — | 0,212 | — |
| 2,5 | 0,127 | 2 | 0,135 | 1,064 | 0,23 | 1,808 | 0,125 | 1,25 | 0,144 | 1,127 | 0,152 | 1,191 |
| 3 | 0,106 | 2 | 0,112 | 1,053 | 0,195 | 1,839 | 0,104 | 1,2 | 0,117 | 1,106 | 0,119 | 1,125 |
| 3,5 | 0,091 | 2 | 0,095 | 1,045 | 0,169 | 1,861 | 0,083 | 1,167 | 0,099 | 1,091 | 0,099 | 1,089 |
| 4 | 0,08 | 2 | 0,083 | 1,04 | 0,149 | 1,878 | 0,071 | 1,143 | 0,086 | 1,08 | 0,085 | 1,067 |
| 5 | 0,064 | 2 | 0,066 | 1,032 | 0,121 | 1,9 | 0,056 | 1,111 | 0,068 | 1,064 | 0,066 | 1,042 |
| 6 | 0,053 | 2 | 0,054 | 1,027 | 0,102 | 1,916 | 0,045 | 1,091 | 0,056 | 1,053 | 0,055 | 1,029 |
| 7 | 0,045 | 2 | 0,046 | 1,023 | 0,088 | 1,928 | 0,038 | 1,076 | 0,048 | 1,046 | 0,046 | 1,021 |
| 8 | 0,04 | 2 | 0,041 | 1,02 | 0,077 | 1,938 | 0,033 | 1,066 | 0,041 | 1,04 | 0,04 | 1,016 |
| 9 | 0,035 | 2 | 0,036 | 1,018 | 0,069 | 1,944 | 0,029 | 1,059 | 0,037 | 1,035 | 0,035 | 1,012 |
| 10 | 0,032 | 2 | 0,032 | 1,016 | 0,062 | 1,95 | 0,026 | 1,053 | 0,033 | 1,032 | 0,032 | 1,01 |
| 15 | 0,021 | 2 | 0,021 | 1,01 | 0,042 | 1,966 | 0,017 | 1,035 | 0,021 | 1,021 | 0,021 | 1,004 |
| 20 | 0,016 | 2 | 0,016 | 1,008 | 0,031 | 1,975 | 0,013 | 1,025 | 0,016 | 1,016 | 0,016 | 1,002 |

тела в конце и начале удара. При $0 < \nu < 1$ удар называется упругим, а при $\nu = 0$ — абсолютно неупругим. Явление повторного удара свободно летящего груза, наблюдаемое при упругом ударе, в настоящей инструкции не учитывается.

3. При отсутствии данных о форме ударной части ударяющего тела следует считать ее сферической.

Таблица 9

Ориентировочные значения коэффициента ν восстановления при ударе

| Материал контактирующей поверхности конструкции | Материал и форма ударяющего тела | | | | | |
|---|----------------------------------|----------------|---|----------------|---|--|
| | твердые металлы (стали, сплавы) | | медь, алюминий, дерево, бетон, камень, твердые пластмассы | | | мягкие пластические материалы (асфальт, глины, смолы, масла и пр.) |
| | шар | параллелепипед | шар | параллелепипед | | |
| Стали . . . | 0,6 | 0,35 | 0,4 | 0,25 | 0 | |
| Бетон . . . | 0,35 | 0,15 | 0,25 | 0,1 | 0 | |
| Камень . . | 0,4 | 0,2 | 0,3 | 0,15 | 0 | |
| Дерево . . | 0,55 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0 | |
| Ксилолит . | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,05 | 0 | |
| Асфальт . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

2.8. При проверке конструкции на прочность и колебания следует различать одиночные и повторные импульсы и удары. Импульс (удар) называется одиночным, если он прикладывается эпизодически (например, случайное падение груза, короткое замыкание в электромашинах, удар струи газа или жидкости при наполнении резервуара и т. п.).

Импульсы (удары) называются повторными, если их повторение обусловлено технологией производства и носит систематический характер (например, многократные удары молотов, штампов, периодические вспышки газов в камере топки и т. п.).

2.9. При расчетном определении перемещений и внутренних усилий в конструкции под действием импульсивной нагрузки повторные импульсы (удары) целесообразно разделять на однократные и периодические.

Повторный импульс (удар) считается однократным, если промежуток времени между любыми смежными импульсами (ударами) больше $\frac{2T_1}{\gamma}$, где T_1 и γ определены в п. 1.5.

Одиночный импульс, определенный в п. 2.8, относится к однократному.

Повторные импульсы (удары) считаются периодическими, если промежутки времени между смежными импульсами (ударами) одинаковы и меньше $2T_1/\gamma$.

В этом случае промежуток времени между импульсами (ударами) называется перио-

дом импульсов (ударов) и обозначается через T_0 .

2.10. При проверке перекрытия на возмущение расположенной на нем виброизолированной установки с импульсивной нагрузкой, виброизоляция которой удовлетворяет условию п. 1.9, влияние виброизолированной установки на перекрытие можно учитывать путем статического расчета перекрытия на две различные эквивалентные постоянные нагрузки:

$$\left. \begin{aligned} P_v &= \frac{2\pi}{T_v} S \chi \left(\frac{T_v}{2T_1} \right) \varepsilon \left(\frac{\tau}{T_v} \right) e^{-\frac{\pi \gamma_v}{4}}, \\ P_1 &= 2\pi \frac{T_1}{T_v^2} S \varepsilon \left(\frac{\tau}{T_1} \right) e^{-\frac{\pi \gamma}{4}}, \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

приложенные к установке там же и так же, как и импульсивная нагрузка и соответствующие колебания перекрытия с двумя различными периодами T_v и T_1 .

Здесь S — величина кратковременного импульса, действующего на виброизолированную установку в кг · сек;

τ — продолжительность импульса в сек;

T_v и T_1 — основные периоды собственных колебаний виброизолированной установки и перекрытия соответственно в сек;

$\varepsilon \left(\frac{\tau}{T_v} \right)$ и $\varepsilon \left(\frac{\tau}{T_1} \right)$ — коэффициенты приведения импульса к мгновенному, определяемые по табл. 8 в зависимости от формы импульса и значений $\tau^* = \frac{\tau}{T_v}$ и $\tau^* = \frac{\tau}{T_1}$ соответственно;

$\chi \left(\frac{T_v}{2T_1} \right)$ — коэффициент, определяемый по табл. 8 в зависимости от $\tau^* = \frac{T_v}{2T_1}$ для силы, изменяющейся по форме полуволны синусоиды (форма 4);

γ_v и γ — коэффициенты внутреннего трения виброизоляторов (И 204—55) и перекрытия (табл. 2) соответственно.

В случае если импульсивная нагрузка возникает в результате прямого удара тела массой m , отличие будет состоять в том, что роль S играет ударный импульс (п. 2.7), а роль нагрузки P_v играет нагрузка \bar{P}_v , вычисляемая по формуле

$$\bar{P}_в = \sqrt{(mg)^2 + P_в^2} \quad (15)$$

Указания по определению перемещений и внутренних усилий в элементах перекрытия от действия на него виброизолированной установки даны в п. 4.7 инструкции, а указа-

ния по проверке допустимости возникающих в перекрытии колебаний для людей и оборудования даны в п. 1.16б.

Примечание. Допускается при определении периода $T_в$ считать перекрытие абсолютно жестким, а при определении периода T_1 не учитывать жесткость виброизоляторов и массу виброизолированной установки.

3. ЧАСТОТЫ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ

3.1. Определение частот собственных поперечных колебаний конструкции необходимо для вычисления зависящих от них перемещений и внутренних усилий, возникающих в конструкции при действии на нее импульсивной нагрузки.

Частоты собственных поперечных колебаний следует определять для элементов перекрытия, на которые импульсивная нагрузка действует непосредственно или передается через опирающиеся на них другие элементы перекрытия, а также через виброизоляторы.

Примечание. Для смежного перекрытия, отделенного стеной или деформационным швом от перекрытия, на которое действуют импульсивные нагрузки, частоты собственных колебаний определять не надо.

3.2. Для определения частот собственных колебаний должны быть подсчитаны полные (собственные и присоединенные) массы и изгибные жесткости элементов перекрытия и выбраны соответствующие расчетные схемы.

3.3. Полная масса элемента перекрытия определяется делением на ускорение силы тяжести ($g=9,8 \text{ м/сек}^2$) всех фактически действующих на него статических нагрузок (распределенных и сосредоточенных), обладающих весом (вес конструкции, машин, их постаментов и других весовых нагрузок). Статические нагрузки, не обладающие весом (реакции пружин, давления газов, силы трения и т. п.), при определении масс не учитываются. Импульсивные и другие динамические нагрузки не влияют на частоты собственных колебаний и при определении последних не принимаются во внимание. Из полезных весовых статических нагрузок учитываются лишь наиболее вероятные и длительно действующие в нормальных условиях эксплуатации (вес оборудования, сырья, фабрикатов и пр.). Случайные и кратковременные статические нагрузки (эпизодическое скопление людей в производственном помещении, ремонтные нагрузки и т. п.) не учитываются.

Распределение масс по элементу перекрытия принимается в соответствии с фактической схемой передачи статических нагрузок на элемент.

Примечание. Статическую нагрузку, учитываемую при определении масс, не следует смешивать с нормативной или расчетной нагрузкой, определяемой действующими нормами.

3.4. При определении частот собственных колебаний за изгибную жесткость элемента перекрытия можно принимать величину EI , где I — момент инерции полного поперечного сечения несущего элемента (для армированных сечений — без учета арматуры), а E — модуль упругости. При этом в качестве E следует принимать:

для стальных конструкций — модуль продольной упругости по СНиП II-V.3-62;

для бетонных и железобетонных конструкций — модуль упругости бетона при сжатии E_b по СНиП II-V.1-62;

для каменных и армокаменных конструкций — начальный модуль упругости кладки E_0 по СНиП II-V.2-62;

для деревянных конструкций $E = 100\,000 \text{ кг/см}^2$ независимо от породы древесины по СНиП II-V.4-62.

Для элементов балочных перекрытий можно принимать следующие моменты инерции:

для балок при уложенном по балкам монолитном настиле — момент инерции поперечного сечения балки;

для балок при уложенной по балкам монолитной железобетонной плите — сумму моментов инерции сечений балки и плиты; при этом расчетная ширина сечения плиты принимается равной расстоянию между осями балки, но не более половины пролета балки;

для балок ребристого монолитного перекрытия — момент инерции монолитного таврового сечения с шириной плиты, указанной выше (п. 3.4); если стальные балки обетонированы железобетонной плитой поверху или понизу, перекрытие рассматривается как ребристое монолитное;

для балочных плит — момент инерции поперечного сечения плиты шириной, равной пролету плиты;

для крупнопанельных плит определяется цилиндрическая жесткость плиты.

Если постамент под машину монолитно связан с перекрытием, его следует учитывать

при определении жесткости соответствующего элемента перекрытия.

3.5. Расчетную схему перекрытия при определении частот собственных колебаний следует выбирать руководствуясь соображениями наилучшего ее соответствия фактическим условиям работы конструкции. При этом рекомендуется учитывать обычно пренебрегаемые факторы в тех случаях, когда они способны оказывать существенное влияние на частоты, например податливость опор, изгибную жесткость стоек и т. п.

В приближенных расчетных схемах перекрытие можно рассматривать расчлененным на элементы (балки и плиты). Возможные приближенные расчетные схемы приведены в табл. 10.

Для конструкций, которые можно рассматривать как системы с конечным числом n степеней свободы (прил. 1, разд. А), определяется n круговых частот собственных колебаний p_i ($i=1,2,\dots,n$).

Для конструкций, которые теоретически представляют системы с бесконечно большим числом степеней свободы (прил. 1, разд. Б), количество вычисляемых частот, обеспечивающее допустимую погрешность результата расчета, составляет:

- при определении перемещений однопролетных балок — 2;
- N пролетных неразрезных балок — $N+1$;
- однопролетных плит — 4;
- при определении изгибающих моментов в однопролетных балках — 5;

Таблица 10

Приближенные расчетные схемы для элементов перекрытий

| Тип перекрытия | Элементы перекрытия, для которых определяются частоты | Расчетные схемы | |
|---|---|--|---|
| | | ориентировочные | уточненные |
| Плиты и настилы по балкам | Главные и вспомогательные балки. Плиты с пролетом более 1 м | Балки и балочные плиты однопролетные или неразрезные многопролетные (в зависимости от фактических условий) на жестких опорах | Те же, что и ориентировочные, но для вспомогательных балок и балочных плит опоры принимаются упругими |
| Железобетонные ребристые перекрытия | Главные и вспомогательные балки. Плиты с пролетом более 1,5 м | Неразрезные многопролетные балки и балочные плиты на жестких опорах | Те же, что и ориентировочные, но для вспомогательных балок и балочных плит опоры принимаются упругими |
| Железобетонные крупнопанельные плиты по стальному или железобетонному каркасу | Прогоны. Плиты | Неразрезные многопролетные балки на жестких опорах Однопролетные плиты на жестких опорах | Рамы с несмещающимися узлами Однопролетные плиты на упругих опорах |

Примечания: 1. При расчете следует учитывать фактическое количество пролетов неразрезных элементов, но не более 5.

2. Концы балок перекрытия, опирающиеся на стены, а также края крупнопанельных плит, опирающиеся на ригели рам, можно считать свободно опертыми.

3. Схему рамы рекомендуется применять в случаях, когда обобщенная жесткость стойки $\left(\frac{EI_c}{H^3}\right)$ превышает обобщенную жесткость ригеля.

3.6. Для каждого элемента перекрытия определяется спектр круговых частот собственных колебаний, т. е. последовательность круговых частот p_i , расположенных в порядке их возрастания:

$$p_1 < p_2 < \dots < p_i < \dots < p_n.$$

Круговая частота p_i (рад/сек), отвечающая i -му тону собственных колебаний конструкции, выражается через соответствующую частоту n_i (гц) и период T_i (сек) собственных колебаний равенствами:

$$p_i = 2\pi n_i = \frac{2\pi}{T_i}.$$

в N — пролетных неразрезных балках — $3N+1$;

в однопролетных плитах — 25.

Примечание. Для железобетонных балок и прямоугольных плит с типичными видами закрепления опор (прил. 2, разд. Б) даны таблицы коэффициентов Φ_z и Φ_M для определения соответственно наибольших во времени перемещений и изгибающих моментов, возникающих при действии сосредоточенного или распределенного мгновенного импульса (прил. 6). В этом случае требуется вычислить только одну первую (наинизшую) круговую частоту собственных колебаний p_1 , как это видно из формул прил. 2, так как влияние высших частот учтено табулированными коэффициентами Φ_z и Φ_M .

3.7. Круговые частоты собственных колебаний конструкций определяются с учетом

указаний настоящего раздела по формулам и таблицам приложения 1.

Примечание. Если расчетный случай выходит

за рамки приложения 1, расчет следует вести общими методами динамики сооружений, изложенными в соответствующих руководствах.

4. НАИБОЛЬШИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И ВНУТРЕННИЕ УСИЛИЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ ИМПУЛЬСИВНЫХ НАГРУЗОК

4.1. Под действием импульсивной нагрузки конструкция приходит в сложное колебательное движение, представляющее сумму свободных затухающих колебаний с различными частотами и начальными скоростями. Определению подлежат наибольшие во времени перемещения и внутренние усилия, возникающие при этих сложных колебаниях.

4.2. Наибольшие во времени перемещения z_d , изгибающие моменты M_d и поперечные силы Q_d определяются для элементов перекрытия, на которые импульсивная нагрузка действует непосредственно либо передается через другие элементы перекрытия или через виброизоляторы.

Примечание. Для элемента перекрытия, опирающегося на другие податливые элементы, должны определяться помимо перемещений точек самого элемента также перемещения его опор. Суммарное перемещение точки элемента в этом случае будет состоять из упругого перемещения элемента с основной частотой его собственных колебаний и перемещения его как твердого тела (обусловленного перемещением опор) с основной частотой собственных колебаний опорных элементов. Проверка амплитуд допускаемых колебаний в этом случае производится согласно примечанию к п. 1.16.

4.3. Массы, жесткости и расчетные схемы элементов перекрытия при определении перемещений и внутренних усилий, вызываемых импульсивной нагрузкой, принимаются, как и при определении частот собственных колебаний, согласно разделу 3 инструкции.

4.4. При определении перемещений z_d и внутренних усилий M_d и Q_d учитывается внутреннее трение в конструкции, снижающее величины переменных усилий и перемещений, возникающих при действии однократных и периодических импульсивных нагрузок. Значения коэффициента внутреннего трения γ принимаются по табл. 2 в зависимости от категории импульса.

Примечания: 1. Если на данный элемент перекрытия действует одновременно несколько импульсивных нагрузок разной категории, разрешается принимать из табл. 2 одно значение γ , соответствующее наибольшей категории этих нагрузок.

2. При расчете на однократные импульсы и удары конструкций, которые можно рассматривать как системы с одной степенью свободы, внутреннее трение можно не учитывать.

4.5. При одновременном действии на элемент перекрытия нескольких импульсов или

ударов наибольшие во времени суммарные перемещения и внутренние усилия в данном сечении элемента не равны сумме соответствующих величин, отвечающих каждому импульсу в отдельности, но определяются по правилам, указанным в приложениях 3 и 4 соответственно.

Примечания: 1. При расчете конструкций на мгновенные импульсы с помощью таблиц прил. 6 суммарные значения перемещений и изгибающих моментов разрешается определять в запас жесткости и прочности как сумму их значений, отвечающих отдельным импульсам.

2. Если знаки или фазы одновременно действующих на элемент перекрытия однократных или периодических импульсов и ударов неизвестны, они выбираются из условия, чтобы суммарные перемещения и внутренние усилия получились наибольшими по абсолютному значению.

4.6. При передаче импульсивной (ударной) нагрузки на данный элемент перекрытия через опору другого элемента перекрытия, поддерживаемого данным (например, на главную балку — через опору вспомогательной балки), разрешается в запас прочности и жесткости считать приближенно, что величина передающегося через опору импульса (удара) составляет от величины импульса (удара), действующего на поддерживаемый элемент, такую же долю, какую составляет реакция этой опоры от величины статической нагрузки, приложенной к поддерживаемому элементу там же и таким же образом (т. е. сосредоточенной в той же точке или распределенной на том же участке), как и импульсивная (ударная) нагрузка.

Примечание. Эта приближенная схема передачи импульсивной нагрузки выполняется тем точнее, чем жестче поддерживаемый элемент в сравнении с поддерживающим. В случае виброизолированной установки, опирающейся на перекрытие, эту схему передачи нагрузки применять нельзя; в этом случае следует руководствоваться указаниями п. 4.7.

4.7. При передаче импульсивной нагрузки на данный элемент перекрытия через виброизоляторы возникают колебания этого элемента с двумя различными круговыми частотами $p_b = \frac{2\pi}{T_b}$ и $p_1 = \frac{2\pi}{T_1}$ (п. 2.10) и наибольшими амплитудами z_b и z_1 . Амплитуды перемещений z_b и z_1 можно определять как прогибы при статическом действии эквивалентных на-

грузок P_v и P_1 , вычисляемых по формулам (14) п. 2.10, а отвечающие им скорости и ускорения элемента перекрытия определять произведениями амплитуды перемещения соответственно на круговую частоту и ее квадрат. Внутренние усилия можно определять статическим расчетом на нагрузку P_v .

В случае виброизолированной установки с ударной нагрузкой роль амплитуды z_v играет амплитуда z_v , которая определяется как прогиб при статическом действии нагрузки \bar{P}_v , где \bar{P}_v определяется по формуле (15) п. 2.10, $z_1 = z_1$, а внутренние усилия определяются статическим расчетом на нагрузку $\bar{P}_v + mg$.

4.8. При непосредственном действии на конструкцию импульсивной нагрузки наибольшие во времени перемещения z_d и внутренние усилия M_d и Q_d в конструкции определяются с учетом указаний настоящего раздела и вычисляются:

при действии однократных импульсов — по формулам прил. 2, полагая $z_d = z_0$, $M = M_0$, $Q_d = Q_0$;

при действии однократных ударов — по формулам прил. 3, полагая $z_d = z_0$, $M_d = \bar{M}_0$, $Q_d = \bar{Q}_0$;

при действии периодических импульсов и ударов — по формулам прил. 4, полагая $z_d = z_0^*$, $M_d = M_0^*$, $Q_d = Q_0^*$.

Примечания: 1. Если расчетный случай выходит за рамки рассмотренного в приложениях, расчет следует вести общими методами динамики сооружений, изложенными в соответствующих руководствах, но с учетом внутреннего трения и конечной продолжительности импульса.

2. В прил. 6 даны таблицы, позволяющие немедленно определять величины наибольших во времени перемещений z_0 и изгибающих моментов M_0 для железобетонных балок и плит при действии однократных мгновенных импульсов и ударов. При действии кратковременных (не мгновенных) импульсов и ударов эти таблицы можно использовать для проверки с заданным запасом условий прочности и жесткости. Если эти условия выполняются в предположении, что импульс или удар мгновенны, дальнейшего расчета производить не требуется. В противном случае необходимо определить величины z_0 и M_0 с учетом продолжительности импульса или удара по формулам прил. 2 или 3, привлекая таблицы прил. 5.

5. СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В КОНСТРУКЦИЯХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСИВНЫХ НАГРУЗОК

5.1. В случаях, когда не выполняются требования пп. 1.14, 1.15 и 1.16, обеспечивающие прочность или допустимые колебания конструкций, находящихся под действием импульсивных нагрузок, рекомендуется применять указанные ниже способы уменьшения амплитуд колебаний и переменных внутренних усилий в конструкциях.

При выборе способа следует руководствоваться в каждом конкретном случае соображениями целесообразности, эффективности и экономичности его применения. Ожидаемые результаты осуществления выбранного способа должны проверяться повторным расчетом конструкции на импульсивную нагрузку при изменившихся условиях.

Увеличение массы конструкции

5.2. С увеличением массы конструкции путем присоединения дополнительной массы при постоянстве прочих независимых параметров (размеров поперечных сечений, пролета, импульса) переменные перемещения и изгибающие моменты уменьшаются обратно пропорционально квадратному корню из полной массы конструкции, приведенной к равномерной распределенной в пролете или к сосредото-

точной в точке приложения импульса (удара).

Этот способ применим в случаях, когда переменные перемещения и изгибающие моменты, вызываемые импульсивной нагрузкой, составляют существенную долю соответственно от прогиба и момента, вызываемых статической нагрузкой (собственным весом и полезными грузами). В противном случае, даже при значительном уменьшении колебаний этим способом, условие прочности может не удовлетвориться вследствие повышения статических напряжений с увеличением постоянной нагрузки на конструкцию.

Способ может оказаться эффективным в применении к конструкциям, находящимся под действием импульсов IV категории, а также к конструкциям, характеризующимся небольшими статическими напряжениями (например, к перегородкам, подверженным действию импульсов или ударов).

Увеличение жесткости конструкции

5.3. С уменьшением пролета конструкции при постоянстве прочих независимых параметров (масс, поперечных сечений, импульса) переменные перемещения уменьшаются про-

порционально квадрату пролета, а переменные изгибающие моменты не меняются.

Уменьшение пролета возможно в случаях, когда требуется резко снизить только переменные перемещения конструкции.

С увеличением момента инерции поперечных сечений конструкции при постоянстве прочих независимых параметров (масс, пролетов, импульса) переменные перемещения уменьшаются обратно пропорционально квадратному корню из момента инерции, а переменные изгибающие моменты увеличиваются пропорционально той же величине.

Способ применим в случаях, когда амплитуды колебаний (перемещений) ограничены жестким требованием (например, при наличии на перекрытии чувствительного к колебаниям оборудования), а в конструкции имеются неиспользованные запасы прочности. При этом необходимо учитывать, что с увеличением жесткости напряжения от статических нагрузок уменьшаются в большей степени, нежели увеличиваются напряжения от импульсивных нагрузок. Это обстоятельство расширяет область применения способа.

Примечание. Если продолжительность действия импульса больше $0,1 T_1$ (T_1 — основной период собственных колебаний конструкции), то способы, изложенные в п. 5.3, уменьшая T_1 , приводят к некоторому уменьшению эквивалентных импульсов S_2 (см. п. 2.6 и рис. 2) и тем самым к дополнительному уменьшению перемещений и напряжений.

Одновременное увеличение массы и жесткости конструкции

5.4. Путем одновременного увеличения массы и жесткости конструкции можно обеспечить, как это видно из указаний пп. 5.2 и 5.3, существенное уменьшение переменных перемещений при некотором уменьшении суммарных изгибающих моментов (от статической и импульсивной нагрузок).

Изменение мест приложения импульсов или ударов на перекрытии

5.5. Переменные перемещения и изгибающие моменты в перекрытии можно уменьшить, если:

установки с импульсивным воздействием на основе располагать на тех элементах перекрытия, которые имеют наибольшую массу;

установки, порождающие импульсы сил вертикального направления, располагать вблизи опор конструкций;

установки, порождающие импульсы моментов, действующих в плоскости изгиба элемента, располагать в середине пролета элемента.

Виброизоляция установок с импульсивными нагрузками

5.6. Наиболее эффективным способом уменьшения скоростей и ускорений колебаний перекрытия, а в определенных случаях и изгибающих моментов в перекрытии, вызванных действием импульсивных нагрузок, является виброизоляция установок, порождающих эти нагрузки, т. е. передача импульсов или ударов на достаточно большие массы, опирающиеся на перекрытие через гибкие элементы (пружины) и обладающие низкой частотой собственных колебаний в сравнении с перекрытием (пп. 1.9 и 2.10). Такими массами могут служить в случае установок, порождающих импульсы, либо сами установки, если они достаточно массивны, либо установки с присоединенным к ним постаментом, а в случае ударов свободно летящих тел — массивные постаменты. Расчет и проектирование виброизоляции производится в соответствии с указаниями инструкции И 204—55.

Эффективность виброизоляции установок с импульсивными нагрузками тем выше, чем больше период собственных колебаний виброизолированной установки и чем меньше продолжительность действия импульса в сравнении с основным периодом собственных колебаний перекрытия. Эффективность виброизоляции можно оценивать:

а) с точки зрения влияния колебаний на людей и прецизионное оборудование — отношением ускорений или скоростей перекрытия, возникающих под действием невиброизолированной и виброизолированной установки с импульсивной нагрузкой, вычисляемым по формуле

$$\rho_1 = \frac{T_n^2}{T_1^2};$$

б) с точки зрения прочности перекрытия — отношением амплитуд колебаний перекрытия, возникающих под действием невиброизолированной и виброизолированной установки с импульсивной нагрузкой, вычисляемым по приближенной формуле

$$\rho_2 = \frac{T_n}{T_1} \cdot \frac{\epsilon \left(\frac{\tau}{T_1} \right)}{\epsilon \left(\frac{\tau}{T_n} \right)} \cdot \frac{1}{\alpha \left(\frac{T_n}{2T_1} \right)}.$$

Из этих формул видно, что виброизоляция установок с импульсивными нагрузками особенно эффективна в тех случаях, когда требуется резко уменьшить скорость или ускорение колебаний перекрытия с целью исключения их вредного влияния на людей и на работу точного оборудования. В тех же случаях когда требуется снизить переменные напряжения, виброизоляция оказывается эффективной только для импульсивных нагрузок малой продолжительности действия, для которых коэффициент $\varepsilon \left(\frac{\tau}{T_1} \right)$ не мал в сравнении с единицей (п. 2.6).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ

А. КОНСТРУКЦИИ, КОТОРЫЕ МОЖНО РАССМАТРИВАТЬ КАК СИСТЕМЫ С КОНЕЧНЫМ ЧИСЛОМ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ

Конструкции, рассматриваемые как системы с одной степенью свободы

Как системы с одной степенью свободы могут рассматриваться конструкции, имеющие только одну низкую частоту собственных колебаний в данном направлении (следующие частоты конструкции в десятки раз выше первой частоты). Таковы легкие конструкции, несущие тяжелый сосредоточенный груз, по сравнению с которым собственный вес конструкции пренебрежимо мал. В таких конструкциях низкая частота обусловлена влиянием массы тяжелого груза, а высокие частоты — влиянием собственной массы конструкции.

Примерами подобных конструкций являются установки на виброизоляторах, весьма податливых в сравнении с перекрытием (рис. 3, а и б), балки, плиты и

рамы с присоединенным сосредоточенным грузом, превышающим во много раз их собственный вес (рис. 3, в, г, д, е и ж), массивные фундаменты на грунте и т. п., если рассматривать соответственно только поступательные или только вращательные колебания груза (поступательные — на рис. 3, а, в, д, ж, и, вращательные — на рис. 3, б и г).

Круговая частота собственных поступательных колебаний (рад/сек) определяется по формуле

$$p_1 = \sqrt{\frac{k_1}{m_1}} = \frac{1}{\sqrt{m_1 \delta_{11}}}, \quad (16)$$

где k_1 — обобщенная жесткость конструкции в кг/м, определяемая как сила, которую надо приложить в центре масс груза, чтобы получить единичное перемещение в направлении колебаний;

δ_{11} — перемещение груза от единичной силы, приложенной в центре масс груза в направлении колебаний, в м/кг;

m_1 — масса груза в кг · сек²/м.

Иногда удобнее формула

$$p_1 = \frac{5}{\sqrt{z_{ст}}}, \quad (17)$$

где $z_{ст}$ — прогиб в см от силы, равной $m_1 g$, приложенной в центре массы и действующей в направлении колебаний.

Круговая частота собственных вращательных колебаний определяется по формуле

$$p_1 = \sqrt{\frac{k_\theta}{\theta}} = \frac{1}{\sqrt{\theta \delta_\theta}}, \quad (18)$$

где k_θ — обобщенная жесткость конструкции на поворот относительно центра вращения (кг · м), определяемая как момент, вызывающий единичный угол поворота в направлении колебаний;

δ_θ — угол поворота груза от приложенного к нему единичного момента в направлении колебаний (рад/кгм);

θ — момент инерции массы относительно оси, проходящей через центр вращения перпендикулярно к плоскости колебаний (кг · м · сек²).

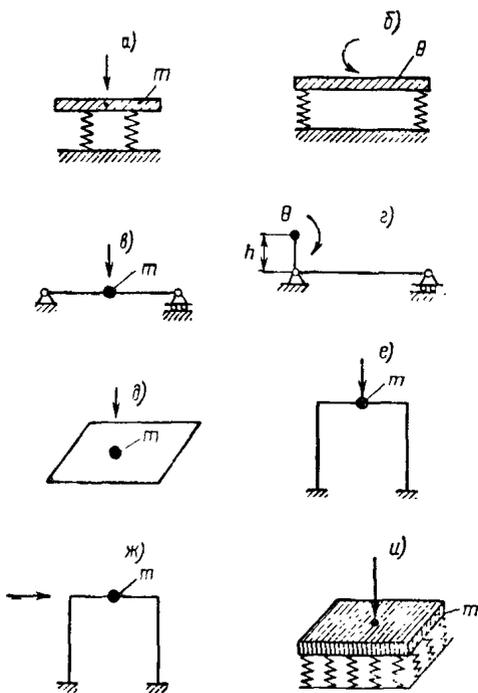


Рис. 3. Различные схемы систем с одной степенью свободы — а, б, в, г, д, е, ж, и

Конструкции, рассматриваемые как системы с двумя степенями свободы

Как системы с двумя степенями свободы можно рассматривать конструкции, имеющие только две низкие частоты собственных колебаний (следующие частоты в десятки раз выше второй частоты).

Таковы легкие балки и плиты с двумя присоединенными сосредоточенными массами, имеющими пренебрежимо малые моменты инерции относительно осей, проходящих через центры масс перпендикулярно плоскости колебаний (рис. 1, а, б, в). Такова же виброизо-

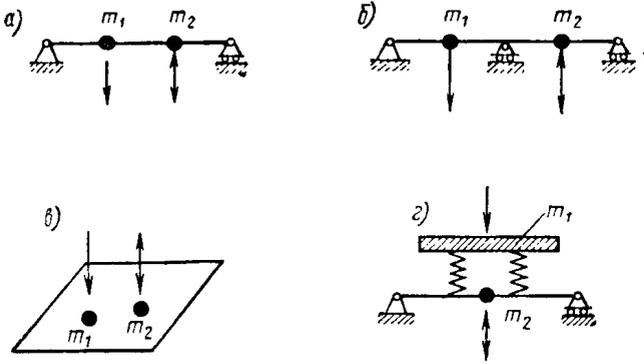


Рис. 4. Различные схемы систем с двумя степенями свободы — а, б, в, г

лированная установка на рис. 4, г, жесткость пружин которой сравнима с жесткостью поддерживающей их балки, а центр масс и центр жесткости лежат на одной вертикали, если рассматривать только поступательные колебания установки.

Круговые частоты собственных колебаний p_1 и p_2 для таких конструкций определяются по формулам:

$$p_1 = \frac{1}{\sqrt{\zeta_1}}; \quad p_2 = \frac{1}{\sqrt{\zeta_2}}, \quad (19)$$

где ζ_1 и ζ_2 — корни частотного уравнения;

$$\begin{vmatrix} m_1 \delta_{11} - \zeta, & m_2 \delta_{12} \\ m_1 \delta_{21}, & m_2 \delta_{22} - \zeta \end{vmatrix} = 0, \quad (20)$$

причем $\zeta_1 > \zeta_2$.

Здесь обозначено:

m_1 и m_2 — массы грузов в кг · сек²/м;

δ_{11} — перемещение 1-й массы от действия единичной силы на 1-ю массу в м/кг;

δ_{22} — перемещение 2-й массы от действия единичной силы на 2-ю массу в м/кг;

$\delta_{12} = \delta_{21}$ — перемещение 1-й (или 2-й) массы от действия единичной силы на 2-ю (или 1-ю) массу в м/кг.

Раскрытие определителя (20) приводит к квадратному уравнению

$$\zeta^2 - A_1 \zeta + A_2 = 0, \quad (21)$$

где обозначено

$$A_1 = m_1 \delta_{11} + m_2 \delta_{22}; \quad A_2 = m_1 m_2 (\delta_{11} \delta_{22} - \delta_{12}^2). \quad (22)$$

Корни уравнения (21)

$$\left. \begin{aligned} \zeta_1 &= \frac{1}{2} \left(A_1 + \sqrt{A_1^2 - 4A_2} \right), \\ \zeta_2 &= \frac{1}{2} \left(A_1 - \sqrt{A_1^2 - 4A_2} \right). \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

Конструкции, рассматриваемые как системы с тремя степенями свободы

Как системы с тремя степенями свободы можно рассматривать конструкции, имеющие только три низкие частоты собственных колебаний (следующие частоты в десятки раз выше третьей частоты). Примеры таких конструкций легко составить, добавляя к конструкциям с двумя степенями свободы (рис. 4) еще одну степень свободы (одну массу или одно направление колебаний).

Круговые частоты собственных колебаний p_1, p_2, p_3 для таких конструкций определяются формулами:

$$p_1 = \frac{1}{\sqrt{\zeta_1}}, \quad p_2 = \frac{1}{\sqrt{\zeta_2}}, \quad p_3 = \frac{1}{\sqrt{\zeta_3}}, \quad (24)$$

где $\zeta_1 > \zeta_2 > \zeta_3$ — корни частотного уравнения

$$\begin{vmatrix} m_1 \delta_{11} - \zeta, & m_2 \delta_{12}, & m_3 \delta_{13} \\ m_1 \delta_{21}, & m_2 \delta_{22} - \zeta, & m_3 \delta_{23} \\ m_1 \delta_{31}, & m_2 \delta_{32}, & m_3 \delta_{33} - \zeta \end{vmatrix} = 0. \quad (25)$$

Здесь δ_{kr} — перемещение k -й массы в направлении ее колебаний от действия единичной силы на r -ю массу в направлении ее колебаний в м/кг; при этом $\delta_{kr} = \delta_{rk}$ при $k \neq r$; m_k — масса с номером k в кг · сек²/м.

Раскрытие определителя (25) дает кубическое уравнение

$$\zeta^3 - A_1 \zeta^2 + A_2 \zeta - A_3 = 0, \quad (26)$$

где

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= m_1 \delta_{11} + m_2 \delta_{22} + m_3 \delta_{33}, \\ A_2 &= m_1 m_2 (\delta_{11} \delta_{22} - \delta_{12}^2) + \\ &+ m_2 m_3 (\delta_{22} \delta_{33} - \delta_{23}^2) + m_3 m_1 (\delta_{33} \delta_{11} - \delta_{31}^2), \\ A_3 &= m_1 m_2 m_3 [\delta_{11} \delta_{22} \delta_{33} + 2 \delta_{12} \delta_{23} \delta_{31} - \\ &- (\delta_{11} \delta_{23}^2 + \delta_{22} \delta_{31}^2 + \delta_{33} \delta_{12}^2)]. \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

Вычислив значения A_1, A_2 и A_3 , можно определить наибольший корень ζ_1 уравнения (26) методом последовательных попыток, задаваясь вначале приближенным значением

$$\zeta_1 \approx \frac{1}{2} \left(A_1 + \sqrt{A_1^2 - 4A_2} \right).$$

Определив корень ζ_1 с достаточно высокой точностью, следует разделить левую часть уравнения (26) на $\zeta - \zeta_1$ и из полученного в результате деления квадратного уравнения определить корни ζ_2 и ζ_3 .

Конструкции, рассматриваемые как системы с n степенями свободы

Здесь имеются в виду конструкции, у которых наблюдается n низких частот собственных колебаний, а следующие частоты в десятки раз выше n -й частоты.

Круговые частоты p_i собственных колебаний подобных конструкций определяются по формулам:

$$p_i = \frac{1}{\sqrt{\zeta_i}}, \quad (28)$$

где ζ_i — корни частотного уравнения.

$$\begin{vmatrix} m_1\delta_{11} - \zeta & m_2\delta_{12} & \dots & m_n\delta_{1n} \\ m_1\delta_{21} & m_2\delta_{22} - \zeta & \dots & m_n\delta_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_1\delta_{n1} & m_2\delta_{n2} & \dots & m_n\delta_{nn} - \zeta \end{vmatrix} = 0. \quad (29)$$

Здесь δ_{kr} определено выше.
Раскрытие определителя (29) приводит к уравнению n -й степени относительно ζ :

$$\zeta^n - A_1\zeta^{n-1} + A_2\zeta^{n-2} + \dots + (-1)^n A_n = 0, \quad (30)$$

коэффициенты которого представляются выражениями:

$$A_1 = \sum_{k=1}^n m_k \delta_{kk},$$

$$A_2 = \sum_{k=1}^n \sum_{r=1}^{k-1} m_k m_r \begin{vmatrix} \delta_{kk} & \delta_{kr} \\ \delta_{rk} & \delta_{rr} \end{vmatrix}, \quad \dots$$

$$A_3 = \sum_{k=1}^n \sum_{r=1}^{k-1} \sum_{q=1}^{r-1} m_k m_r m_q \begin{vmatrix} \delta_{kk} & \delta_{kr} & \delta_{kq} \\ \delta_{rk} & \delta_{rr} & \delta_{rq} \\ \delta_{qk} & \delta_{qr} & \delta_{qq} \end{vmatrix}, \quad \dots$$

$$A_n = m_1 m_2 \dots m_n \begin{vmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \dots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \dots & \delta_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{n1} & \delta_{n2} & \dots & \delta_{nn} \end{vmatrix}. \quad (31)$$

Возрастающей последовательности частот (28) соответствует убывающая последовательность корней

$$\zeta_1 > \zeta_2 > \dots > \zeta_n. \quad (32')$$

Определение корней уравнения (30) после вычисления коэффициентов (31) можно производить методом последовательных попыток. При этом в качестве первых приближений можно задаваться следующими значениями крайних корней ζ_1 и ζ_n :

$$\zeta_1 \approx A_1, \quad \zeta_n \approx \frac{A_n}{A_{n-1}}.$$

Б. КОНСТРУКЦИИ, КОТОРЫЕ СЛЕДУЕТ РАССМАТРИВАТЬ КАК СИСТЕМЫ С БЕСКОНЕЧНО БОЛЬШИМ ЧИСЛОМ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ

Здесь имеются в виду конструкции с распределенными массами (с распределенными собственным весом и весом полезных нагрузок), а также конструкции, несущие присоединенные сосредоточенные массы, по сравнению с которыми распределенной массой пренебрегать нельзя. К подобным конструкциям относятся, как правило, элементы перекрытий и перегородок (балки, плиты, рамы).

Ниже даются формулы и таблицы для определения спектра круговых частот p_i (рад/сек) собственных поперечных колебаний конструкций, представляющих различные элементы перекрытий в соответствии с ориентировочными расчетными схемами (табл. 10).

1. Однопролетные балки

Балки с равномерно распределенной массой

Круговые частоты собственных поперечных колебаний определяются по формуле

$$p_i = \frac{\lambda_i^2}{l^2} \sqrt{\frac{D}{\mu_0}}. \quad (32)$$

Здесь $i=1, 2, 3, \dots$ — номер частоты, соответствующий номеру тона собственных колебаний;

l — пролет балки в м;
 $D = EI$ — жесткость балки в кг·м²;
 E — модуль нормальной упругости в кг/м²;
 I — момент инерции поперечного сечения балки относительно нейтральной оси, постоянный по ее длине в м⁴;

$\mu_0 = \frac{q_0}{g}$ — погонная масса балки в кг·сек²/м²;
 g — погонная нагрузка (собственная и полезная) в кг/м;

$g = 9,8$ м/сек² — ускорение силы тяжести;
 λ_i — коэффициент i -й частоты собственных колебаний, квадраты которого даны в табл. 11 в зависимости от i и вида закрепления концов балки.

Таблица 11

Квадраты коэффициентов частоты (λ_i^2) для однопролетных балок

| Вид закрепления конца | | $i=1$ | $i=2$ | $i=3$ | $i=4$ | $i=5$ | $i>5$ |
|-----------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| левого | правого | | | | | | |
| Защемлен | Свободен | 3,516 | 22,03 | 61,67 | 120,9 | 199,9 | $\left(i - \frac{1}{2}\right)^2 \pi^2$ |
| Оперт | Оперт | 9,87 | 39,48 | 88,83 | 157,9 | 246,7 | $i^2 \pi^2$ |
| " | Защемлен | 15,42 | 49,96 | 104,3 | 178,3 | 272 | $\left(i + \frac{1}{4}\right)^2 \pi^2$ |
| " | Свободен | 15,42 | 49,96 | 104,3 | 178,3 | 272 | $\left(i + \frac{1}{4}\right)^2 \pi^2$ |
| Защемлен | Защемлен | 22,37 | 61,67 | 120,9 | 199,9 | 298,6 | $\left(i + \frac{1}{2}\right)^2 \pi^2$ |
| Свободен | Свободен | 22,37 | 61,67 | 120,9 | 199,9 | 298,6 | $\left(i + \frac{1}{2}\right)^2 \pi^2$ |

Балки с равномерно распределенной и сосредоточенными массами (рис. 5)

Круговые частоты собственных колебаний определяются по формуле

$$p_i = \frac{\lambda_i^2}{l^2} \sqrt{\frac{D}{\mu_i}}, \quad (33)$$

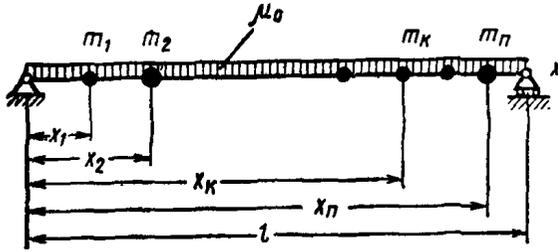


Рис. 5. Схема однопролетной балки с равномерно распределенной и сосредоточенными массами

где μ_i — приведенная погонная масса в $\text{кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}^2$, соответствующая i -му тону колебаний, вычисляемая по приближенной формуле

$$\mu_i = \mu_0 + \frac{1}{l} \sum_{k=1}^n X_i^2(\alpha_k) m_k. \quad (34)$$

Здесь k — номер сосредоточенной массы на балке;
 n — количество сосредоточенных масс на балке;
 m — сосредоточенная масса номера k в $\text{кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}$;
 $\alpha_k = \frac{x_{kk}}{l}$ — относительная абсцисса массы m_k на балке;
 x_k — абсцисса массы m_k в м ;
 $X_i^2(\alpha_k)$ — коэффициент приведения массы m_k к равномерно распределенной;
 $X_i(\alpha_k)$ — значение нормированной балочной функции в точке x_k , определяемое из табл. 20—25 прил. 5 в зависимости от вида закрепления концов балки, номера тона колебаний и значения $\alpha = \alpha_k$.

Обозначения остальных величин см. выше.

Погрешность формулы (34) тем меньше, чем симметричнее расположены на балке сосредоточенные массы, чем меньше их величины и чем меньше они различаются между собой.

Для более точного определения приведенных погонных масс составляются уравнения вида

$$(1 - \lambda_i^4 \zeta) a_i + \sum_{k=1}^n \frac{m_k}{\nu_{0l}} X_i(\alpha_k) \sum_{j=1}^s a_j X_j(\alpha_k) = 0, \quad (35)$$

где a_i, a_j — параметры, подлежащие исключению;
 $i = 1, 2, \dots, s$;
 s — количество определяемых частот колебаний;
 n — количество сосредоточенных масс на балке;
 ζ — неизвестное, подлежащее определению.

Число уравнений (35) равно s . После исключения параметров a получается уравнение s -й степени относительно ζ . С помощью корней этого уравнения, расположенных в порядке убывания,

$$\zeta_1 > \zeta_2 > \zeta_3 > \dots > \zeta_s,$$

определяются приведенные массы μ_i по формуле

$$\mu_i = \mu_0 \lambda_i^4 \zeta_i. \quad (36)$$

2. Неразрезные балки

Равнопролетные балки с постоянными по длине жесткостью и массой

Круговые частоты собственных колебаний определяются по формуле (32), в которой D и μ_0 сохраняют прежние значения, l — расстояние между соседними опорами в м ; λ_i — коэффициент частоты i -го тона колебаний, квадраты которого даны в табл. 12.

Равнопролетные балки постоянной жесткости при наличии сосредоточенных масс (рис. 6)

Круговые частоты p_i определяются по формуле (33), в которой D, l и λ_i^2 имеют значения, определенные в п. Б.1 настоящего приложения, а приведенная погонная масса μ_i определяется по приближенной формуле

$$\mu_i = \mu_0 + \frac{1}{l} \sum_{k=1}^n X_i^2(\alpha_k) m_k. \quad (37)$$

Здесь: μ_0 — постоянная погонная масса в $\text{кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}^2$;
 k — номер сосредоточенной массы, отсчитываемый от левого конца балки;
 n — число всех сосредоточенных масс на балке;

$$\alpha_k = \frac{x_k}{l} \quad \text{— относительная абсцисса массы } m_k,$$

отсчитываемая от левого конца пролета, в котором она расположена;

x_k — абсцисса массы m_k , отсчитываемая от левого конца пролета, в котором она расположена;

l — пролет между соседними опорами;

$X_i(\alpha_k)$ — значение нормированной балочной функции в точке x_k , определяемое для балки с опертыми крайними концами из табл. 26—39 прил. 5 в зависимости от числа пролетов балки N , номера пролета r , в котором расположена данная сосредоточенная масса, и от номера тона колебаний i .

Погрешность формулы (37) тем меньше, чем симметричнее расположены массы на балке, чем меньше их величина и меньше они различаются между собой.

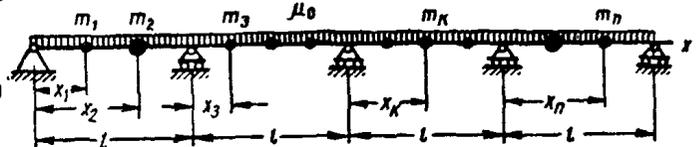


Рис. 6. Схема неразрезной равнопролетной балки с равномерно распределенной и сосредоточенными массами

Неразрезные балки в общем случае

Для неразрезных балок с различными длинами пролетов или с различными жесткостями в разных пролетах не существует удобных приближенных формул для определения спектра круговых частот p_i . В таком случае следует применять общие методы динамики стержневых систем.

Квадраты коэффициентов частоты (λ_i^2) для неразрезных равнопролетных балок
(для N -пролетной балки дается $3N+1$ значений λ_i^2)

| Вид закрепления конца | | Количество пролетов | $i=1$ | $i=2$ | $i=3$ | $i=4$ | $i=5$ | $i=6$ | $i=7$ | $i=8$ | $i=9$ | $i=10$ | $i=11$ | $i=12$ | $i=13$ | $i=14$ | $i=15$ | $i=16$ |
|-----------------------|----------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| левого | правого | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Оперт | Оперт | 2 | 9,87 | 15,42 | 39,48 | 49,97 | 88,83 | 104,2 | 157,9 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | 3 | 9,87 | 12,65 | 18,47 | 39,48 | 45 | 55,19 | 88,83 | 97,02 | 111,8 | 157,9 | — | — | — | — | — | — |
| | | 4 | 9,87 | 11,52 | 15,42 | 19,91 | 39,48 | 42,85 | 49,97 | 57,64 | 88,83 | 93,84 | 104,2 | 115,2 | 157,9 | — | — | — |
| Оперт | Защемлен | 5 | 9,87 | 10,95 | 13,69 | 17,25 | 20,7 | 39,48 | 41,73 | 46,91 | 53,18 | 58,94 | 88,83 | 92,18 | 99,78 | 108,8 | 116,6 | 157,9 |
| | | 2 | 11,52 | 19,91 | 42,85 | 57,64 | 93,84 | 115,2 | 164,5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | 3 | 10,63 | 15,42 | 21,18 | 41,09 | 49,97 | 59,71 | 91,22 | 104,2 | 118,1 | 161,1 | — | — | — | — | — | — |
| Защемлен | Защемлен | 4 | 10,31 | 13,28 | 17,71 | 21,66 | 40,42 | 46,16 | 53,91 | 60,51 | 90,21 | 98,72 | 109,9 | 119,3 | 159,7 | — | — | — |
| | | 5 | 10,16 | 12,16 | 15,42 | 19,07 | 21,93 | 40,08 | 44,1 | 49,97 | 56,21 | 60,92 | 89,74 | 95,69 | 104,2 | 113,2 | 119,9 | 159,1 |
| | | 2 | 15,42 | 22,37 | 49,97 | 61,67 | 104,2 | 120,9 | 178,2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | 3 | 12,65 | 18,47 | 22,38 | 45 | 55,19 | 61,67 | 97,02 | 111,7 | 120,9 | 168,7 | — | — | — | — | — | — |
| | | 4 | 11,52 | 15,42 | 19,91 | 22,37 | 42,85 | 49,97 | 57,64 | 61,67 | 93,84 | 104,2 | 115,2 | 120,9 | 164,6 | — | — | — |
| | | 5 | 10,95 | 13,69 | 17,25 | 20,7 | 22,37 | 41,73 | 46,91 | 53,18 | 58,94 | 61,67 | 92,18 | 99,78 | 110,8 | 117,1 | 120,9 | 162,4 |

Однако при определении перемещений неразрезных балок, вызванных импульсивной нагрузкой, нередко можно ограничиться в качестве первого приближения учетом только одного первого (основного) тона колебаний. В этом случае, если длины, жесткости и массы пролетов не очень сильно отличаются между собой, первую круговую частоту собственных колебаний неразрезной балки можно оценивать следующим приближенным способом.

Неразрезная балка (рис. 7,а) мысленно разрезается над всеми промежуточными опорами и в местах разрезов ставятся подвижные или неподвижные шарнирные опоры (рис. 7,б). Тогда каждый пролет будет на-

где первый индекс указывает на 1-й тон колебаний, а второй — на номер пролета N -пролетной балки, то круговую частоту неразрезной балки можно оценить по приближенной формуле (38):

$$p_1 = \sqrt[4]{\frac{N}{\sum_{r=1}^N \frac{1}{p_{1r}^4}}} \quad (38)$$

Частоты p_{r1} вычисляются в соответствии с указаниями раздела Б, п. 4 настоящего приложения.

Формула (38) дает тем меньшую погрешность, чем меньше отличаются между собой частоты p_{1r} .

Если наименьшая и наибольшая из этих частот отличаются между собой более чем вдвое, формула (38) может быть использована лишь для ориентировочной оценки первой частоты.

3. Однопролетные прямоугольные плиты

Плиты с равномерно распределенной массой

Круговые частоты собственных колебаний определяются по формуле

$$p_i = \frac{\lambda_i^2}{l^2} \sqrt{\frac{D}{\mu_0}} \quad (39)$$

Здесь $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu_0^2)}$ — цилиндрическая жесткость

плиты в кг·м;
 E — модуль нормальной упругости в кг/м²;
 h — толщина плиты в м;
 ν_0 — коэффициент поперечной деформации;
 μ_0 — интенсивность равномерно распределенной массы (собственной и присоединенной) на единицу площади в кг·сек²/м³;
 l и b — размеры плиты в направлениях осей x и y соответственно в м;

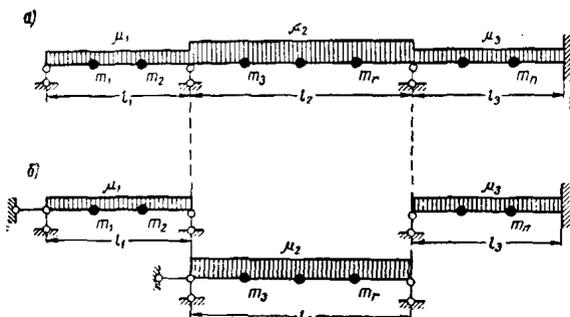


Рис. 7. Расчетная схема для приближенной оценки основной частоты собственных колебаний неразрезных балок

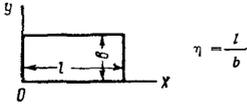
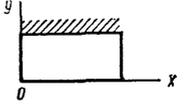
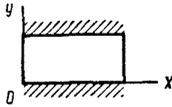
а — неразрезная балка; б — расчлененная балка

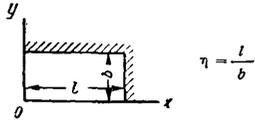
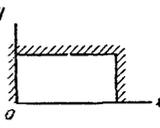
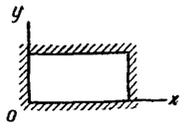
ходиться в условиях однопролетной балки, причем внутренние пролеты будут представлять свободно опертые балки, а крайние пролеты — балки, одним концом свободно опертые, а другим концом закрепленные так же, как и соответственные крайние концы неразрезной балки.

Если первые круговые частоты этих однопролетных балок обозначить через

$$p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1r}, \dots, p_{1N},$$

Четвертые степени коэффициентов частоты (λ_i^4) для прямоугольных плит

| Номер тона i | Индексы | | Вид закрепления краев плиты | | |
|----------------|---------|-----|---|---|--|
| | r | l |  |  |  |
| 1 | 1 | 1 | $\pi^4 (1 + \eta^2)^2$ | $97,41 + 227,2 \eta^2 + 237,7 \eta^4$ | $97,41 + 242,9 \eta^2 + 500,5 \eta^4$ |
| 2 | 1 | 2 | $\pi^4 (1 + 4\eta^2)^2$ | $97,41 + 846,7 \eta^2 + 2496 \eta^4$ | $97,41 + 908,9 \eta^2 + 3804 \eta^4$ |
| 3 | 2 | 1 | $\pi^4 (4 + \eta^2)^2$ | $1559 + 908,9 \eta^2 + 237,7 \eta^4$ | $1559 + 971,6 \eta^2 + 500,5 \eta^4$ |
| 4 | 2 | 2 | $16 \pi^4 (1 + \eta^2)^2$ | $1559 + 3387 \eta^2 + 2496 \eta^4$ | $1559 + 3635 \eta^2 + 3804 \eta^4$ |
| 5 | 1 | 3 | $\pi^4 (1 + 9\eta^2)^2$ | $97,41 + 1856 \eta^2 + 10870 \eta^4$ | $97,41 + 1952 \eta^2 + 14620 \eta^4$ |
| 6 | 3 | 1 | $\pi^4 (9 + \eta^2)^2$ | $7890 + 2045 \eta^2 + 237,7 \eta^4$ | $7890 + 2186 \eta^2 + 500,5 \eta^4$ |
| 7 | 2 | 3 | $\pi^4 (4 + 9\eta^2)^2$ | $1559 + 7424 \eta^2 + 10870 \eta^4$ | $1559 + 7810 \eta^2 + 14620 \eta^4$ |
| 8 | 3 | 2 | $\pi^4 (9 + 4\eta^2)^2$ | $7890 + 7620 \eta^2 + 2496 \eta^4$ | $7890 + 8180 \eta^2 + 3804 \eta^4$ |
| 9 | 3 | 3 | $81 \pi^4 (1 + \eta^2)^2$ | $7890 + 16710 \eta^2 + 10870 \eta^4$ | $7890 + 17570 \eta^2 + 14620 \eta^4$ |
| 10 | 1 | 4 | $\pi^4 (1 + 16\eta^2)^2$ | $97,41 + 3255 \eta^2 + 31780 \eta^4$ | $97,41 + 3387 \eta^2 + 39940 \eta^4$ |
| 11 | 4 | 1 | $\pi^4 (16 + \eta^2)^2$ | $24940 + 3636 \eta^2 + 237,7 \eta^4$ | $24940 + 3886 \eta^2 + 500,5 \eta^4$ |
| 12 | 2 | 4 | $16 \pi^4 (1 + 4\eta^2)^2$ | $1559 + 13020 \eta^2 + 31780 \eta^4$ | $1559 + 13550 \eta^2 + 39940 \eta^4$ |
| 13 | 4 | 2 | $16 \pi^4 (4 + \eta^2)^2$ | $24940 + 13550 \eta^2 + 2496 \eta^4$ | $24940 + 14540 \eta^2 + 3804 \eta^4$ |
| 14 | 3 | 4 | $\pi^4 (9 + 16\eta^2)^2$ | $7890 + 29300 \eta^2 + 31780 \eta^4$ | $7890 + 30480 \eta^2 + 39940 \eta^4$ |
| 15 | 4 | 3 | $\pi^4 (16 + 9\eta^2)^2$ | $24940 + 29700 \eta^2 + 10870 \eta^4$ | $24940 + 31240 \eta^2 + 14620 \eta^4$ |
| 16 | 4 | 4 | $256 \pi^4 (1 + \eta^2)^2$ | $24940 + 52080 \eta^2 + 31780 \eta^4$ | $24940 + 54190 \eta^2 + 39940 \eta^4$ |
| 17 | 1 | 5 | $\pi^4 (1 + 25\eta^2)^2$ | $97,41 + 5044 \eta^2 + 74000 \eta^4$ | $97,41 + 5211 \eta^2 + 89140 \eta^4$ |
| 18 | 5 | 1 | $\pi^4 (25 + \eta^2)^2$ | $60880 + 5681 \eta^2 + 237,7 \eta^4$ | $60880 + 6072 \eta^2 + 500,5 \eta^4$ |
| 19 | 2 | 5 | $\pi^4 (4 + 25\eta^2)^2$ | $1559 + 20180 \eta^2 + 74000 \eta^4$ | $1559 + 20840 \eta^2 + 89140 \eta^4$ |
| 20 | 5 | 2 | $\pi^4 (25 + 4\eta^2)^2$ | $60880 + 21170 \eta^2 + 2496 \eta^4$ | $60880 + 22720 \eta^2 + 3804 \eta^4$ |
| 21 | 3 | 5 | $\pi^4 (9 + 25\eta^2)^2$ | $7890 + 45400 \eta^2 + 74000 \eta^4$ | $7890 + 46900 \eta^2 + 89140 \eta^4$ |
| 22 | 5 | 3 | $\pi^4 (25 + 9\eta^2)^2$ | $60880 + 46400 \eta^2 + 10870 \eta^4$ | $60880 + 48810 \eta^2 + 14620 \eta^4$ |
| 23 | 4 | 5 | $\pi^4 (16 + 25\eta^2)^2$ | $24940 + 80700 \eta^2 + 74000 \eta^4$ | $24940 + 83380 \eta^2 + 89140 \eta^4$ |
| 24 | 5 | 4 | $\pi^4 (25 + 16\eta^2)^2$ | $60880 + 81380 \eta^2 + 31780 \eta^4$ | $60880 + 84680 \eta^2 + 39940 \eta^4$ |
| 25 | 5 | 5 | $625 \pi^4 (1 + \eta^2)^2$ | $60880 + 126100 \eta^2 + 74000 \eta^4$ | $60880 + 130300 \eta^2 + 89140 \eta^4$ |

| Номер тона i | Индексы | | Вид закрепления краев плиты | | |
|----------------------|---------|-----|---|---|--|
| | r | j |  |  |  |
| 1 | 1 | 1 | $237,7+265,1 \eta^2+237,7 \eta^4$ | $500,5+283,3 \eta^2+237,7 \eta^4$ | $500,5+302,7 \eta^2+500,5 \eta^4$ |
| 2 | 1 | 2 | $237,7+987,6 \eta^2+2496 \eta^4$ | $500,5+1056 \eta^2+2496 \eta^4$ | $500,5+1133 \eta^2+3804 \eta^4$ |
| 3 | 2 | 1 | $2496+987,6 \eta^2+237,7 \eta^4$ | $3804+1060 \eta^2+237,7 \eta^4$ | $3804+1133 \eta^2+500,5 \eta^4$ |
| 4 | 2 | 2 | $2496+3679 \eta^2+2496 \eta^4$ | $3804+3950 \eta^2+2496 \eta^4$ | $3804+4240 \eta^2+3804 \eta^4$ |
| 5 | 1 | 3 | $237,7+2165 \eta^2+10870 \eta^4$ | $500,5+2314 \eta^2+10870 \eta^4$ | $500,5+2434 \eta^2+14620 \eta^4$ |
| 6 | 3 | 1 | $10870+2165 \eta^2+237,7 \eta^4$ | $14620+2277 \eta^2+237,7 \eta^4$ | $14620+2434 \eta^2+500,5 \eta^4$ |
| 7 | 2 | 3 | $2496+8067 \eta^2+10870 \eta^4$ | $3804+8659 \eta^2+10870 \eta^4$ | $3804+9108 \eta^2+14620 \eta^4$ |
| 8 | 3 | 2 | $10870+8067 \eta^2+2496 \eta^4$ | $14620+8485 \eta^2+2496 \eta^4$ | $14620+9108 \eta^2+3804 \eta^4$ |
| 9 | 3 | 3 | $10870+17680 \eta^2+10870 \eta^4$ | $14620+18600 \eta^2+10870 \eta^4$ | $14620+19570 \eta^2+14620 \eta^4$ |
| 10 | 1 | 4 | $237,7+3797 \eta^2+31780 \eta^4$ | $500,5+4058 \eta^2+31780 \eta^4$ | $500,5+4223 \eta^2+39940 \eta^4$ |
| 11 | 4 | 1 | $31780+3797 \eta^2+237,7 \eta^4$ | $39940+3951 \eta^2+237,7 \eta^4$ | $39940+4223 \eta^2+500,5 \eta^4$ |
| 12 | 2 | 4 | $2496+14150 \eta^2+31780 \eta^4$ | $3804+15190 \eta^2+31780 \eta^4$ | $3804+15800 \eta^2+39940 \eta^4$ |
| 13 | 4 | 2 | $31780+14150 \eta^2+2496 \eta^4$ | $39940+14720 \eta^2+2496 \eta^4$ | $39940+15800 \eta^2+3804 \eta^4$ |
| 14 | 3 | 4 | $10870+31010 \eta^2+31780 \eta^4$ | $14620+32620 \eta^2+31780 \eta^4$ | $14620+33940 \eta^2+39940 \eta^4$ |
| 15 | 4 | 3 | $31780+31010 \eta^2+10870 \eta^4$ | $39940+32270 \eta^2+10870 \eta^4$ | $39940+33940 \eta^2+14620 \eta^4$ |
| 16 | 4 | 4 | $31780+54390 \eta^2+31780 \eta^4$ | $39940+56590 \eta^2+31780 \eta^4$ | $39940+58890 \eta^2+39940 \eta^4$ |
| 17 | 1 | 5 | $237,7+5883 \eta^2+74000 \eta^4$ | $500,5+6289 \eta^2+74000 \eta^4$ | $500,5+6497 \eta^2+89140 \eta^4$ |
| 18 | 5 | 1 | $74000+5883 \eta^2+237,7 \eta^4$ | $89140+6078 \eta^2+237,7 \eta^4$ | $89140+6497 \eta^2+500,5 \eta^4$ |
| 19 | 2 | 5 | $2496+21920 \eta^2+74000 \eta^4$ | $3804+23530 \eta^2+74000 \eta^4$ | $3804+24310 \eta^2+89140 \eta^4$ |
| 20 | 5 | 2 | $74000+21920 \eta^2+2496 \eta^4$ | $89140+22650 \eta^2+2496 \eta^4$ | $89140+24310 \eta^2+3804 \eta^4$ |
| 21 | 3 | 5 | $10870+48060 \eta^2+74000 \eta^4$ | $14620+50550 \eta^2+74000 \eta^4$ | $14620+52220 \eta^2+89140 \eta^4$ |
| 22 | 5 | 3 | $74000+48060 \eta^2+10870 \eta^4$ | $89140+49650 \eta^2+10870 \eta^4$ | $89140+52220 \eta^2+14620 \eta^4$ |
| 23 | 4 | 5 | $31780+84280 \eta^2+74000 \eta^4$ | $39940+87690 \eta^2+74000 \eta^4$ | $39940+90600 \eta^2+89140 \eta^4$ |
| 24 | 5 | 4 | $74000+84280 \eta^2+31780 \eta^4$ | $89140+87070 \eta^2+31780 \eta^4$ | $89140+90600 \eta^2+39940 \eta^4$ |
| 25 | 5 | 5 | $74000+130600 \eta^2+74000 \eta^4$ | $89140+134900 \eta^2+74000 \eta^4$ | $89140+139400 \eta^2+89140 \eta^4$ |

$$\eta = \frac{l}{b}$$

$\lambda_i = \lambda_{rj}$ — коэффициент частоты i -го тона собственных колебаний плиты, зависящий от отношения η , четвертые степени которого даны в табл. 13 для 25 тонов колебаний плит с шестью различными видами закрепления концов;

r, j — индексы нормированных балочных функций $X_r(x)$ и $Y_j(y)$, произведение которых $X_r(x)Y_j(y)$ определяет i -ю форму собственных колебаний плиты; при этом балочная функция $X_r(x)$ определяется для балки, имеющей тот же вид закрепления концов, как и стержень-полоска, вырезанная из плиты вдоль оси x ; балочная функция $Y_j(y)$ определяется для стержня-полоски, вырезанной из плиты вдоль оси y (рис. 8).

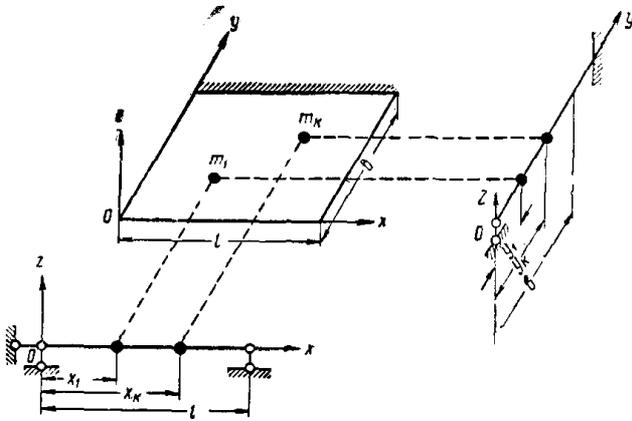


Рис. 8. Схема, показывающая характер соответствия между плитой и воображаемыми балками

Не существует единого соответствия между номерами i тонов колебаний плиты и индексами r и j балочных функций, определяющих форму колебаний плиты, для которого во всех случаях получалась бы монотонно возрастающая последовательность частот p_i . Здесь принято наиболее естественное соответствие, отраженное в первых трех графах табл. 13, которое определяет в общем возрастающую (но не монотонно возрастающую) последовательность частот.

Плиты с равномерно распределенной и сосредоточенными массами

Круговые частоты собственных колебаний определяются по формуле

$$p_i = \frac{\lambda_i^2}{l^2} \sqrt{\frac{D}{\mu_i}}, \quad (39')$$

где все величины, кроме μ_i , определены выше в п. 3; приведенная масса на единицу площади плиты μ_i вычисляется по приближенной формуле

$$\mu_i = \mu_0 + \frac{1}{lb} \sum_{k=1}^n X_r^2(\alpha_k) Y_j^2(\beta_k) m_k. \quad (40)$$

Здесь $\alpha_k = \frac{x_k}{l}$, $\beta_k = \frac{y_k}{b}$ — относительные координаты

центра массы m_k (рис. 8);

k — номер сосредоточенной массы;

n — количество всех сосредоточенных масс;

$X_r(\alpha_k)$, $Y_j(\beta_k)$ — нормированные балочные функции, отвечающие i -му тону колебаний плиты (см. выше), значения которых в точке приложения массы m_k с координатами x_k и y_k определяются из табл. 21, 22 и 24 прил. 5.

Формула (40) тем точнее, чем меньше сосредоточенные массы, чем меньше отличаются они друг от друга и чем симметричнее они расположены на плите.

Примечание. Для определения значения $Y_j(\beta_k)$ из указанных таблиц в них следует заменить обозначения X на Y , α на β и i на j .

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЬШИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ, ВЫЗВАННЫХ ДЕЙСТВИЕМ ОДНОКРАТНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Приводимые ниже формулы соответствуют импульсу, направленному нормально к поверхности элемента перекрытия. В случае косоуго импульса в эти формулы

должна быть подставлена нормальная составляющая импульса.

А. КОНСТРУКЦИИ, КОТОРЫЕ МОЖНО РАССМАТРИВАТЬ КАК СИСТЕМЫ С КОНЕЧНЫМ ЧИСЛОМ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ

Конструкции, рассматриваемые как системы с одной степенью свободы

Примеры таких конструкций и обозначения величин см. в прил. 1, раздел А.

Наибольшее во времени перемещение z_{01} центра массы, на которую действует сосредоточенный кратковременный импульс $S^{(1)}$, определяется по формуле

$$z_{01} = \frac{\epsilon_1 S^{(1)}}{m_1 p_1} e^{-\frac{\gamma\pi}{4}} \quad (41)$$

Значение коэффициента ϵ_1 принимается согласно п. 2.6. Для значений γ , принятых в табл. 2, множители $e^{-\frac{\gamma\pi}{4}}$ даны в табл. 14.

Таблица 14

| Значения множителя | | $e^{-\frac{\gamma\pi}{4}}$ | | | | | |
|----------------------------|------|----------------------------|-------|------|------|------|------|
| γ | 0,01 | 0,025 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,08 | 0,1 |
| $e^{-\frac{\gamma\pi}{4}}$ | 0,99 | 0,98 | 0,975 | 0,97 | 0,96 | 0,94 | 0,92 |

Наибольшие во времени значения изгибающего момента M_{01} и поперечной силы Q_{01} в конструкции определяются как от статического действия сосредоточенной силы

$$P_1 = k_1 z_{01}, \quad (42)$$

приложенной к центру массы в направлении действия импульса.

Если импульс $S^{(1)}$ приложен не к центру массы, а к другой точке O конструкции (рис. 9,а), для определения перемещения центра массы следует принять эквивалентную расчетную схему (рис. 9,б), в которой к центру массы A приложен импульс S_A , равный

$$S_A = \frac{\delta_{AO}}{\delta_{AA}} S^{(1)}, \quad (43)$$

где δ_{AO} и δ_{AA} — перемещения в точке A от единичной силы, действующей соответственно в точках O и A .

Если к массе, способной совершать вращательные колебания (см. рис. 3,б и г) и имеющей момент инер-

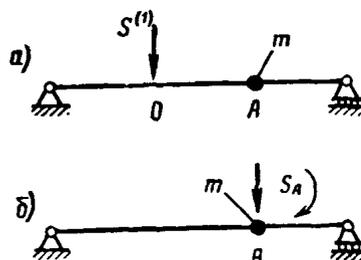


Рис. 9. Схема замены импульса $S^{(1)}$ эквивалентным, приложенным в центре массы

а — схема приложения импульса; б — эквивалентная расчетная схема

ции θ_1 относительно оси вращения, приложен момент импульса $S^{(1)} h$ (кг · м · сек), то наибольшее во времени угловое перемещение массы равно:

$$\theta_1 = \frac{\epsilon_1 S^{(1)} h}{\theta_1 p_1} e^{-\frac{\gamma\pi}{4}}, \quad (44)$$

а наибольшее линейное перемещение ее равно:

$$z_{01} = h \theta_1. \quad (45)$$

Наибольшие во времени перемещения и внутренние

усилия в системе определяются как прогибы и усилия при статическом действии внешнего момента

$$M_1 = k_\theta \theta_1, \quad (46)$$

приложенного к массе в плоскости и в направлении действия момента импульса.

Конструкции, рассматриваемые как системы с двумя степенями свободы

Примеры таких конструкций, а также обозначения величин см. в прил. 1, раздел А.

Иллюстрирующей расчетной схемой для таких конструкций на действие импульсов может служить легкая балка с двумя сосредоточенными массами, к которым приложены сосредоточенные импульсы (рис. 10),

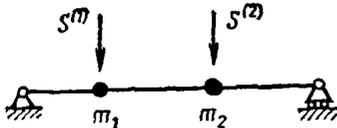


Рис. 10. Схема системы с двумя степенями свободы, на которую действуют два импульса

хотя приводимые ниже формулы сохраняют свою силу для любых конструкций (неразрезных балок, плит и т. д.), если последние можно трактовать как системы с двумя степенями свободы.

Кратковременные импульсы приложены к центрам масс, направлены вниз (положительны) и действуют одновременно. В случае если импульс $S^{(2)}$ (или $S^{(1)}$) действует вверх, он должен приниматься со знаком минус. При отсутствии импульса $S^{(2)}$ (или $S^{(1)}$) в формулах должно быть положено $S^{(2)} = 0$ (или $S^{(1)} = 0$).

Наибольшие во времени перемещения точек 1 и 2 выражаются формулами:

$$\left. \begin{aligned} z_{01} &= |a_1 \varphi_1^{(1)}| + |a_2 \varphi_2^{(1)}|, \\ z_{02} &= |a_1 \varphi_1^{(2)}| + |a_2 \varphi_2^{(2)}|, \end{aligned} \right\} \quad (47)$$

где

$$a_i = \frac{1}{p_i} e^{-\frac{\gamma p_i}{4p_1}} \left(\varphi_i^{(1)} \varepsilon_i^{(1)} S^{(1)} + \varphi_i^{(2)} \varepsilon_i^{(2)} S^{(2)} \right); \quad (48)$$

$$\varphi_i^{(1)} = \frac{\Delta_1}{\sqrt{m_1 \Delta_1^2 + m_2 \Delta_{2i}^2}};$$

$$\varphi_i^{(2)} = \frac{\Delta_{2i}}{\sqrt{m_1 \Delta_1^2 + m_2 \Delta_{2i}^2}}; \quad (49)$$

$$\Delta_1 = m_2 \delta_{12}; \quad \delta_{2i} = m_1 \delta_{11} - p_i^{-2}. \quad (50)$$

Здесь $i=1,2$ — номер тона собственных колебаний системы;

p_i — круговая частота собственных колебаний, определяемая в прил. 1, раздел А;

γ — коэффициент внутреннего трения, принимаемый по табл. 2 для импульса, имеющего наибольшую категорию из двух импульсов $S^{(1)}$ и $S^{(2)}$;

$\varepsilon_i^{(k)}$ — коэффициент, определяемый согласно п. 2.6 для импульса $S^{(k)}$ и i -го тона колебаний.

Через $|a\varphi|$ обозначен модуль (абсолютное значение) величины $a\varphi$.

Знак перемещения в формуле (47) определяется как знак слагаемого, наибольшего по модулю из двух, заключенных в прямых скобках.

Наибольшие во времени изгибающие моменты и поперечные силы определяются как их статические значения при действии в точках 1 и 2 сил:

$$P_1 = \frac{\delta_{22} z_{01} - \delta_{12} z_{02}}{\delta_{11} \delta_{22} - \delta_{12}^2}, \quad (51)$$

$$P_2 = \frac{\delta_{11} z_{02} - \delta_{12} z_{01}}{\delta_{11} \delta_{22} - \delta_{12}^2}, \quad (52)$$

При этом перемещения z_{01} и z_{02} берутся со своими знаками, определенными выше.

Конструкции, рассматриваемые как системы с тремя степенями свободы

Иллюстрирующей расчетной схемой для таких конструкций на действие импульсов может служить легкая балка с тремя сосредоточенными массами и приложенными к ним импульсами (рис. 11). Однако приводимые

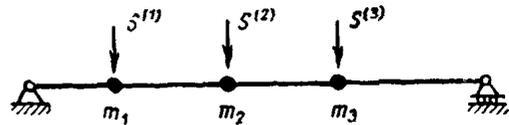


Рис. 11. Схема системы с тремя степенями свободы, на которую действуют три импульса

ниже формулы справедливы для любых других конструкций, которые можно рассматривать как системы с тремя степенями свободы.

Обозначения входящих в формулы величин см. в прил. 1, раздел А.

Приложенные к массам кратковременные импульсы $S^{(1)}$, $S^{(2)}$, $S^{(3)}$ действуют одновременно и считаются по умолчанию положительными. Если импульс $S^{(k)}$ отрицателен (действует вверх), то в формулах следует заменить $S^{(k)}$ на $-S^{(k)}$. Если на массу номер « k » импульс не действует, в формулах надо положить $S^{(k)} = 0$.

Наибольшие во времени перемещения точек 1, 2 и 3 системы определяются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} z_{01} &= |a_1 \varphi_1^{(1)}| + |a_2 \varphi_2^{(1)}| + |a_3 \varphi_3^{(1)}|, \\ z_{02} &= |a_1 \varphi_1^{(2)}| + |a_2 \varphi_2^{(2)}| + |a_3 \varphi_3^{(2)}|, \\ z_{03} &= |a_1 \varphi_1^{(3)}| + |a_2 \varphi_2^{(3)}| + |a_3 \varphi_3^{(3)}|, \end{aligned} \right\} \quad (53)$$

где a_i и $\varphi_i^{(k)}$ представляются выражениями:

$$a_i = \frac{1}{p_i} e^{-\frac{\gamma p_i}{4p_1}} \left(\varphi_i^{(1)} \varepsilon_i^{(1)} S^{(1)} + \varphi_i^{(2)} \varepsilon_i^{(2)} S^{(2)} + \varphi_i^{(3)} \varepsilon_i^{(3)} S^{(3)} \right), \quad (54)$$

$$\varphi_i^{(1)} = \frac{\Delta_{1i}}{\Delta_i}, \quad \varphi_i^{(2)} = \frac{\Delta_{2i}}{\Delta_i}, \quad \varphi_i^{(3)} = \frac{\Delta_{3i}}{\Delta_i}. \quad (55)$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta_{1i} &= m_3 \delta_{13} (m_2 \delta_{22} - p_i^{-2}) - m_2 m_3 \delta_{12} \delta_{23}, \\ \Delta_{2i} &= m_3 \delta_{23} (m_1 \delta_{11} - p_i^{-2}) - m_1 m_3 \delta_{12} \delta_{13}, \\ \Delta_{3i} &= m_1 m_2 \delta_{12}^2 - (m_1 \delta_{11} - p_i^{-2}) (m_2 \delta_{22} - p_i^{-2}), \\ \Delta_i &= \sqrt{m_1 \Delta_{1i}^2 + m_2 \Delta_{2i}^2 + m_3 \Delta_{3i}^2}. \end{aligned} \right\} (56)$$

Здесь $i=1,2,3$ — номер тона собственных колебаний системы;

p_i — круговые частоты собственных колебаний, определяемые в прил. 1, раздел А;

γ — коэффициент внутреннего трения, принимаемый по табл. 2 для наибольшей категории действующих импульсов;

$\epsilon_i^{(k)}$ — коэффициент, принимаемый согласно п. 2.6 для импульса $S^{(k)}$ и для i -го тона колебаний.

Через $|a\varphi|$ обозначен модуль величины $a\varphi$.

Остальные обозначения см. в прил. 1, раздел А.

За знак перемещения z_{0k} в (53) принимается знак слагаемого, наибольшего по модулю из трех слагаемых, заключенных в прямые скобки.

Наибольшие во времени изгибающие моменты и поперечные силы определяются как их статические значения при действии сил P_1, P_2, P_3 , приложенных в точках 1, 2 и 3 и имеющих величины:

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= c_{11} z_{01} - c_{12} z_{02} - c_{13} z_{03}, \\ P_2 &= -c_{21} z_{01} + c_{22} z_{02} - c_{23} z_{03}, \\ P_3 &= -c_{31} z_{01} - c_{32} z_{02} + c_{33} z_{03}, \end{aligned} \right\} (57)$$

где z_{01}, z_{02} и z_{03} — принимаются со своими знаками, определенными выше.

Здесь c_{kr} — коэффициенты влияния, определяемые выражениями:

$$\left. \begin{aligned} c_{11} &= \frac{\delta_{22} \delta_{33} - \delta_{23}^2}{\Delta}, & c_{12} = c_{21} &= \frac{\delta_{33} \delta_{12} - \delta_{13} \delta_{23}}{\Delta}, \\ c_{22} &= \frac{\delta_{11} \delta_{33} - \delta_{13}^2}{\Delta}, & c_{13} = c_{31} &= \frac{\delta_{22} \delta_{13} - \delta_{12} \delta_{23}}{\Delta}, \\ c_{33} &= \frac{\delta_{11} \delta_{22} - \delta_{12}^2}{\Delta}, & c_{23} = c_{32} &= \frac{\delta_{11} \delta_{23} - \delta_{12} \delta_{13}}{\Delta}, \end{aligned} \right\} (58)$$

где

$$\Delta = \delta_{11} \delta_{22} \delta_{33} + 2\delta_{12} \delta_{23} \delta_{31} - \delta_{11} \delta_{23}^2 - \delta_{22} \delta_{13}^2 - \delta_{33} \delta_{12}^2. \quad (59)$$

Конструкции, рассматриваемые как системы с n степенями свободы

Импульсы $S^{(1)}, S^{(2)}, \dots, S^{(n)}$ приложены к центрам масс m_1, m_2, \dots, m_n и действуют одновременно.

Наибольшие во времени перемещения точек 1, 2, \dots, n выражаются формулами (60).

$$\left. \begin{aligned} z_{01} &= |a_1 \varphi_1^{(1)}| + |a_2 \varphi_2^{(1)}| + \dots + |a_n \varphi_n^{(1)}|, \\ z_{02} &= |a_1 \varphi_1^{(2)}| + |a_2 \varphi_2^{(2)}| + \dots + |a_n \varphi_n^{(2)}|, \\ &\dots \\ z_{0n} &= |a_1 \varphi_1^{(n)}| + |a_2 \varphi_2^{(n)}| + \dots + |a_n \varphi_n^{(n)}|, \end{aligned} \right\} (60)$$

в которых через $|a\varphi|$ обозначен модуль величины $a\varphi$. Знак перемещения z_{0k} точки k совпадает со знаком слагаемого, наибольшего по модулю из n слагаемых, заключенных в прямых скобках.

Параметры $\varphi_i^{(k)}$ определяются из уравнений:

$$\left. \begin{aligned} (m_1 \delta_{11} - p_i^{-2}) \varphi_i^{(1)} + m_2 \delta_{12} \varphi_i^{(2)} + \dots + \\ + m_n \delta_{1n} \varphi_i^{(n)} &= 0, \\ m_1 \delta_{21} \varphi_i^{(1)} + (m_2 \delta_{22} - p_i^{-2}) \varphi_i^{(2)} + \dots + \\ + m_n \delta_{2n} \varphi_i^{(n)} &= 0, \\ \dots \\ m_1 \delta_{n-1,1} \varphi_i^{(1)} + m_2 \delta_{n-1,2} \varphi_i^{(2)} + \dots + \\ + m_n \delta_{n-1,n} \varphi_i^{(n)} &= 0, \\ m_1 \varphi_i^{(1)2} + m_2 \varphi_i^{(2)2} + \dots + m_n \varphi_i^{(n)2} &= 1, \end{aligned} \right\} (61)$$

где

p_i — круговые частоты собственных колебаний, определяемые в прил. 1, раздел А.

$i=1,2, \dots, n$ — номера тонов колебаний системы; постоянные a_i представляются выражением:

$$a_i = \frac{1}{p_i} e^{-\frac{\gamma p_i}{4p_i}} \left(\varphi_i^{(1)} \epsilon_i^{(1)} S^{(1)} + \right. \\ \left. + \varphi_i^{(2)} \epsilon_i^{(2)} S^{(2)} + \dots + \varphi_i^{(n)} \epsilon_i^{(n)} S^{(n)} \right). \quad (62)$$

Значения коэффициентов $\epsilon_i^{(k)}$ принимаются в соответствии с п. 2.6 для импульса $S^{(k)}$ и для i -го тона колебаний. Значение γ принимается из табл. 2 для наибольшей категории действующих импульсов.

Величины m_k и δ_{kr} определены в прил. 1, раздел А.

Наибольшие во времени внутренние усилия в системе определяются как соответствующие внутренние усилия в той же системе, находящейся под действием внешних сил P_1, P_2, \dots, P_n , приложенных статически в точках 1, 2, \dots, n системы и определяемых из уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11} P_1 + \delta_{12} P_2 + \dots + \delta_{1n} P_n &= z_{01}, \\ \delta_{21} P_1 + \delta_{22} P_2 + \dots + \delta_{2n} P_n &= z_{02}, \\ \dots \\ \delta_{n1} P_1 + \delta_{n2} P_2 + \dots + \delta_{nn} P_n &= z_{0n}. \end{aligned} \right\} (63)$$

Здесь $z_{01}, z_{02}, \dots, z_{0n}$ — прогибы, вычисляемые по формулам (60), знаки которых определены выше.

Б. КОНСТРУКЦИИ, КОТОРЫЕ СЛЕДУЕТ РАССМАТРИВАТЬ КАК СИСТЕМЫ С БЕСКОНЕЧНО БОЛЬШИМ ЧИСЛОМ СТЕПЕНЕЙ СВОБОДЫ

1. Однопролетные балки

Балки с равномерно распределенной массой

Наибольшие во времени значения перемещения (z_0), изгибающего момента (M_0) и поперечной силы (Q_0) в сечении с относительной абсциссой $\alpha = \frac{x}{l}$ при действии кратковременного импульса S (сосредоточенного или распределенного) определяются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} z_0 &= \frac{S}{m_0 p_1} \Phi_z(x), \\ M_0 &= -\frac{EIS}{m_0 p_1 l^2} \Phi_M(x), \\ Q_0 &= -\frac{EIS}{m_0 p_1 l^3} \Phi_Q(x). \end{aligned} \right\} \quad (64)$$

Здесь S — импульс ($\text{кг} \cdot \text{сек}$), равный в случае сосредоточенного импульса его величине, а в случае распределенного импульса постоянной интенсивности s_0 $\text{кг} \cdot \text{сек}/\text{м}$ — произведению $s_0 l$;

x — абсцисса точки оси балки в м ;

l — пролет балки в м ;

EI — жесткость поперечного сечения балки в $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$m_0 = \mu_0 l$ — масса балки в $\text{кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}$;

μ_0 — интенсивность равномерно распределенной массы в $\text{кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}^2$;

p_1 — первая (основная) круговая частота собственных колебаний балки в $\text{рад}/\text{сек}$, определяемая в прил. 1.

Безразмерные коэффициенты Φ_z , Φ_M , Φ_Q представляют собой функции относительной абсциссы α и выражаются следующими рядами:

$$\left. \begin{aligned} \Phi_z(x) &= \sum_{i=1}^{\infty} |a_i X_i(x)|, \\ \Phi_M(x) &= \sum_{i=1}^{\infty} |a_i X_i''(x)|, \\ \Phi_Q(x) &= \sum_{i=1}^{\infty} |a_i X_i'''(x)|, \end{aligned} \right\} \quad (65)$$

где прямые скобки означают, что берется модуль заключенной в них величины.

Знаки величин Φ_z , Φ_M , Φ_Q принимаются совпадающими со знаками наибольших по модулю членов соответствующих рядов, если в них отбросить прямые скобки.

В формулах (65) введены следующие обозначения:

i — порядковый номер последовательных тонов собственных колебаний балки, совпадающий с номером члена ряда;

X_i , X_i'' , X_i''' — соответственно нормированная балочная функция и ее вторая и третья производные по α (величины безразмерные); для значений $i=1, 2, 3, 4, 5$ функции $X_i(x)$,

$X_i''(x)$ и $X_i'''(x)$ представлены табл. 20—25 (прил. 5);

a_i — безразмерный коэффициент, определяемый по формуле

$$a_i = \varepsilon_i b_i \frac{p_1}{p_i} e^{-\frac{\gamma \pi}{4}} \cdot \frac{p_i}{p_1}, \quad (66)$$

где γ — коэффициент внутреннего трения, принимаемый по табл. 2;

p_i — круговая частота i -го тона собственных колебаний, определяемая в прил. 1, раздел Б, п. 1;

ε_i — коэффициент, определяемый согласно п. 2.6.

Безразмерный коэффициент b_i определяется для сосредоточенного импульса, приложенного в точке с относительной координатой $\alpha_0 = \frac{x_0}{l}$, по формуле

$$b_i = X_i(\alpha_0), \quad (67)$$

а для импульса, равномерно распределенного в пролете, по формуле

$$b_i = \int_0^1 X_i(x) dx. \quad (67')$$

Значения b_i по формуле (67) берутся из табл. 20—25 прил. 5 в зависимости от значения $\alpha = \alpha_0$, а значения b_i по формуле (67') берутся из табл. 15.

Таблица 15

Значения коэффициента b_i для однопролетных балок при действии равномерно распределенного импульса

| № п/п | Вид закрепления конца | | $i=1$ | $i=2$ | $i=3$ | $i=4$ | $i=5$ |
|-------|-----------------------|-----------|-------|--------|-------|--------|-------|
| | левого | правого | | | | | |
| 1 | Закреплен | Свободен | 0,783 | 0,434 | 0,254 | 0,182 | 0,141 |
| 2 | Оперт | Оперт | 0,9 | 0 | 0,3 | 0 | 0,18 |
| 3 | " | Закреплен | 0,86 | -0,083 | 0,334 | -0,044 | 0,207 |
| 4 | " | Свободен | 0,37 | 0,2 | 0,138 | 0,106 | 0,086 |
| 5 | Закреплен | Закреплен | 0,831 | 0 | 0,364 | 0 | 0,232 |
| 6 | Свободен | Свободен | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

При одновременном действии на балку нескольких сосредоточенных импульсов $S^{(1)}, S^{(2)}, \dots, S^{(n)}$ и распределенного импульса $S^{(n+1)} = s_0 l$, имеющих различные продолжительности, коэффициенты a_i вычисляются по формуле

$$a_i = \left(\varepsilon_i^{(1)} b_i^{(1)} \frac{S^{(1)}}{S} + \varepsilon_i^{(2)} b_i^{(2)} \frac{S^{(2)}}{S} + \dots + \varepsilon_i^{(n)} b_i^{(n)} \frac{S^{(n)}}{S} + \varepsilon_i^{(n+1)} b_i^{(n+1)} \frac{S^{(n+1)}}{S} \right). \quad (68)$$

Здесь $\varepsilon_i^{(k)}$ и $b_i^{(k)}$ — определены выше, но соответствуют импульсу $S^{(k)}$,

S — любой из импульсов $S^{(k)}$, введенный в формулу для сохранения безразмерности коэффициента a_i и сокращающийся с тем же импульсом S , входящим в формулу (64);

γ — определяется из табл. 2 для наибольшей из категорий действующих импульсов.

Ряды (65) в общем случае сходятся неравномерно (т. е. некоторый последующий член ряда может превысить предшествующий), но тем быстрее, чем больше коэффициент внутреннего трения γ и продолжительность импульса τ . При прочих равных условиях ряд для Φ_z сходится быстро, ряд для Φ_M — значительно медленнее, а ряд для Φ_Q — еще медленнее.

Вычисление сумм рядов (65) производится последовательно, начиная с первого члена. Для получения суммы ряда с приемлемой для практики точностью достаточно удержать число членов ряда, равное числу частот p_i , указанному в п. 3.6. Для приближенного определения перемещения z_0 можно ограничиться обычно одним первым членом ряда для Φ_z .

Для случая действия на железобетонные балки мгновенного импульса (т. е. когда все $\varepsilon_i = 1$) значения функций Φ_z и Φ_M представлены в прил. 6 таблицами 40—43 (для сосредоточенного импульса) и табл. 44 (для равномерно распределенного импульса). О возможности использования этих таблиц при действии кратковременных (не мгновенных) импульсов сказано в прим. 2 к п. 4.8 инструкции.

Балки с равномерно распределенной и сосредоточенными массами

Наибольшие во времени значения z_0 , M_0 и Q_0 в сечении балки с относительной абсциссой $\alpha = \frac{x}{l}$ определяются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} z_0 &= \frac{S}{m_1 p_1} \Phi_z(x), \\ M_0 &= -\frac{SEI}{m_1 p_1 l^2} \Phi_M(x), \\ Q_0 &= -\frac{SEI}{m_1 p_1 l^3} \Phi_Q(x). \end{aligned} \right\} \quad (69)$$

Здесь $m_1 = \mu_1 l \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}$ — приведенная масса, соответствующая первому тону колебаний балки, определяемая согласно прил. 1, раздел Б, п. 1;

p_i — круговые частоты (p_1 — первая круговая частота) собственных колебаний по i -му тону, определяемые с учетом сосредоточенных масс там же.

Все остальные величины определены в предыдущем пункте.

2. Неразрезные балки

Равнопролетные балки с постоянными по длине жесткостью и массой

Наибольшие во времени величины $z_0^{(r)}$, $M_0^{(r)}$, $Q_0^{(r)}$ в пролете номер r балки определяются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} z_0^{(r)} &= \frac{S}{m_0 p_1} \Phi_z^{(r)}(x), \\ M_0^{(r)} &= -\frac{SEI}{m_0 p_1 l^2} \Phi_M^{(r)}(x), \\ Q_0^{(r)} &= -\frac{SEI}{m_0 p_1 l^3} \Phi_Q^{(r)}(x). \end{aligned} \right\} \quad (70)$$

Здесь $\alpha = \frac{x}{l}$ — относительная абсцисса точек оси данного пролета балки с началом в левом конце этого пролета;

x — абсцисса точек оси того же пролета в m ;

l — длина одного пролета балки в m ;

$r = 1, 2, \dots, N$ — номер пролета балки;

N — число пролетов балки;

$m_0 = \mu l$ — масса одного пролета балки в $\text{кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}$;

μ — логонная масса балки в $\text{кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}^2$;

EI — жесткость поперечного сечения балки в $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

p_1 — первая круговая частота собственных колебаний балки в $\text{рад}/\text{сек}$, определяемая в прил. 1, раздел Б, п. 2;

S — импульс (сосредоточенный или распределенный), приложенный в каком-либо одном пролете балки, в $\text{кг} \cdot \text{сек}$.

Функции $\Phi^{(r)}(x)$ выражаются модульными рядами:

$$\left. \begin{aligned} \Phi_z^{(r)}(x) &= \sum_{i=1}^{\infty} |a_i X_i^{(r)}(x)|, \\ \Phi_M^{(r)}(x) &= \sum_{i=1}^{\infty} |a_i X_i^{(r)''}(x)|, \\ \Phi_Q^{(r)}(x) &= \sum_{i=1}^{\infty} |a_i X_i^{(r)'''}(x)|. \end{aligned} \right\} \quad (71)$$

Знаки величин $\Phi_z^{(r)}$, $\Phi_M^{(r)}$, $\Phi_Q^{(r)}$ принимаются совпадающими со знаками наибольших по модулю членов соответствующих рядов, получаемых отбрасыванием прямых скобок.

Здесь i — номер члена ряда, совпадающий с номерами последовательных тонов собственных колебаний балки;

a_i — безразмерный коэффициент, одинаковый для всех пролетов балки, определяемый по формуле

$$a_i = \varepsilon_i b_i \frac{p_1}{p_i} e^{-\frac{\gamma \pi}{4} \frac{p_i}{p_1}}, \quad (72)$$

где p_i — круговые частоты собственных колебаний в $\text{рад}/\text{сек}$, определяемые согласно прил. 1 раздел Б, п. 2;

γ — коэффициент внутреннего трения (табл. 2);

ε_i — коэффициент, принимаемый согласно п. 2.6 инструкции.

Для сосредоточенного в пролете номер j импульса

$$b_i = X_i^{(j)}(\alpha_0), \quad (73)$$

где α_0 — относительная абсцисса точки приложения импульса в пролете номер j ; значения $X_i^{(j)}(\alpha_0)$ берутся из табл. 26—39 прил. 5.

Для равномерно распределенного в пролете номер j импульса

$$b_i = \int_0^1 X_i^{(l)}(\alpha) d\alpha; \quad (74)$$

значения коэффициента b_i (74) даны в табл. 16. В формулах (71), $X_i^{(r)}$, $X_i^{(r)''}$ и $X_i^{(r)''''}$ соответственно нормированная балочная функция для i -го тона колебаний в пролете номер r балки и ее вторая и третья производные по α . Значения $X_i^{(r)}$, $X_i^{(r)''}$ и $X_i^{(r)''''}$ представлены табл. 26—39 в прил. 5.

Таблица 16
Значения коэффициента b_i для неразрезных равнопролетных балок при действии равномерно распределенного импульса в одном из пролетов

| Число N пролетов балки | Номер j пролета балки, в котором действует импульс | Номера i тонов собственных колебаний | | | | | |
|--------------------------|--|--|---------|---------|--------|--------|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2 | 1 | 0,6366 | 0,6081 | 0 | | | |
| 3 | 1 | 0,5198 | 0,6228 | 0,3435 | 0 | | |
| | 2 | -0,5198 | 0 | 0,6853 | 0 | | |
| 4 | 1 | 0,4502 | 0,5807 | 0,43 | 0,2264 | 0 | |
| | 2 | -0,4502 | -0,2406 | 0,43 | 0,5439 | 0 | |
| 5 | 1 | 0,4026 | 0,5371 | 0,4462 | 0,3149 | 0,1595 | 0 |
| | 2 | -0,4026 | -0,332 | 0,1699 | 0,5094 | 0,4175 | 0 |
| | 3 | 0,4026 | 0 | -0,5511 | 0 | 0,514 | 0 |

При одновременном действии на балку нескольких сосредоточенных импульсов и равномерно распределенного импульса с различными продолжительностями коэффициент a_i вычисляется по формуле (68).

Сказанное выше о сходимости рядов (65) справедливо и для рядов (71), однако ряды (71) сходятся медленнее рядов (65). Для получения суммы рядов (71) с приемлемой для практики точностью достаточно удержать число членов, равное указанному в п. 3.6 числу частот p_i .

Для случая действия на неразрезные железобетонные балки мгновенного импульса (т. е. когда все $\epsilon_i = 1$) значения функций $\Phi_z^{(r)}$ и $\Phi_M^{(r)}$ представлены в прил. 6 табл. 45—52 (для сосредоточенного импульса) и табл. 53 (для равномерно распределенного импульса).

О возможности использования этих таблиц при действии кратковременных (не мгновенных) импульсов сказано в прим. 2 к п. 4.8 инструкции.

Равнопролетные балки с постоянной жесткостью при наличии сосредоточенных масс

Для приближенного определения величин $z_0^{(r)}$, $M_0^{(r)}$ и $Q_0^{(r)}$ можно пользоваться формулами (70), если в них вместо m_0 подставить приведенную массу одного пролета балки

$$m_1 = \mu_1 l, \quad (75)$$

где μ_1 определяется в прил. 1, раздел Б, п. 2, а входящие в формулы (70) и (72) круговые частоты p вычислять с учетом сосредоточенных масс согласно прил. 1, раздел Б, п. 2.

Погрешность определения перемещений и усилий указанным приближенным способом тем меньше, чем симметричнее расположены сосредоточенные массы в каждом пролете, чем меньше различие в расположениях масс в разных пролетах и чем меньше величины сосредоточенных масс.

Неразрезные балки в общем случае

Предполагается, что поперечные сечения балки в разных пролетах различны, но постоянны в пределах одного пролета.

Для грубой оценки величин $z_0^{(r)}$, $M_0^{(r)}$ и $Q_0^{(r)}$ в пролете номер r балки можно применять формулы:

$$\left. \begin{aligned} z_0^{(r)} &= \frac{S}{m_r p_1} \Phi_z^{(r)}(\alpha), \\ M_0^{(r)} &= -\frac{SEI_r}{m_r p_1 l_r^2} \Phi_M^{(r)}(\alpha), \\ Q_0^{(r)} &= -\frac{SEI_r}{m_r p_1 l_r^3} \Phi_Q^{(r)}(\alpha), \end{aligned} \right\} \quad (76)$$

где I_r , l_r и m_r — соответственно момент инерции балки в пролете номер r , длина и масса этого пролета;

p_1 — круговая частота первого тона, определяемая по формуле (38), прил. 1;

$\Phi_z^{(r)}$, $\Phi_M^{(r)}$, $\Phi_Q^{(r)}$ — функции, определяемые по формулам (71), причем частоты, входящие в эти формулы, определяются общими методами динамики стержневых систем.

При этом для опорных изгибающих моментов можно принимать среднее из двух значений, полученных при движении к опоре слева и справа.

Формулы (76) дают тем лучшую оценку, чем меньше отличается балка от равнопролетной с постоянными жесткостью и массой. Для уточнения значений $z_0^{(r)}$, $M_0^{(r)}$ и $Q_0^{(r)}$ следует применять общие методы динамики стержневых систем.

3. Однопролетные прямоугольные плиты

Плиты с равномерно распределенной массой

Наибольшие во времени перемещения z_0 , изгибающие моменты M_0^x , M_0^y и поперечные силы Q_0^x , Q_0^y в точках срединной плоскости плиты с относительными координатами $\alpha = \frac{x}{l}$, $\beta = \frac{y}{b}$ определяются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} z_0 &= \frac{S}{m_0 p_1} \Phi_z(\alpha, \beta), \\ M_0^x &= -\frac{SD}{m_0 p_1 l^2} \Phi_M^x(\alpha, \beta), \\ M_0^y &= -\frac{SD}{m_0 p_1 b^2} \Phi_M^y(\alpha, \beta), \\ Q_0^x &= -\frac{SD}{m_0 p_1 l^3} \Phi_Q^x(\alpha, \beta), \\ Q_0^y &= -\frac{SD}{m_0 p_1 b^3} \Phi_Q^y(\alpha, \beta). \end{aligned} \right\} \quad (77)$$

Здесь x, y — координаты точек срединной плоскости плиты с началом отсчета в левом нижнем углу;

l, b — размеры плиты в плане в m ; $\eta = \frac{l}{b}$;

M_0^x, M_0^y — изгибающие моменты, действующие соответственно в плоскостях, параллельных xz и yz , в $кг \cdot м/м$;

Q_0^x, Q_0^y — поперечные силы, лежащие соответственно в плоскостях, параллельных xz и yz , в $кг/м$;

S — импульс в $кг \cdot сек$, сосредоточенный или равномерно распределенный по площади плиты; в последнем случае он равен $S = s_0 lb$, где s_0 в $кг \cdot сек/м^2$ — постоянная интенсивность распределенного импульса на единицу площади;

$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu_0^2)}$ — цилиндрическая жесткость плиты в $кг \cdot м$, определенная в прил. 1, раздел Б, п. 3;

$m_0 = \mu_0 lb$ — масса плиты в $кг \cdot сек^2/м$;
 μ_0 — интенсивность равномерно распределенной массы на единицу площади в $кг \cdot сек^2/м^2$;

p_1 — круговая частота собственных колебаний плиты по первому тону, определяемая в прил. 1, раздел Б, п. 3.

Функции $\Phi(x, \beta)$ выражаются рядами:

$$\left. \begin{aligned} \Phi_z(x, \beta) &= \sum_{i=1}^{\infty} |a_i A_i(x, \beta)|, \\ \Phi_M^x(x, \beta) &= \sum_{i=1}^{\infty} |a_i B_i^x(x, \beta)|, \\ \Phi_M^y(x, \beta) &= \sum_{i=1}^{\infty} |a_i B_i^y(x, \beta)|, \\ \Phi_Q^x(x, \beta) &= \sum_{i=1}^{\infty} |a_i C_i^x(x, \beta)|, \\ \Phi_Q^y(x, \beta) &= \sum_{i=1}^{\infty} |a_i C_i^y(x, \beta)|, \end{aligned} \right\} (78)$$

причем прямые скобки указывают на то, что складываются модули членов ряда.

За знак величины $\Phi(x, \beta)$ принимается знак наибольшего по модулю члена соответствующего ряда, получаемого отбрасыванием прямых скобок.

Здесь a_i — безразмерный коэффициент, вычисляемый по формуле

$$a_i = \varepsilon_i b_i \frac{p_1}{p_i} e^{-\frac{\gamma \pi}{4}} \cdot \frac{p_i}{p_1}, \quad (79)$$

где γ — коэффициент внутреннего трения, принимаемый по табл. 2;

p_i — круговая частота собственных колебаний плиты по i -му тону, определяемая согласно прил. 1, раздел Б, п. 3;

ε_i — коэффициент, принимаемый согласно п. 2.6 инструкции;

b_i — коэффициент, определяемый для сосредоточенного импульса по формуле

$$b_i = X_r(\alpha_0) Y_j(\beta_0), \quad (80)$$

в которой α_0 и β_0 — относительные координаты точки приложения импульса,

а для импульса, равномерно распределенного на площади плиты, по формуле

$$b_i = \int_0^1 X_r(\alpha) d\alpha \int_0^1 Y_j(\beta) d\beta. \quad (81)$$

В формулах (80) и (81) функции $X_r(\alpha)$ и $Y_j(\beta)$ являются базисными функциями от аргументов α и β , соответствующими условиям на концах стержня-полоски, вырезанной из плиты соответственно вдоль осей x и y (см. прил. 1, раздел Б, п. 3).

Соответствие между номером i и индексами r и j дается в первых трех графах табл. 13. Значения функций $X_r(\alpha_0)$ и $Y_j(\beta_0)$ берутся из табл. 21, 22 и 24, как показано в прил. 1, раздел Б, п. 3.

Значения коэффициентов (81) даны в табл. 17. Функции A_i, B_i^x, B_i^y, C_i^x и C_i^y представляются выражениями:

$$\left. \begin{aligned} A_i(x, \beta) &= X_r(x) Y_j(\beta) \\ B_i^x(x, \beta) &= X_r''(x) Y_j(\beta) + \nu_0 \eta^2 X_r(x) Y_j'(\beta) \\ B_i^y(x, \beta) &= X_r(x) Y_j''(\beta) + \frac{\nu_0}{\eta^2} X_r'(x) Y_j(\beta) \\ C_i^x(x, \beta) &= X_r'''(x) Y_j(\beta) + \eta^2 X_r'(x) Y_j''(\beta) \\ C_i^y(x, \beta) &= X_r(x) Y_j'''(\beta) + \frac{1}{\eta^2} X_r''(x) Y_j'(\beta) \end{aligned} \right\} (82)$$

Здесь одним, двумя и тремя штрихами обозначены соответственно первая, вторая и третья производные базисной функции по соответствующему аргументу, значения которых берутся из табл. 21, 22 и 24 прил. 5.

При одновременном действии на плиту нескольких сосредоточенных импульсов, а также равномерно распределенного импульса, имеющих различные продолжительности, коэффициент a_i определяется по формуле (68).

Сказанное выше относительно сходимости рядов (65) относится и к рядам (78), однако ряды (78) для Φ_M и Φ_Q сходятся значительно медленнее рядов (65).

Для определения перемещения z_0 в первом приближении можно ограничиться одним первым членом ряда (78) для Φ_z . Для получения суммы рядов (78) с приемлемой для практики точностью достаточно удерживать в этих рядах число членов, равное указанному в п. 3.6 инструкции числу частот p_i .

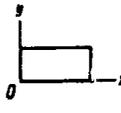
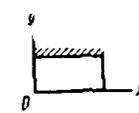
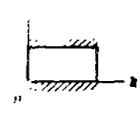
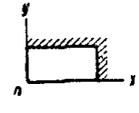
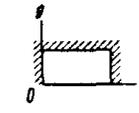
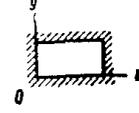
Для случая действия на железобетонные прямоугольные плиты с тремя основными видами закрепления краев мгновенного импульса (когда все $\varepsilon_i = 1$) значения функций Φ_z и Φ_M^x представлены в прил. 6 таблицами 54—56 (для сосредоточенного импульса) и таблицами 57—59 (для равномерно распределенного импульса).

О возможности использования этих таблиц при действии кратковременных (не мгновенных) импульсов сказано в прим. 2 к п. 4.8 инструкции.

Плиты с равномерно распределенной и сосредоточенными массами

Величины $z_0, M_0^x, M_0^y, Q_0^x, Q_0^y$ можно приближенно оценивать по формулам предыдущего параграфа,

Значения коэффициента b_i для прямоугольных плит при действии равномерно распределенного импульса

| Номер тона i | Индексы | | Вид закрепления краев плиты | | | | | |
|----------------|---------|-----|---|---|---|---|---|---|
| | r | j |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 1 | 1 | 0,810 | 0,774 | 0,748 | 0,74 | 0,715 | 0,691 |
| 2 | 1 | 2 | 0 | -0,075 | 0 | -0,071 | -0,069 | 0 |
| 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | -0,071 | 0 | 0 |
| 4 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0,007 | 0 | 0 |
| 5 | 1 | 3 | 0,27 | 0,301 | 0,328 | 0,287 | 0,278 | 0,302 |
| 6 | 3 | 1 | 0,27 | 0,258 | 0,249 | 0,287 | 0,313 | 0,302 |
| 7 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | -0,028 | 0 | 0 |
| 8 | 3 | 2 | 0 | -0,025 | 0 | -0,028 | -0,03 | 0 |
| 9 | 3 | 3 | 0,09 | 0,1 | 0,109 | 0,112 | 0,122 | 0,132 |
| 10 | 1 | 4 | 0 | -0,04 | 0 | -0,038 | -0,037 | 0 |
| 11 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | -0,038 | 0 | 0 |
| 12 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0,003 | 0 | 0 |
| 13 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0,003 | 0 | 0 |
| 14 | 3 | 4 | 0 | -0,013 | 0 | -0,015 | -0,016 | 0 |
| 15 | 4 | 3 | 0 | 0 | 0 | -0,015 | 0 | 0 |
| 16 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0,002 | 0 | 0 |
| 17 | 1 | 5 | 0,162 | 0,186 | 0,209 | 0,178 | 0,172 | 0,193 |
| 18 | 5 | 1 | 0,162 | 0,155 | 0,15 | 0,178 | 0,2 | 0,193 |
| 19 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | -0,017 | 0 | 0 |
| 20 | 5 | 2 | 0 | -0,015 | 0 | -0,017 | -0,019 | 0 |
| 21 | 3 | 5 | 0,054 | 0,062 | 0,07 | 0,069 | 0,075 | 0,084 |
| 22 | 5 | 3 | 0,054 | 0,06 | 0,066 | 0,069 | 0,077 | 0,084 |
| 23 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0 | -0,009 | 0 | 0 |
| 24 | 5 | 4 | 0 | -0,008 | 0 | -0,009 | -0,01 | 0 |
| 25 | 5 | 5 | 0,032 | 0,037 | 0,042 | 0,043 | 0,048 | 0,054 |

если в выражения (77) подставить вместо m_0 массу $m = \rho_1 l b$, где ρ_1 определяется в прил. 1 по формуле (40), а входящие в выражение (79) круговые частоты

собственных колебаний p_i вычислять с учетом сосредоточенных масс согласно прил. 1, раздел Б, п. 3.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЬШИХ ПЕРЕМЕННЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ И ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ ПРИ ОДНОКРАТНЫХ УДАРАХ ТЕЛ

Приводимые ниже формулы соответствуют прямому удару тела по элементу перекрытия, когда скорость в начале удара нормальна к поверхности элемента перекрытия. В случае косого удара в эти формулы

должна быть подставлена нормальная составляющая ударного импульса, при этом влиянием касательной составляющей удара пренебрегается.

А. ОБЩИЙ СЛУЧАЙ

При прямом однократном ударе одного тела по конструкции наибольшее во времени переменное перемещение \bar{z}_0 , по которому проверяется выполнение условия (9), а также наибольшие во времени переменные изгибающий момент \bar{M}_0 и поперечная сила \bar{Q}_0 в данном сечении конструкции, по которым проверяется выполнение условий (7) и (8), можно определять по следующим приближенным формулам:

определяемому согласно п. 2.7 инструкции, а круговые частоты собственных колебаний, входящие в те же формулы, определяются теперь с учетом присоединенной массы m ударяющего тела по формулам прил. 1.

При одновременном ударе двух или более тел величины \bar{z}_0 , \bar{M}_0 и \bar{Q}_0 вычисляются также по формулам (83), но с тем различием, что теперь величины $z_{ст}$, $M_{ст}$ и $Q_{ст}$ получаются суммированием их частных значений, отвечающих весам отдельных ударяющих тел, величины z_0 , M_0 и Q_0 вычисляются в прил. 2 с применением формулы (68), а круговые частоты собственных колебаний определяются по формулам прил. 1, но с учетом присоединенных масс ударяющих тел.

При вертикальном ударе по горизонтальному элементу перекрытия ($\varphi_0 = 0$) формулы (83) принимают вид:

$$\left. \begin{aligned} \bar{z}_0 &= \sqrt{\left(z_{ст} e^{-\frac{\gamma\pi}{4}} \cos \varphi_0\right)^2 + z_0^2} \\ \bar{M}_0 &= M_{ст} e^{-\frac{\gamma\pi}{4}} \cos \varphi_0 + \\ &+ \sqrt{\left(M_{ст} e^{-\frac{\gamma\pi}{4}} \cos \varphi_0\right)^2 + M_0^2} \\ \bar{Q}_0 &= Q_{ст} e^{-\frac{\gamma\pi}{4}} \cos \varphi_0 + \\ &+ \sqrt{\left(Q_{ст} e^{-\frac{\gamma\pi}{4}} \cos \varphi_0\right)^2 + Q_0^2} \end{aligned} \right\} (83)$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{z}_0 &= \sqrt{\left(z_{ст} e^{-\frac{\gamma\pi}{4}}\right)^2 + z_0^2} \\ \bar{M}_0 &= M_{ст} e^{-\frac{\gamma\pi}{4}} + \sqrt{\left(M_{ст} e^{-\frac{\gamma\pi}{4}}\right)^2 + M_0^2} \\ \bar{Q}_0 &= Q_{ст} e^{-\frac{\gamma\pi}{4}} + \sqrt{\left(Q_{ст} e^{-\frac{\gamma\pi}{4}}\right)^2 + Q_0^2} \end{aligned} \right\} (84)$$

Здесь $z_{ст}$, $M_{ст}$, $Q_{ст}$ — соответственно перемещение, изгибающий момент и поперечная сила в данном сечении конструкции при статическом действии силы mg , приложенной к конструкции в точке удара по направлению удара, в м;

m — масса ударяющего тела в кг · сек²/м;

$g = 9,8$ м/сек² — ускорение силы тяжести;

φ_0 — угол между направлением прямого удара и вертикалью;

γ — коэффициент внутреннего трения, принимаемый по табл. 2;

$e^{-\frac{\gamma\pi}{4}}$ — коэффициент, учитывающий влияние затухания на действие силы mg ; для значений γ в табл. 2 его можно с достаточной точностью

вычислять по формуле $e^{-\frac{\gamma\pi}{4}} = 1 - \frac{\gamma\pi}{4}$.

Величины z_0 , M_0 и Q_0 вычисляются по формулам прил. 2, при этом кратковременный импульс S , входящий в эти формулы, равен теперь ударному импульсу,

При горизонтальном ударе по вертикальному элементу конструкции (по стене, перегородке и т. д.) фор-

мулы (83) принимают вид ($\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$):

$$\left. \begin{aligned} \bar{z}_0 &= z_0, \\ \bar{M}_0 &= M_0, \\ \bar{Q}_0 &= Q_0. \end{aligned} \right\} (85)$$

Ниже рассматриваются частные случаи удара, классифицированные в зависимости от отношения массы m ударяющего тела к полной массе m_0 конструкции, для которых величины \bar{z}_0 , \bar{M}_0 , \bar{Q}_0 можно оценивать по более удобным, но более приближенным формулам.

**Б. МАССА УДАРЯЮЩЕГО ТЕЛА m ВЕЛИКА
В СРАВНЕНИИ С МАССОЙ КОНСТРУКЦИИ,
ВОСПРИНИМАЮЩЕЙ УДАР**

Этот случай определяется условием

$$m > 10 m_0,$$

где m_0 — масса конструкции, воспринимающей удар, которой можно пренебречь.

Формулы (83) в этом случае принимают более простой вид (обозначения см. выше, раздел А):

$$\left. \begin{aligned} \bar{z}_0 &= \left(\omega - e^{-\frac{\gamma\pi}{4}} \cos \varphi_0 \right) z_{ст}, \\ \bar{M}_0 &= \omega M_{ст}, \\ \bar{Q}_0 &= \omega Q_{ст}. \end{aligned} \right\} \quad (86)$$

Здесь ω — динамический коэффициент для внутренних усилий, определяемый по формуле

$$\omega = \left(\cos \varphi_0 + \sqrt{\cos^2 \varphi_0 + \xi^2} \right) e^{-\frac{\gamma\pi}{4}}, \quad (87)$$

в которой ξ — коэффициент удара, определяемый выражением

$$\xi = \frac{\epsilon_1 p_1 S}{mg}. \quad (88)$$

В формуле (88)

ϵ_1 — коэффициент, зависящий от продолжительности и формы ударного импульса, принимаемый согласно п. 2.6 инструкции;

S — ударный импульс в кг·сек, определяемый согласно п. 2.7;

p_1 — круговая частота собственных колебаний конструкции с присоединенной массой ударя-

ющего тела в рад/сек, определяемая по формуле

$$p_1 = \sqrt{\frac{k_1}{m}} = \frac{1}{\sqrt{m \delta_{11}}}; \quad (89)$$

k_1 — обобщенная жесткость конструкции в точке удара в кг/м;

δ_{11} — перемещение элемента конструкции в точке удара от действия единичной силы в той же точке по направлению удара в м/кг;

$g = 9,8$ м/сек² — ускорение силы тяжести.

При вертикальном ударе ($\varphi_0 = 0$) формулы (86) и (87) принимают вид:

$$\left. \begin{aligned} \bar{z}_0 &= \left(\omega_1 - e^{-\frac{\gamma\pi}{4}} \right) z_{ст}; \quad \bar{M}_0 = \omega_1 M_{ст}; \quad \bar{Q}_0 = \omega_1 Q_{ст}, \\ \omega_1 &= \left(1 + \sqrt{1 + \xi^2} \right) e^{-\frac{\gamma\pi}{4}}. \end{aligned} \right\} \quad (90)$$

При горизонтальном ударе ($\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$) формулы (86) и (87) переходят в следующие:

$$\left. \begin{aligned} \bar{z}_0 &= \omega_0 z_{ст}, \\ \bar{M}_0 &= \omega_0 M_{ст}, \\ \bar{Q}_0 &= \omega_0 Q_{ст}, \\ \omega_0 &= \xi e^{-\frac{\gamma\pi}{4}}. \end{aligned} \right\} \quad (91)$$

**В. МАССА УДАРЯЮЩЕГО ТЕЛА m БОЛЬШЕ МАССЫ
КОНСТРУКЦИИ m_0 , НО СРАВНИМА С НЕЙ**

Этот случай определяется условием $10m_0 \geq m \geq m_0$.

Величины перемещений и внутренних усилий в конструкции в этом случае можно приближенно оценивать по формулам (86), принимая для ω выражение (87). Что касается коэффициента удара ξ , то он определяется по приближенным формулам, приводимым ниже, в зависимости от расчетной схемы конструкции.

**1. Конструкции,
которые можно рассматривать
как системы с одной степенью свободы**

Если удар приложен к центру сосредоточенной массы m_0 системы, коэффициент ξ определяется выражением (88), в котором частота p_1 определяется теперь по формуле

$$p_1 = \sqrt{\frac{k_1}{m + m_0}} = \frac{1}{\sqrt{\delta_{11} (m + m_0)}}. \quad (92)$$

Если удар приложен к точке конструкции, не совпадающей с центром ее массы m_0 , коэффициент ξ определяется как для системы с двумя степенями свободы по формулам следующего параграфа.

**2. Конструкции, которые можно рассматривать
как системы с несколькими степенями
свободы**

Точка приложения удара может и не совпадать с центром какой-либо из сосредоточенных масс, присоединенных к конструкции.

Обозначения:

k — номер сосредоточенной массы на конструкции;

n — число сосредоточенных масс на конструкции;

m_k — сосредоточенная масса номер k в кг·сек²/м;

$$m_0 = \sum_{k=1}^n m_k \text{ — полная масса конструкции в кг·сек}^2/\text{м};$$

O — точка удара;

δ_{k0} — поперечное перемещение центра массы m_k под действием единичной силы, приложенной в точке удара по направлению удара, в м/кг;

δ_{00} — перемещение точки удара от той же единичной силы в м/кг.

Остальные обозначения см. выше.

Коэффициент ξ определяется по формуле

$$\xi = \frac{(m + \alpha_1 m_0) \varepsilon_1 p_1 S}{(m + \alpha_2 m_0) mg}, \quad (93)$$

где p_1 — основная круговая частота собственных колебаний конструкции, определяемая с учетом массы ударяющего тела выражением

$$p_1 = \frac{1}{\sqrt{\delta_{00} (m + \alpha_1 m_0)}}, \quad (94)$$

где α_1 и α_2 — коэффициенты приведения масс в точку удара соответственно по кинетической энергии и по количеству движения, определяемые по формулам:

$$\alpha_1 = \frac{\sum_{k=1}^n m_k \delta_{k0}^2}{m_0 \delta_{00}^2} \quad (95)$$

$$\alpha_2 = \frac{\sum_{k=1}^n m_k |\delta_{k0}|}{m_0 |\delta_{00}|}, \quad (96)$$

где $|\delta_{k0}|$ и $|\delta_{00}|$ — абсолютные значения перемещений.

3. Однопролетные балки

Балки с равномерно распределенной массой

Коэффициент ξ определяется по формуле (93), в которой теперь m_0 — масса балки, p_1 — основная круговая частота собственных колебаний балки, вычисляемая по формуле (94), а α_1 и α_2 равны соответственно определенным интегралам:

$$\alpha_1 = i_1 = \int_0^1 \frac{\delta_{\alpha 0}^2}{\delta_{00}^2} d\alpha, \quad (97)$$

$$\alpha_2 = i_2 = \int_0^1 \left| \frac{\delta_{\alpha 0}}{\delta_{00}} \right| dx. \quad (98)$$

Здесь $\delta_{\alpha 0}$ — перемещение любой точки оси балки с относительной абсциссой $\alpha = \frac{x}{l}$ от единичной силы, приложенной в точке удара 0 в направлении удара, в м;
 δ_{00} — перемещение точки удара от той же единичной силы в м;
 x — абсцисса точек оси балки в м;
 l — пролет балки в м.

Значения интегралов i_1 и i_2 в зависимости от точки приложения удара и видов закрепления концов балки даны в табл. 18.

Балки с равномерно распределенной и сосредоточенными массами

Коэффициент ξ и частота p_1 определяются по формулам (93) и (94), в которых теперь m_0 — полная масса балки, включая и сосредоточенные массы, а коэффициенты α_1 и α_2 представляются выражениями:

$$\alpha_1 = \frac{m_6}{m_0} i_1 + \frac{\sum_{k=1}^n m_k \delta_{k0}^2}{m_0 \delta_{00}^2}, \quad (99)$$

$$\alpha_2 = \frac{m_6}{m_0} i_2 + \frac{\sum_{k=1}^n m_k |\delta_{k0}|}{m_0 |\delta_{00}|}. \quad (100)$$

Здесь m_6 — равномерно распределенная масса балки в кг · сек²/м.

$$m_0 = m_6 + \sum_{k=1}^n m_k, \quad (101)$$

δ_{k0} — перемещение центра массы m_k от единичной силы, приложенной в точке удара.

Обозначения остальных величин см. п. 2 и 3 настоящего раздела.

Значения i_1 и i_2 даны в табл. 18.

4. Неразрезные балки

Предполагается, что жесткости и погонные массы в разных пролетах различны, но постоянны в пределах одного пролета.

Балки с равномерно распределенной массой

Обозначения:

r — номер пролета балки;

N — число пролетов балки;

l_r — длина пролета номер r в м;

x_r — абсцисса точки оси балки в пролете номер r при начале координат в левом конце этого пролета в м;

$a_r = \frac{x_r}{l_r}$ — относительная абсцисса той же точки;
 μ_r — погонная масса в пролете номер r в кг · сек²/м²;

$m_r = \mu_r l_r$ — масса пролета номер r в кг · сек²/м;

$\delta_{\alpha 0}^r$ — перемещение любой точки пролета номер r от единичной силы, приложенной в точке удара 0 в направлении удара, в м;

δ_{00} — перемещение точки удара от той же единичной силы в м.

Коэффициент ξ и круговая частота p_1 определяются выражениями (93) и (94), в которых теперь m_0 — масса всей балки:

$$m_0 = \sum_{r=1}^N m_r, \quad (102)$$

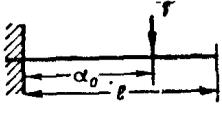
а коэффициенты α_1 и α_2 вычисляются по формулам:

$$\alpha_1 = \sum_{r=1}^N \frac{m_r}{m_0} i_1^{(r)}, \quad (103)$$

$$\alpha_2 = \sum_{r=1}^N \frac{m_r}{m_0} i_2^{(r)}, \quad (104)$$

в которых $i_1^{(r)}$ и $i_2^{(r)}$ представляют определенные интегралы:

Значения интегралов i_1 и i_2 для однопролетных балок

| Относительная абсцисса точки приложения удара α_0 |  | |  | |  | |  | |
|--|---|----------|---|----------|--|----------|---|----------|
| | i_1 | i_2 | i_1 | i_2 | i_1 | i_2 | i_1 | i_2 |
| 0 | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ |
| 0,05 | 285,3 | 14,51 | 9,274 | 2,758 | 4,947 | 1,898 | 9,649 | 2,632 |
| 0,1 | 67,75 | 7,013 | 2,803 | 1,514 | 1,592 | 1,075 | 2,725 | 1,389 |
| 0,15 | 28,58 | 4,519 | 1,499 | 1,106 | 0,903 | 0,809 | 1,374 | 0,98 |
| 0,2 | 15,25 | 3,275 | 1,011 | 0,906 | 0,646 | 0,684 | 0,882 | 0,781 |
| 0,25 | 9,247 | 2,532 | 0,774 | 0,792 | 0,524 | 0,615 | 0,648 | 0,667 |
| 0,3 | 6,079 | 2,038 | 0,642 | 0,72 | 0,461 | 0,577 | 0,52 | 0,595 |
| 0,35 | 4,224 | 1,687 | 0,564 | 0,675 | 0,429 | 0,558 | 0,445 | 0,549 |
| 0,4 | 3,057 | 1,425 | 0,518 | 0,646 | 0,419 | 0,552 | 0,402 | 0,521 |
| 0,45 | 2,281 | 1,223 | 0,494 | 0,63 | 0,424 | 0,556 | 0,379 | 0,505 |
| 0,5 | 1,743 | 1,063 | 0,486 | 0,625 | 0,446 | 0,571 | 0,371 | 0,5 |
| 0,55 | 1,858 | 0,932 | 0,494 | 0,63 | 0,484 | 0,597 | 0,379 | 0,505 |
| 0,6 | 1,075 | 0,825 | 0,518 | 0,646 | 0,545 | 0,637 | 0,402 | 0,521 |
| 0,65 | 0,862 | 0,735 | 0,564 | 0,675 | 0,64 | 0,692 | 0,445 | 0,549 |
| 0,7 | 0,699 | 0,659 | 0,642 | 0,72 | 0,788 | 0,772 | 0,52 | 0,595 |
| 0,75 | 0,573 | 0,594 | 0,774 | 0,792 | 1,033 | 0,839 | 0,648 | 0,667 |
| 0,8 | 0,473 | 0,537 | 1,011 | 0,906 | 1,476 | 1,069 | 0,882 | 0,781 |
| 0,85 | 0,393 | 0,489 | 1,499 | 1,106 | 2,412 | 1,375 | 1,374 | 0,98 |
| 0,9 | 0,329 | 0,446 | 2,803 | 1,514 | 5,002 | 1,994 | 2,725 | 1,389 |
| 0,95 | 0,278 | 0,408 | 9,274 | 2,758 | 18,5 | 3,864 | 9,649 | 2,632 |
| 1 | 0,236 | 0,375 | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ | ∞ |

$$i_1^{(r)} = \int_0^1 \left(\frac{\delta_{\alpha 0}^{(r)}}{\delta_{00}} \right)^2 dx_r, \quad (105)$$

$$i_2^{(r)} = \int_0^1 \left| \frac{\delta_{\alpha 0}^{(r)}}{\delta_{00}} \right| dx_r. \quad (106)$$

Значения интегралов $i_1^{(r)}$ и $i_2^{(r)}$ для равнопролетных балок с опертыми концами даны в табл. 19 в зависимости от числа пролетов N , номера пролета r балки и относительной абсциссы α_0 точки приложения удара в пролете.

В табл. 19 для значений $\alpha_0=0$ и $\alpha_0=1$ следует принимать $i_1^r = \infty$ и $i_2^r = \infty$.

Балки с равномерно распределенной и сосредоточенными массами

В формулах (93) и (94) для ξ и p_1 масса m_0 обозначает теперь полную массу

$$m_0 = \sum_{r=1}^N m_r + \sum_{k=1}^n m_k, \quad (107)$$

где m_k — сосредоточенные на балке массы, число которых равно n ;

коэффициенты x_1 и x_2 определяются по формулам:

$$x_1 = \sum_{r=1}^N \frac{m_r}{m_0} i_1^{(r)} + \sum_{k=1}^n \frac{m_k}{m_0} \frac{\delta_{k0}^2}{\delta_{00}^2}, \quad (108)$$

$$x_2 = \sum_{r=1}^N \frac{m_r}{m_0} i_2^{(r)} + \sum_{k=1}^n \frac{m_k}{m_0} \left| \frac{\delta_{k0}}{\delta_{00}} \right|. \quad (109)$$

Обозначения остальных величин, входящих в эти формулы, даны в пунктах 3 и 4 настоящего раздела.

5. Однопролетные прямоугольные плиты

Плиты с равномерно распределенной массой

Коэффициент ξ определяется по формуле (93), в которой теперь m_0 — масса плиты, p_1 — основная круговая частота, вычисляемая по формуле (94), а x_1 и x_2 равны соответственно двойным определенным интегралам:

$$x_1 = i_{11} = \int_0^1 \int_0^1 \frac{\delta_{\alpha\beta 0}^2}{\delta_{00}^2} d\alpha d\beta, \quad (110)$$

$$x_2 = i_{22} = \int_0^1 \int_0^1 \left| \frac{\delta_{\alpha\beta 0}}{\delta_{00}} \right| d\alpha d\beta. \quad (111)$$

Значения интегралов $i_1^{(r)}$ и $i_2^{(r)}$ для неразрезных равнопролетных балок со свободно опертыми концами (каждому значению номера r соответствуют два числа таблицы: верхнее, равное $i_1^{(r)}$, и нижнее — $i_2^{(r)}$)

| Число N пролетов | Номер пролета, в котором приложен удар | Текущий номер пролета r | Относительная абсцисса a_0 точки приложения удара | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 |
| 2 | 1 | 1 | 3,306 | 1,772 | 1,137 | 0,752 | 0,537 | 0,472 | 0,47 | 0,521 | 0,661 | 1,046 | 1,548 | 2,875 | 9,408 |
| | | | 1,98 | 1,156 | 0,888 | 0,76 | 0,645 | 0,608 | 0,609 | 0,644 | 0,728 | 0,92 | 1,122 | 1,532 | 2,776 |
| | | 2 | 3,624 | 0,972 | 0,465 | 0,283 | 0,149 | 0,102 | 0,083 | 0,078 | 0,087 | 0,126 | 0,18 | 0,326 | 1,051 |
| | | | 1,724 | 0,893 | 0,618 | 0,482 | 0,35 | 0,289 | 0,261 | 0,253 | 0,267 | 0,321 | 0,384 | 0,517 | 0,928 |
| 3 | 1 | 1 | 4,991 | 1,697 | 1 | 0,732 | 0,528 | 0,468 | 0,468 | 0,522 | 0,662 | 1,05 | 1,552 | 2,882 | 9,422 |
| | | | 1,909 | 1,123 | 0,868 | 0,746 | 0,639 | 0,604 | 0,607 | 0,644 | 0,729 | 0,922 | 1,122 | 1,534 | 2,771 |
| | | 2 | 2,497 | 0,671 | 0,321 | 0,196 | 0,103 | 0,071 | 0,058 | 0,054 | 0,06 | 0,087 | 0,124 | 0,225 | 0,724 |
| | | | 1,412 | 0,782 | 0,506 | 0,395 | 0,287 | 0,238 | 0,214 | 0,208 | 0,219 | 0,263 | 0,315 | 0,424 | 0,76 |
| | | | 0,27 | 0,072 | 0,035 | 0,021 | 0,011 | 0,008 | 0,006 | 0,006 | 0,007 | 0,009 | 0,014 | 0,024 | 0,078 |
| 0,471 | 0,244 | 0,169 | 0,132 | 0,096 | 0,079 | 0,071 | 0,069 | 0,073 | 0,088 | 0,105 | 0,141 | 0,253 | | | |
| 3 | 2 | 1 | 0,498 | 0,179 | 0,112 | 0,088 | 0,074 | 0,077 | 0,091 | 0,12 | 0,183 | 0,354 | 0,583 | 1,213 | 4,5 |
| | | | 0,639 | 0,384 | 0,304 | 0,269 | 0,246 | 0,251 | 0,273 | 0,314 | 0,387 | 0,539 | 0,691 | 0,997 | 1,917 |
| | | 2 | 4,996 | 1,715 | 1,019 | 0,75 | 0,54 | 0,469 | 0,45 | 0,469 | 0,54 | 0,75 | 1,019 | 1,715 | 4,996 |
| | | | 1,907 | 1,128 | 0,876 | 0,754 | 0,645 | 0,602 | 0,591 | 0,602 | 0,645 | 0,754 | 0,876 | 1,128 | 1,907 |
| | | | 4,5 | 1,213 | 0,583 | 0,364 | 0,183 | 0,12 | 0,091 | 0,077 | 0,074 | 0,088 | 0,112 | 0,179 | 0,498 |
| 1,917 | 0,998 | 0,691 | 0,539 | 0,387 | 0,314 | 0,273 | 0,251 | 0,246 | 0,269 | 0,304 | 0,384 | 0,639 | | | |
| 4 | 1 | 1 | 4,971 | 1,691 | 1,001 | 0,73 | 0,528 | 0,467 | 0,468 | 0,522 | 0,662 | 1,05 | 1,553 | 2,882 | 9,422 |
| | | | 1,903 | 1,121 | 0,866 | 0,745 | 0,638 | 0,604 | 0,607 | 0,644 | 0,729 | 0,922 | 1,123 | 1,534 | 2,778 |
| | | 2 | 2,424 | 0,651 | 0,312 | 0,189 | 0,1 | 0,069 | 0,056 | 0,053 | 0,059 | 0,084 | 0,121 | 0,218 | 0,703 |
| | | | 1,324 | 0,72 | 0,498 | 0,389 | 0,282 | 0,234 | 0,211 | 0,205 | 0,216 | 0,259 | 0,31 | 0,417 | 0,748 |
| | | | 1,586 | 0,048 | 0,023 | 0,014 | 0,007 | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,006 | 0,009 | 0,016 | 0,052 |
| | | 4 | 0,379 | 0,196 | 0,136 | 0,106 | 0,077 | 0,064 | 0,057 | 0,056 | 0,059 | 0,071 | 0,084 | 0,114 | 0,209 |
| | | | 0,194 | 0,005 | 0,003 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0 | 0 | 0 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,006 |
| 0,129 | 0,065 | 0,045 | 0,035 | 0,026 | 0,021 | 0,019 | 0,019 | 0,02 | 0,024 | 0,028 | 0,038 | 0,068 | | | |
| 4 | 2 | 1 | 0,46 | 0,169 | 0,107 | 0,085 | 0,073 | 0,077 | 0,091 | 0,122 | 0,186 | 0,361 | 0,594 | 1,236 | 4,562 |
| | | | 0,613 | 0,372 | 0,297 | 0,265 | 0,245 | 0,251 | 0,274 | 0,316 | 0,391 | 0,544 | 0,698 | 1,007 | 1,953 |
| | | 2 | 4,758 | 1,636 | 0,978 | 0,727 | 0,531 | 0,465 | 0,449 | 0,469 | 0,541 | 0,75 | 1,018 | 1,71 | 5,015 |
| | | | 1,831 | 1,092 | 0,853 | 0,739 | 0,637 | 0,598 | 0,589 | 0,602 | 0,644 | 0,754 | 0,874 | 1,125 | 1,901 |
| | | | 3,064 | 0,832 | 0,4 | 0,244 | 0,127 | 0,083 | 0,063 | 0,053 | 0,051 | 0,061 | 0,078 | 0,123 | 0,34 |
| | | 4 | 1,564 | 0,814 | 0,565 | 0,441 | 0,318 | 0,258 | 0,224 | 0,206 | 0,202 | 0,221 | 0,249 | 0,313 | 0,521 |
| | | | 0,331 | 0,09 | 0,043 | 0,026 | 0,014 | 0,009 | 0,007 | 0,006 | 0,006 | 0,007 | 0,008 | 0,013 | 0,025 |
| | | | 0,521 | 0,271 | 0,188 | 0,147 | 0,106 | 0,086 | 0,075 | 0,069 | 0,067 | 0,074 | 0,083 | 0,104 | 0,174 |

| Число N пролетов | Номер пролета, в котором приложен удар | Текущий номер пролета r | Относительная абсцисса a , точки приложения удара | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | | |
| 5 | 1 | 1 | 4,969 | 1,69 | 0,997 | 0,73 | 0,528 | 0,467 | 0,468 | 0,522 | 0,662 | 1,05 | 1,553 | 2,882 | 9,422 | | |
| | | | 1,903 | 1,12 | 0,866 | 0,745 | 0,638 | 0,604 | 0,607 | 0,644 | 0,729 | 0,922 | 1,123 | 1,534 | 2,778 | | |
| | | 2 | 2,418 | 0,65 | 0,311 | 0,189 | 0,1 | 0,069 | 0,056 | 0,053 | 0,058 | 0,084 | 0,12 | 0,217 | 0,701 | | |
| | | | 1,857 | 0,719 | 0,498 | 0,388 | 0,282 | 0,234 | 0,211 | 0,204 | 0,216 | 0,259 | 0,308 | 0,416 | 0,747 | | |
| | | 3 | 0,174 | 0,047 | 0,022 | 0,014 | 0,007 | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,006 | 0,009 | 0,016 | 0,052 | |
| | | | 0,353 | 0,193 | 0,134 | 0,104 | 0,076 | 0,063 | 0,057 | 0,055 | 0,058 | 0,069 | 0,083 | 0,112 | 0,21 | | |
| | | 4 | 0,013 | 0,004 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,001 | 0,001 | 0,004 | | |
| | | | 0,103 | 0,052 | 0,036 | 0,028 | 0,021 | 0,017 | 0,015 | 0,015 | 0,016 | 0,019 | 0,023 | 0,03 | 0,055 | | |
| | | 5 | 0,001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | | | 0,033 | 0,018 | 0,012 | 0,009 | 0,007 | 0,006 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,006 | 0,008 | 0,01 | 0,02 | | |
| | | 5 | 2 | 1 | 0,456 | 0,168 | 0,107 | 0,085 | 0,073 | 0,077 | 0,091 | 0,122 | 0,187 | 0,361 | 0,594 | 1,237 | 4,568 |
| | | | | | 0,612 | 0,371 | 0,296 | 0,264 | 0,244 | 0,251 | 0,274 | 0,316 | 0,391 | 0,544 | 0,699 | 1,007 | 1,935 |
| | | | | 2 | 4,691 | 1,63 | 0,978 | 0,725 | 0,53 | 0,464 | 0,448 | 0,469 | 0,541 | 0,749 | 1,017 | 1,71 | 4,968 |
| | | | | | 1,825 | 1,089 | 0,851 | 0,738 | 0,636 | 0,598 | 0,589 | 0,602 | 0,644 | 0,754 | 0,874 | 1,125 | 1,9 |
| | | | | 3 | 2,973 | 0,807 | 0,388 | 0,237 | 0,123 | 0,08 | 0,061 | 0,052 | 0,05 | 0,059 | 0,075 | 0,119 | 0,33 |
| 1,538 | 0,801 | | | | 0,556 | 0,434 | 0,313 | 0,253 | 0,22 | 0,203 | 0,199 | 0,217 | 0,245 | 0,308 | 0,513 | | |
| 4 | 0,22 | | | 0,06 | 0,029 | 0,017 | 0,009 | 0,006 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,006 | 0,009 | 0,024 | |
| | 0,419 | | | 0,219 | 0,152 | 0,118 | 0,085 | 0,069 | 0,060 | 0,055 | 0,054 | 0,059 | 0,067 | 0,084 | 0,14 | | |
| 5 | 0,024 | | | 0,006 | 0,003 | 0,002 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0 | 0 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,003 | | |
| | 0,14 | | | 0,073 | 0,051 | 0,039 | 0,028 | 0,023 | 0,02 | 0,018 | 0,018 | 0,02 | 0,022 | 0,028 | 0,048 | | |
| 5 | 3 | | | 1 | 0,034 | 0,012 | 0,008 | 0,006 | 0,005 | 0,006 | 0,007 | 0,009 | 0,014 | 0,027 | 0,044 | 0,091 | 0,337 |
| | | | | | 0,167 | 0,101 | 0,081 | 0,072 | 0,067 | 0,069 | 0,075 | 0,087 | 0,107 | 0,148 | 0,19 | 0,274 | 0,526 |
| | | | | 2 | 0,314 | 0,115 | 0,074 | 0,059 | 0,05 | 0,053 | 0,063 | 0,084 | 0,129 | 0,248 | 0,408 | 0,847 | 3,12 |
| | | | | | 0,497 | 0,304 | 0,242 | 0,217 | 0,201 | 0,206 | 0,225 | 0,26 | 0,321 | 0,445 | 0,57 | 0,882 | 1,577 |
| | | | | 3 | 4,687 | 1,63 | 0,979 | 0,727 | 0,531 | 0,464 | 0,447 | 0,464 | 0,531 | 0,727 | 0,979 | 1,63 | 4,687 |
| | | 1,814 | 1,089 | | 0,852 | 0,738 | 0,636 | 0,598 | 0,587 | 0,598 | 0,636 | 0,738 | 0,852 | 1,089 | 1,814 | | |
| | | 4 | 3,12 | 0,847 | 0,408 | 0,248 | 0,129 | 0,084 | 0,063 | 0,053 | 0,05 | 0,059 | 0,074 | 0,115 | 0,314 | | |
| | | | 1,577 | 0,822 | 0,571 | 0,445 | 0,321 | 0,26 | 0,225 | 0,206 | 0,201 | 0,217 | 0,242 | 0,304 | 0,497 | | |
| | | 5 | 0,337 | 0,091 | 0,044 | 0,027 | 0,014 | 0,009 | 0,007 | 0,006 | 0,005 | 0,006 | 0,008 | 0,012 | 0,034 | | |
| | | | 0,526 | 0,274 | 0,19 | 0,148 | 0,107 | 0,086 | 0,075 | 0,069 | 0,067 | 0,072 | 0,081 | 0,101 | 0,167 | | |

Здесь $\delta_{\alpha\beta 0}$ — перемещение любой точки срединной плоскости плиты с относительными координатами $\alpha = \frac{x}{l}$, $\beta = \frac{y}{b}$ от единичной

силы, приложенной в точке удара, в m ;

δ_{00} — перемещение точки приложения удара от той же единичной силы в m ;

l, b — размеры плиты в плане в направлениях осей x и y соответственно в m ;

x, y — координаты точек плиты в m .

Значения интегралов i_{11} и i_{22} для плит вычисляются в соответствии со статической теорией изгиба плит.

Плиты с равномерно распределенной и сосредоточенными массами

В формулах (93) и (94) для ξ и p_1 масса m_0 обозначает теперь полную массу:

$$m_0 = m_{\Pi} + \sum_{k=1}^n m_k, \quad (112)$$

где m_{Π} — масса плиты в $кг \cdot сек^2/м$;

m_k — сосредоточенные на плите массы в $кг \cdot сек^2/м$.

Коэффициенты α_1 и α_2 определяются по формулам:

$$\alpha_1 = \frac{m_{\Pi}}{m_0} i_{11} + \frac{\sum_{k=1}^n m_k \delta_{k0}^2}{m_0 \delta_{00}^2}, \quad (113)$$

$$\alpha_2 = \frac{m_{\Pi}}{m_0} i_{22} + \frac{\sum_{k=1}^n m_k |\delta_{k0}|}{m_0 |\delta_{00}|}. \quad (114)$$

Обозначения остальных величин даны в предшествующих лунках настоящего приложения.

Г. МАССА УДАРЯЮЩЕГО ТЕЛА m МЕНЬШЕ МАССЫ КОНСТРУКЦИИ m_0 , ВОСПРИНИМАЮЩЕЙ УДАР

В случае когда $m < m_0$, величины \bar{z}_0 , \bar{M}_0 и \bar{Q}_0 следует определять по общим формулам раздела А настоящего приложения.

При условии

$$\epsilon_1 \frac{v_0 p_1}{g} > 50, \quad (115)$$

где v_0 — скорость тела в начале удара;

p_1 — частота собственных колебаний конструкции;

g — ускорение силы тяжести;

ϵ_1 — коэффициент, зависящий от продолжительности удара, определяемый по табл. 8; в формулах (83) можно пренебрегать величинами $z_{ст}$, $M_{ст}$, и $Q_{ст}$, принимая

$$\left. \begin{aligned} \bar{z}_0 &= z_0, \\ \bar{M}_0 &= M_0, \\ \bar{Q}_0 &= Q_0. \end{aligned} \right\} \quad (116)$$

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЬШИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ
И ВНУТРЕННИХ УСИЛИЙ, ВЫЗВАННЫХ ДЕЙСТВИЕМ
ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ И УДАРОВ**

**А. ЧИСЛО ПОВТОРЕНИЙ ИМПУЛЬСОВ ИЛИ УДАРОВ НЕВЕЛИКО
(НЕУСТАНОВИВШИЕСЯ КОЛЕБАНИЯ КОНСТРУКЦИИ)**

Нередко установки с импульсивным воздействием на основание характеризуются небольшим предельным числом периодических ударов, достаточным для выполнения определенной технологической операции, после чего наступает пауза, за время которой колебания конструкции успевают затухнуть (рис. 12). В этом случае

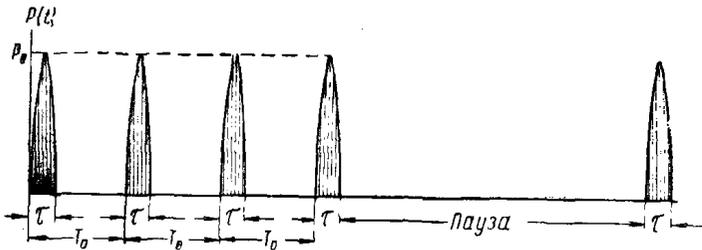


Рис. 12. График периодических импульсов (ударов) при небольшом числе повторений

колебания конструкции за время действия повторных импульсов являются неустановившимися. Число повторений импульсов (ударов) n считается небольшим, а колебания — неустановившимся, если оно не превышает целого числа, ближайшего к числу $\frac{0,5}{\gamma}$, где γ — коэффициент внутреннего трения в конструкции, принимаемый по табл. 2.

Наибольшее во времени перемещение z_0^* , изгибающий момент M_0^* и поперечная сила Q_0^* , вызванные действием периодических импульсов или ударов при небольшом числе их повторений, можно определять соответственно по приближенным формулам (117) или (118):

$$z_0^* = z_0 \Psi, \quad M_0^* = M_0 \Psi, \quad Q_0^* = Q_0 \Psi, \quad (117)$$

$$\bar{z}_0^* = \bar{z}_0 \Psi, \quad \bar{M}_0^* = \bar{M}_0 \Psi, \quad \bar{Q}_0^* = \bar{Q}_0 \Psi. \quad (118)$$

Здесь z_0 , M_0 , Q_0 и \bar{z}_0 , \bar{M}_0 , \bar{Q}_0 — наибольшие во времени перемещение, изгибающий момент и поперечная сила в данном сечении конструкции, вызванные действием однократного импульса и однократного удара соответственно; первые три величины определяются согласно указаниям прил. 2, а вторые три — согласно указаниям прил. 3.

Коэффициент Ψ представляет собой функцию, зависящую от трех параметров n , θ и γ :

$$\Psi = \Psi(n, \theta, \gamma), \quad (119)$$

где

n — число повторений импульсов (ударов), так что $n = 0$ отвечает однократному импульсу (удару);

$$\theta = \frac{T_0}{T_1} > 1 \text{ — коэффициент кратности;}$$

T_0 — период импульсов или ударов в сек;

T_1 — основной период собственных колебаний конструкции в сек, определяемый согласно прил. 1;

γ — коэффициент внутреннего трения (табл. 2).

Функция (119) имеет следующий вид:

$$\Psi = \sqrt{A^2 + B^2}, \quad (120)$$

где A и B представляются выражениями:

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{e^{\pi\gamma\theta} - \cos(2\pi\theta) - e^{-n\pi\gamma\theta} \cos[(n+1)2\pi\theta]}{2 \operatorname{ch}(\pi\gamma\theta) - 2 \cos(2\pi\theta)} + \\ &+ \frac{e^{-(n+1)\pi\gamma\theta} \cos(n2\pi\theta)}{2 \operatorname{ch}(\pi\gamma\theta) - 2 \cos(2\pi\theta)}, \\ B &= \frac{\sin(2\pi\theta) - e^{-n\pi\gamma\theta} \sin[(n+1)2\pi\theta]}{2 \operatorname{ch}(\pi\gamma\theta) - 2 \cos(2\pi\theta)} + \\ &+ \frac{e^{-(n+1)\pi\gamma\theta} \sin(n2\pi\theta)}{2 \operatorname{ch}(\pi\gamma\theta) - 2 \cos(2\pi\theta)}. \end{aligned} \right\} \quad (121)$$

Для данных значений n , γ и θ величины A и B вычисляются с помощью таблиц тригонометрических, гиперболических и показательных функций. Максимальные значения Ψ получаются для целых значений θ , когда период импульсов (ударов) T_0 кратен основному периоду T_1 собственных колебаний конструкции. Поэтому, когда θ отличается от ближайшего к нему целого числа не более чем на 20%, следует, учитывая погрешность определения периода T_1 , принимать θ равным этому целому числу.

Максимальные значения Ψ тем больше, чем больше целое число n и чем меньше коэффициент внутреннего трения γ и целое число θ .

Б. ЧИСЛО ПОВТОРЕНИЙ ИМПУЛЬСОВ ИЛИ УДАРОВ ВЕЛИКО (УСТАНОВИВШИЕСЯ КОЛЕБАНИЯ КОНСТРУКЦИИ)

Практически такой случай будет при условии, что число повторений импульсов (ударов) превышает целое число, ближайшее к числу $\frac{0,5}{\gamma}$. В таком случае число повторений n можно считать неограниченно большим.

Величины z^* , M^* и Q^* можно по-прежнему определять по формулам (117) или (118), но с тем отличием, что функция Ψ зависит теперь только от двух переменных θ и γ (так как $n = \infty$). Эта функция имеет вид:

$$\Psi = \frac{\sqrt{1 + e^{2\pi\gamma\theta} - 2e^{\pi\gamma\theta} \cos(2\pi\theta)}}{2 \operatorname{ch}(\pi\gamma\theta) - 2 \cos(2\pi\theta)}. \quad (122)$$

В. ОДНОВРЕМЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ НЕСКОЛЬКИХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ

В случае одновременного действия нескольких периодических импульсов с разными характеристиками (с разными величинами $S^{(k)}$, продолжительностями $\tau^{(k)}$ и формами $f^{(k)}(t)$ импульсов и разными точками их приложения), а также с различными периодами T_0^k (с разными коэффициентами кратности $\theta^{(k)}$) наибольшие во времени значения z_0^* , M_0^* и Q_0^* в данном сечении

Значения Ψ для данных значений γ и θ определяются с помощью таблиц входящих в нее элементарных функций.

Максимальные значения Ψ соответствуют импульсному резонансу и получаются для целых значений θ ; эти максимумы тем больше, чем меньше целое значение θ и коэффициент внутреннего трения γ (при данном γ наибольший максимум Ψ отвечает $\theta = 1$).

Поэтому, учитывая погрешность определения основного периода T_1 собственных колебаний конструкции, которая в среднем составляет около 20%, в тех случаях, когда θ отличается от ближайшего к нему целого числа не более чем на 0,2, следует принимать θ равным этому целому числу.

Элементы перекрытия определяются так же, как z_0 , M_0 , Q_0 , по формулам прил. 2 для случая одновременного действия нескольких однократных импульсов $S^{(k)}$, и при условии, что теперь в формулы (62) или (68) для a_i вместо импульсов $S^{(k)}$ должны быть подставлены произведения $\Psi_k S^{(k)}$, где Ψ_k — коэффициент, вычисляемый по формулам (120) или (122) настоящего приложения для периодического импульса $S^{(k)}$.

ТАБЛИЦЫ БАЛОЧНЫХ ФУНКЦИЙ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ

В настоящем приложении даны таблицы значений балочных функций X_i для однопролетных и неразмержных равнопролетных балок в зависимости от относительной абсциссы $\alpha = \frac{x}{l}$ (x — абсцисса точки оси балки, l — пролет балки), а также значений их первых производных X_i' , вторых производных X_i'' и третьих производных X_i''' по переменной α . Нижний индекс i означает номер тона собственных колебаний, соответствующий i -й форме собственных колебаний балки, которая изображается балочной функцией.

Все балочные функции нормированы, что вместе со свойством ортогональности балочных функций обеспечивает наибольшую простоту соответствующих формул.

Настоящие таблицы являются основными. Они используются при определении частот собственных колебаний балок и прямоугольных плит с присоединенными сосредоточенными массами (прил. 1), а также при определении перемещений, изгибающих моментов и поперечных сил в балках и прямоугольных плитах, вызванных действием кратковременных импульсов любой продолжительности и формы (прил. 2). Таблицы состоят из двух групп.

А. ОДНОПРОЛЕТНЫЕ БАЛКИ

Таблицы составлены для балок с шестью различными предельными видами закрепления концов и включают пять последовательных тонов собственных колебаний балки ($i = 1, 2, 3, 4, 5$). Относительная абсцисса α отсчитывается от левого конца балки: $0 \ll \alpha \ll 1$. Шаг переменной α равен 0,025.

Балочная функция для всех балок и любого тона колебаний нормирована условием

$$\int_0^1 X_i^2 dx = 1.$$

Балочные функции данной балки, соответствующие двум разным тонам с номерами i и j , удовлетворяют условию ортогональности:

$$\int_0^1 X_i X_j dx = 0, \quad i \neq j.$$

Б. НЕРАЗРЕЗНЫЕ РАВНОПРОЛЕТНЫЕ БАЛКИ СО СВОБОДНО ОПЕРТЫМИ КОНЦАМИ

Таблицы составлены для балок с числом пролетов N от двух до пяти и включают $N + 1$ последовательных тонов собственных колебаний балки ($i = 1, 2, \dots, N + 1$). Значения балочной функции и ее производных даются для каждого пролета отдельно. Через l обозначена длина одного пролета, так что длина балки равна Nl . Относительная абсцисса $\alpha = \frac{x}{l}$ отсчитывается в каждом пролете от его левого конца: $0 < \alpha < 1$. Шаг переменной α равен 0,05.

Балочная функция для любого тона N -пролетной балки нормирована условием

$$\sum_{r=1}^N \int_0^1 X_{ir}^2 dx = 1,$$

где r — номер пролета балки ($r = 1, 2, \dots, N$). Балочные функции, соответствующие двум разным тонам с номерами i и j для N -пролетной балки, удовлетворяют условию ортогональности:

$$\sum_{r=1}^N \int_0^1 X_{ir} X_{jr} dx = 0, \quad i \neq j.$$

А. ОДНОПРОЛЕТНЫЕ БАЛКИ

Таблица 20

Балка с левым защемленным и правым свободным концами

| α | X_1 | X_1' | X_1'' | X_1''' | X_2 | X_2' | X_2'' | X_2''' | X_3 | X_3' | X_3'' | X_3''' | X_4 | X_4' | X_4'' | X_4''' | X_5 | X_5' | X_5'' | X_5''' |
|----------|--------|--------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|
| 0 | 0 | 0 | 7,0318 | -9,6797 | 0 | 0 | 44,074 | -210,71 | 0 | 0 | 123,403 | -968,57 | 0 | 0 | 241,82 | -2659,1 | 0 | 0 | 399,97 | -5650,7 |
| 0,025 | 0,0022 | 0,1728 | 6,7899 | -9,679 | 0,0132 | 1,0364 | 38,804 | -210,65 | 0,036 | 2,783 | 99,196 | -967,41 | 0,0636 | 5,215 | 175,39 | -2650,5 | 0,1102 | 8,228 | 258,69 | -5612,8 |
| 0,05 | 0,0086 | 0,3395 | 6,5479 | -9,6775 | 0,0507 | 1,9403 | 33,544 | -210,3 | 0,1341 | 4,962 | 75,086 | -959,75 | 0,247 | 8,775 | 109,68 | -2595,6 | 0,3822 | 12,958 | 120,76 | -5376,8 |
| 0,075 | 0,0191 | 0,5001 | 6,3062 | -9,6738 | 0,1092 | 2,7136 | 28,295 | -209,34 | 0,2791 | 6,539 | 51,306 | -940,41 | 0,4939 | 10,718 | 46,28 | -2461,7 | 0,7302 | 14,346 | 7,5 | -4824,2 |
| 0,1 | 0,0335 | 0,6547 | 6,0643 | -9,6658 | 0,1853 | 3,3553 | 23,084 | -207,58 | 0,4561 | 7,531 | 28,195 | -905,6 | 0,77 | 11,127 | -12,59 | -2231 | 1,0745 | 12,736 | -117,51 | -3919,9 |
| 0,125 | 0,0518 | 0,8034 | 5,8227 | -9,6525 | 0,2759 | 3,8681 | 17,925 | -204,79 | 0,6509 | 7,958 | 6,175 | -853,01 | 1,0387 | 10,146 | -64,43 | -1899,7 | 1,3467 | 8,693 | -200,85 | -2702,8 |
| 0,15 | 0,0738 | 0,946 | 5,5815 | -9,6335 | 0,3776 | 4,2526 | 12,855 | -200,83 | 0,8496 | 7,853 | -14,291 | -781,61 | 1,2675 | 7,985 | -106,81 | -1476,5 | 1,4951 | 2,973 | -250,85 | -1271,9 |
| 0,175 | 0,0991 | 1,0823 | 5,3415 | -9,6063 | 0,4874 | 4,5117 | 7,896 | -195,59 | 1,0395 | 7,26 | -32,745 | -691,6 | 1,4303 | 4,902 | -137,65 | -981,3 | 1,4886 | -3,54 | -263,85 | 231,7 |
| 0,2 | 0,1278 | 1,2129 | 5,1016 | -9,5718 | 0,6021 | 4,6486 | 3,087 | -188,98 | 1,209 | 6,236 | -48,734 | -584,34 | 1,5076 | 1,209 | -155,49 | -441,7 | 1,3192 | -9,912 | -240,01 | 1646,8 |
| 0,225 | 0,1596 | 1,3376 | 4,8627 | -9,527 | 0,7188 | 4,6676 | -1,542 | -180,95 | 1,3484 | 4,847 | -61,842 | -462,38 | 1,4884 | -2,757 | -159,65 | 109 | 1,0016 | -15,268 | -183,55 | 2816,4 |
| 0,25 | 0,1946 | 1,4552 | 4,6251 | -9,4727 | 0,8346 | 4,5733 | -5,948 | -171,53 | 1,449 | 3,171 | -71,754 | -328,96 | 1,3703 | -6,659 | -150,26 | 634,3 | 0,5703 | -18,88 | -102,62 | 3612,6 |
| 0,275 | 0,2324 | 1,5689 | 4,3889 | -9,4066 | 0,9466 | 4,372 | -10,106 | -160,71 | 1,5051 | 1,289 | -78,229 | -187,98 | 1,1587 | -10,167 | -128,43 | 1099,1 | 0,0763 | -20,269 | -6,96 | 3934,2 |
| 0,3 | 0,2729 | 1,6756 | 4,1551 | -9,3288 | 1,0524 | 4,0704 | -13,976 | -148,56 | 1,5125 | -0,711 | -81,128 | -43,98 | 0,8675 | -12,953 | -96,08 | 1471,6 | -0,4219 | -19,226 | 90,34 | 3757,9 |
| 0,325 | 0,3161 | 1,7766 | 3,9228 | -9,2378 | 1,1494 | 3,6761 | -17,205 | -135,2 | 1,4693 | -2,738 | -80,444 | 98,36 | 0,5167 | -14,905 | -55,94 | 1727,1 | -0,8654 | -15,842 | 176,97 | 3110 |
| 0,35 | 0,3617 | 1,8718 | 3,6931 | -9,1328 | 1,2355 | 3,197 | -20,726 | -120,71 | 1,3761 | -4,703 | -76,268 | 234,09 | 0,1315 | -15,749 | -10,87 | 1844,7 | -1,1985 | -10,547 | 242,41 | 2068,3 |
| 0,375 | 0,4097 | 1,9613 | 3,4662 | -9,0139 | 1,3086 | 2,6431 | -23,551 | -105,25 | 1,2353 | -6,524 | -68,831 | 358,75 | -0,2612 | -15,438 | 35,2 | 1822,4 | -1,3819 | -3,97 | 278,23 | 765,9 |
| 0,4 | 0,4598 | 2,0452 | 3,2423 | -8,8796 | 1,3671 | 2,0226 | -25,981 | -89 | 1,0518 | -8,121 | -58,458 | 467,91 | -0,6316 | -14,001 | 78,94 | 1657,4 | -1,3928 | 3,075 | 279,96 | -634,9 |
| 0,425 | 0,5118 | 2,1234 | 3,0225 | -8,7298 | 1,4093 | 1,3475 | -27,996 | -72,13 | 0,832 | -9,428 | -45,606 | 557,92 | -0,9522 | -11,543 | 117,05 | 1365,2 | -1,2337 | 9,771 | 246,67 | -1951,2 |
| 0,45 | 0,5659 | 2,1963 | 2,8063 | -8,5632 | 1,434 | 0,6266 | -29,585 | -54,85 | 0,5832 | -10,382 | -30,769 | 625,4 | -1,2013 | -8,225 | 146,37 | 969,6 | -0,9182 | 15,207 | 183,67 | -3036,8 |
| 0,475 | 0,6217 | 2,2638 | 2,5943 | -8,3796 | 1,4403 | -0,1279 | -30,737 | -37,39 | 0,3159 | -10,953 | -14,532 | 668,22 | -1,3584 | -4,317 | 164,92 | 498 | -0,489 | 18,765 | 97,96 | -3746,9 |
| 0,5 | 0,6791 | 2,3261 | 2,3872 | -8,1785 | 1,4274 | -0,9065 | -31,455 | -19,95 | 0,0390 | -11,103 | 2,428 | 685,24 | -1,4133 | -0,096 | 171,1 | -12,5 | 0,0012 | 19,998 | 0,1 | -3991,9 |
| 0,525 | 0,7379 | 2,3831 | 2,1858 | -7,9597 | 1,3949 | -1,6977 | -31,737 | -2,81 | -0,2361 | -10,828 | 19,497 | 675,83 | -1,3664 | 4,165 | 163,91 | 518 | 0,4905 | 18,775 | -97,55 | -3745,4 |
| 0,55 | 0,7982 | 2,4353 | 1,9898 | -7,7226 | 1,3425 | -2,4899 | -31,599 | 13,82 | -0,4988 | -10,134 | 36,017 | 640,63 | -1,2127 | 8,05 | 144,91 | -992,3 | 0,92 | 15,229 | -183,18 | -3033,8 |
| 0,575 | 0,8596 | 2,4828 | 1,7995 | -7,4657 | 1,2704 | -3,2744 | -31,052 | 29,7 | -0,7391 | -9,04 | 51,339 | 581,49 | -0,989 | 11,319 | 114,91 | -1393,5 | 1,2363 | 9,805 | -246,1 | -1945,7 |
| 0,6 | 0,9223 | 2,5255 | 1,6162 | -7,1904 | 1,179 | -4,0395 | -30,121 | 44,58 | -0,9477 | -7,582 | 64,911 | 500,93 | -0,654 | 13,722 | 76,10 | -1691,9 | 1,4003 | 3,179 | -278,45 | -615,6 |
| 0,625 | 0,986 | 2,5637 | 1,4401 | -6,8953 | 1,0686 | -4,777 | -28,835 | 58,26 | -1,1155 | -5,814 | 76,25 | 402,28 | -0,2917 | 15,074 | 13,35 | -1865,8 | 1,3921 | -3,827 | -276,22 | 793,1 |
| 0,65 | 1,0504 | 2,5974 | 1,272 | -6,5819 | 0,9404 | -5,4782 | -27,222 | 70,46 | -1,2355 | -3,797 | 84,953 | 289,8 | 0,09 | 15,267 | -16,05 | -1902,8 | 1,2130 | -10,343 | -239,59 | 2107,2 |
| 0,675 | 1,1158 | 2,6272 | 1,1116 | -6,2478 | 0,7952 | -6,136 | -25,324 | 81,01 | -1,3038 | -1,591 | 90,662 | 168,78 | 0,4618 | 14,279 | -62,75 | -1801,2 | 0,8857 | -15,557 | -173 | 3166,2 |
| 0,7 | 1,1818 | 2,6531 | 0,9596 | -5,8925 | 0,6344 | -6,7437 | -23,193 | 89,73 | -1,3144 | 0,712 | 93,347 | 43,51 | 0,7946 | 12,171 | -105,02 | -1570 | 0,4516 | -18,81 | -84,49 | 3840,6 |
| 0,725 | 1,2482 | 2,6754 | 0,817 | -5,516 | 0,4585 | -7,2936 | -20,856 | 96,35 | -1,2681 | 3,052 | 92,84 | -79,5 | 1,0622 | 9,088 | -140,2 | -1228,3 | -0,0348 | -19,688 | 15,15 | 4050,5 |
| 0,75 | 1,3156 | 2,694 | 0,684 | -5,1203 | 0,2704 | -7,7861 | -18,379 | 100,73 | -1,1656 | 5,355 | 89,23 | -194,41 | 1,2426 | 5,241 | -165,75 | -804,2 | -0,5118 | -18,06 | 113,94 | 3774,2 |
| 0,775 | 1,383 | 2,7096 | 0,5612 | -4,704 | 0,0695 | -8,2108 | -15,844 | 102,88 | -1,0044 | 7,514 | 83,041 | -298,12 | 1,32 | 0,894 | -180,02 | -340,6 | -0,9183 | -14,095 | 200,13 | 3051,8 |
| 0,8 | 1,4509 | 2,7223 | 0,449 | -4,2658 | -0,14 | -8,5771 | -13,26 | 102,41 | -0,7914 | 9,487 | 74,472 | -383,98 | 1,2856 | -3,65 | -182,31 | 147,1 | -1,2011 | -8,243 | 263,64 | 2007,2 |
| 0,825 | 1,5192 | 2,7321 | 0,348 | -3,8063 | -0,3582 | -8,8768 | -10,733 | 99,4 | -0,532 | 11,222 | 64,027 | -447,31 | 1,1378 | -8,124 | -172,94 | 593,3 | -1,3201 | -1,163 | 297,51 | 708,3 |
| 0,85 | 1,5877 | 2,7396 | 0,2591 | -3,3269 | -0,583 | -9,1162 | -8,305 | 93,65 | -0,2327 | 12,678 | 52,332 | -483,97 | 0,8825 | -12,221 | -153,25 | 965,7 | -1,2553 | 6,359 | 298,81 | -593,1 |
| 0,875 | 1,6561 | 2,7452 | 0,1821 | -2,8255 | -0,8137 | -9,293 | -6,077 | 85,24 | 0,0994 | 13,834 | 40,082 | -490,55 | 0,5318 | -15,72 | -125,58 | 1226,8 | -1,0052 | 13,52 | 269,16 | -1736,8 |
| 0,9 | 1,7248 | 2,7489 | 0,1179 | -2,3028 | -1,0475 | -9,4204 | -4,075 | 73,91 | 0,4565 | 14,684 | 28,074 | -464,26 | 0,1028 | -18,46 | -93,11 | 1344,9 | -0,5882 | 19,611 | 214,78 | -2545 |
| 0,925 | 1,7936 | 2,7512 | 0,067 | -1,7589 | -1,2842 | -9,4998 | -2,403 | 59,79 | 0,8313 | 15,247 | 17,158 | -403,08 | -0,3842 | -20,368 | -59,75 | 1294,9 | -0,0378 | 24,137 | 145,99 | -2867 |
| 0,95 | 1,8623 | 2,7525 | 0,0299 | -1,1936 | -1,5224 | -9,5426 | -1,115 | 42,76 | 1,2168 | 15,559 | 8,221 | -305,66 | -0,9088 | -21,476 | -29,92 | 1059,4 | 0,6037 | 26,902 | 76,43 | -2590,3 |
| 0,975 | 1,9313 | 2,7528 | 0,0076 | -0,6078 | -1,7612 | -9,5589 | -0,29 | 22,42 | 1,6076 | 15,682 | 2,183 | -171,38 | -1,4525 | -21,933 | -8,4 | 628,4 | 1,2941 | 28,085 | 22,03 | -1644,9 |
| 1 | 2 | 2,7528 | 0 | 0 | -2 | -9,561 | 0 | 0 | 2,0600 | 15,7 | 0 | 0 | -2 | -22,013 | 0 | 0 | 2 | 28,272 | 0 | 0 |

Балка со свободно опертыми концами

| α | X_1 | X_1' | X_1'' | X_1''' | X_2 | X_2' | X_2'' | X_2''' | X_3 | X_3' | X_3'' | X_3''' | X_4 | X_4' | X_4'' | X_4''' | X_5 | X_5' | X_5'' | X_5''' |
|----------|--------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|
| 0 | 0 | 4,4429 | 0 | -43,849 | 0 | 8,8857 | 0 | -350,79 | 0 | 13,329 | 0 | -1183,9 | 0 | 17,771 | 0 | -2806,3 | 0 | 22,214 | 0 | -5481,2 |
| 0,025 | 0,111 | 4,4291 | -1,095 | -43,714 | 0,2212 | 8,7762 | -8,734 | -346,48 | 0,3301 | 12,96 | -29,33 | -1151,2 | 0,437 | 16,901 | -69,01 | -2669 | 0,5412 | 20,523 | -133,53 | -5064 |
| 0,05 | 0,2213 | 4,3881 | -2,184 | -43,31 | 0,437 | 8,4508 | -17,253 | -333,62 | 0,642 | 11,876 | -57,03 | -1054,9 | 0,8313 | 14,377 | -131,27 | -2270,4 | 1 | 15,708 | -246,74 | -3875,8 |
| 0,075 | 0,3301 | 4,3201 | -3,258 | -42,638 | 0,642 | 7,9171 | -25,347 | -312,55 | 0,9185 | 10,134 | -81,58 | -900,3 | 1,1441 | 10,445 | -180,68 | -1649,5 | 1,3066 | 8,501 | -322,38 | -2097,5 |
| 0,1 | 0,437 | 4,2253 | -4,313 | -41,703 | 0,8313 | 7,1887 | -32,817 | -283,8 | 1,1441 | 7,834 | -101,63 | -695,9 | 1,345 | 5,491 | -212,4 | -867,2 | 1,4142 | 0 | -348,94 | 0 |
| 0,125 | 0,5412 | 4,1047 | -5,341 | -40,511 | 1 | 6,2831 | -39,479 | -248,05 | 1,3066 | 5,101 | -116,06 | -453,1 | 1,4142 | 0 | -223,32 | 0 | 1,3066 | -8,501 | -322,38 | 2097,5 |
| 0,15 | 0,642 | 3,9586 | -6,337 | -39,07 | 1,1441 | 5,2228 | -45,168 | -206,19 | 1,3968 | 2,085 | -124,07 | -185,2 | 1,345 | -5,491 | -212,4 | 867,2 | 1 | -15,708 | -246,74 | 3875,8 |
| 0,175 | 0,7389 | 3,7882 | -7,293 | -37,387 | 1,2601 | 4,034 | -49,746 | -159,25 | 1,4098 | -1,046 | -125,23 | 92,9 | 1,1441 | -10,445 | -180,68 | 1649,5 | 0,5412 | -20,523 | -133,53 | 5064 |
| 0,200 | 0,8313 | 3,5943 | -8,204 | -35,475 | 1,345 | 2,7458 | -53,098 | -108,4 | 1,345 | -4,119 | -119,47 | 335,9 | 0,8313 | -14,377 | -131,27 | 2270,4 | 0 | -22,214 | 0 | 5481,2 |
| 0,225 | 0,9185 | 3,3784 | -9,065 | -33,343 | 1,3968 | 1,30 | -55,142 | -54,87 | 1,2058 | -6,964 | -107,11 | 618,6 | 0,437 | -16,901 | -69,01 | 2669 | -0,5412 | -20,523 | 133,53 | 5064 |
| 0,25 | 1 | 3,1416 | -9,87 | -31,006 | 1,4142 | 0 | -55,83 | 0 | 1 | -9,425 | -88,82 | 837,2 | 0 | -17,771 | 0 | 2806,3 | -1 | -15,708 | 246,74 | 3875,8 |
| 0,275 | 1,0754 | 2,8854 | -10,613 | -28,478 | 1,3968 | -1,39 | -55,142 | 54,87 | 0,7389 | -11,364 | -65,64 | 1009,5 | -0,437 | -16,901 | 69,01 | 2669 | -1,3066 | -8,501 | 322,38 | 2097,5 |
| 0,3 | 1,1441 | 2,6115 | -11,292 | -25,774 | 1,345 | -2,7458 | -53,098 | 108,4 | 0,437 | -12,676 | -38,82 | 1126,0 | -0,8313 | -14,377 | 131,27 | 2270,4 | -1,4142 | 0 | 348,94 | 0 |
| 0,325 | 1,2058 | 2,3214 | -11,901 | -22,91 | 1,2601 | -4,034 | -49,746 | 159,25 | 0,111 | -13,287 | -9,86 | 1180,3 | -1,1441 | -10,445 | 180,68 | 1649,5 | -1,3066 | 8,501 | 322,38 | -2097,5 |
| 0,35 | 1,2601 | 2,0171 | -12,436 | -19,908 | 1,1441 | -5,2228 | -45,168 | 206,19 | -0,2212 | -13,165 | 19,65 | 1169,3 | -1,345 | -5,491 | 212,4 | 867,2 | -1 | 15,708 | 246,74 | -3875,8 |
| 0,375 | 1,3066 | 1,7002 | -12,895 | -16,779 | 1 | -6,2831 | -39,479 | 248,05 | -0,5412 | -12,314 | 48,07 | 1093,8 | -1,4142 | 0 | 223,32 | 0 | -0,5412 | 20,523 | 133,53 | -5064 |
| 0,4 | 1,345 | 1,3729 | -13,275 | -13,549 | 0,8313 | -7,1887 | -32,817 | 283,8 | -0,8313 | -10,783 | 73,84 | 957,8 | -1,345 | 5,491 | 212,4 | -867,2 | 0 | 22,214 | 0 | -5481,2 |
| 0,425 | 1,3751 | 1,0372 | -13,572 | -10,236 | 0,642 | -7,9171 | -25,347 | 312,55 | -1,0754 | -8,656 | 95,52 | 768,9 | -1,1441 | 10,445 | 180,68 | -1649,5 | 0,5412 | 20,523 | -133,53 | -5064 |
| 0,45 | 1,3968 | 0,6949 | -13,786 | -6,859 | 0,437 | -8,4508 | -17,253 | 333,62 | -1,2601 | -6,051 | 111,93 | 537,5 | -0,8313 | 14,377 | 131,27 | -2270,4 | 1 | 15,708 | -246,74 | -3875,8 |
| 0,475 | 1,4098 | 0,3486 | -13,915 | -3,441 | 0,2212 | -8,7762 | -8,734 | 346,48 | -1,3751 | -3,111 | 122,15 | 276,4 | -0,437 | 16,901 | 69,01 | -2669 | 1,3066 | 8,501 | -322,38 | -2097,5 |
| 0,5 | 1,4142 | 0 | -13,958 | 0 | 0 | -8,8857 | 0 | 350,79 | -1,4142 | 0 | 125,62 | 0 | 0 | 17,771 | 0 | -2806,3 | 1,4142 | 0 | -348,94 | 0 |
| 0,525 | 1,4098 | -0,3486 | -13,915 | 3,441 | -0,2212 | -8,7762 | 8,734 | 346,48 | -1,3751 | 3,111 | 122,15 | -276,4 | 0,437 | 16,901 | -69,01 | -2669 | 1,3066 | -8,501 | -322,38 | 2097,5 |
| 0,55 | 1,3968 | -0,6949 | -13,786 | 6,859 | -0,437 | -8,4508 | 17,253 | 333,62 | -1,2601 | 6,051 | 111,93 | -537,5 | 0,8313 | 14,377 | -131,27 | -2270,4 | 1 | -15,708 | -246,74 | 3875,8 |
| 0,575 | 1,3751 | -1,0372 | -13,572 | 10,236 | -0,642 | -7,9171 | 25,347 | 312,55 | -1,0754 | 8,656 | 95,52 | -768,9 | 1,1441 | 10,445 | -180,68 | -1649,5 | 0,5412 | -20,523 | -133,53 | 5064 |
| 0,6 | 1,345 | -1,3729 | -13,275 | 13,549 | -0,8313 | -7,1887 | 32,817 | 283,8 | -0,8313 | 10,783 | 73,84 | -957,8 | 1,345 | 5,491 | -212,4 | -867,2 | 0 | -22,214 | 0 | 5481,2 |
| 0,625 | 1,3066 | -1,7002 | -12,895 | 16,779 | -1 | -6,2831 | 39,479 | 248,05 | -0,5412 | 12,314 | 48,07 | -1093,8 | 1,4142 | 0 | -223,32 | 0 | -0,5412 | -20,523 | 133,53 | 5064 |
| 0,65 | 1,2601 | -2,0171 | -12,436 | 19,908 | -1,1441 | -5,2228 | 45,168 | 206,19 | -0,2212 | 13,165 | 19,65 | -1169,3 | 1,345 | -5,491 | -212,4 | 867,2 | -1 | -15,708 | 246,74 | 3875,8 |
| 0,675 | 1,2058 | -2,3214 | -11,91 | 22,91 | -1,2601 | -4,034 | 49,746 | 159,25 | 0,111 | 13,287 | -9,86 | -1180,3 | 1,1441 | -10,445 | -180,68 | 1649,5 | -1,3066 | -8,501 | 322,38 | 2097,5 |
| 0,7 | 1,1441 | -2,6115 | -11,292 | 25,774 | -1,345 | -2,7458 | 53,098 | 108,4 | 0,437 | 12,676 | -38,82 | -1126 | 0,8313 | -14,377 | -131,27 | 2270,4 | -1,4142 | 0 | 348,94 | 0 |
| 0,725 | 1,0754 | -2,8854 | -10,613 | 28,478 | -1,3968 | -1,39 | 55,142 | 54,87 | 0,7389 | 11,364 | -65,64 | -1009,5 | 0,437 | -16,901 | -69,01 | 2669 | -1,3066 | 8,501 | 322,38 | -2097,5 |
| 0,75 | 1 | -3,1416 | -9,87 | 31,006 | -1,4142 | 0 | 55,83 | 0 | 1 | 9,425 | -88,82 | -837,2 | 0 | -17,771 | 0 | 2806,3 | -1 | 15,708 | 246,74 | -3875,8 |
| 0,775 | 0,9185 | -3,3784 | -9,065 | 33,343 | -1,3968 | 1,39 | 55,142 | -54,87 | 1,2058 | 6,964 | -107,11 | -618,6 | -0,437 | -16,901 | 69,01 | 2669 | -0,5412 | 20,523 | 133,53 | -5064 |
| 0,8 | 0,8313 | -3,5943 | -8,204 | 35,475 | -1,345 | 2,7458 | 53,098 | -108,4 | 1,345 | 4,119 | -119,47 | -365,9 | -0,8313 | -14,377 | 131,27 | 2270,4 | 0 | 22,214 | 0 | -5481,2 |
| 0,825 | 0,7389 | -3,7882 | -7,293 | 37,387 | -1,2601 | 4,034 | 49,746 | -159,25 | 1,4098 | 1,046 | -125,23 | -92,9 | -1,1441 | -10,445 | 180,68 | 1649,5 | 0,5412 | 20,523 | -133,53 | -5064 |
| 0,85 | 0,642 | -3,9586 | -6,337 | 39,07 | -1,1441 | 5,2228 | 45,168 | -206,19 | 1,3968 | -2,085 | -124,07 | 185,2 | -1,345 | -5,491 | 212,4 | 867,2 | 1 | 15,708 | -246,74 | -3875,8 |
| 0,875 | 0,5412 | -4,1047 | -5,341 | 40,511 | -1 | 6,2831 | 39,479 | -248,05 | 1,3066 | -5,101 | -116,06 | 453,1 | -1,4142 | 0 | 223,32 | 0 | 1,3066 | 8,501 | -322,38 | -2097,5 |
| 0,9 | 0,437 | -4,2253 | -4,313 | 41,703 | -0,8313 | 7,1887 | 32,817 | -283,8 | 1,1441 | -7,834 | -101,63 | 695,9 | -1,345 | 5,491 | 212,4 | -867,2 | 1,4142 | 0 | -348,94 | 0 |
| 0,925 | 0,3301 | -4,3201 | -3,258 | 42,638 | -0,642 | 7,9171 | 25,347 | -312,55 | 0,9185 | -10,134 | -81,58 | 900,3 | -1,1441 | 10,445 | 180,68 | -1649,5 | 1,3066 | -8,501 | -322,38 | 2097,5 |
| 0,95 | 0,2213 | -4,3881 | -2,184 | 43,31 | -0,437 | 8,4508 | 17,253 | -333,62 | 0,642 | -11,876 | -57,03 | 1054,9 | -0,8313 | 14,377 | 131,27 | -2270,4 | 1 | -15,708 | -246,74 | 3875,8 |
| 0,975 | 0,111 | -4,4291 | -1,095 | 43,714 | -0,2212 | 8,7762 | 8,734 | -346,48 | 0,3301 | -12,96 | -29,33 | 1151,2 | -0,437 | 16,901 | 69,01 | -2669 | 0,5412 | -20,523 | -133,53 | 5064 |
| 1 | 0 | -4,4429 | 0 | 43,849 | 0 | 8,8857 | 0 | -350,79 | 0 | -13,329 | 0 | 1183,9 | 0 | 17,771 | 0 | -2806,3 | 0 | -22,214 | 0 | 5481,2 |

Балка с левым свободно опертым и правым защемленным концами

| α | X_1 | X'_1 | X''_1 | X'''_1 | X_2 | X'_2 | X''_2 | X'''_2 | X_3 | X'_3 | X''_3 | X'''_3 | X_4 | X'_4 | X''_4 | X'''_4 | X_5 | X'_5 | X''_5 | X'''_5 |
|----------|--------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|
| 0 | 0 | 5,7102 | 0 | -83,26 | 0 | 9,9844 | 0 | -500,08 | 0 | 14,44 | 0 | -1505,2 | 0 | 18,882 | 0 | -3366,1 | 0 | 23,324 | 0 | -6345,1 |
| 0,025 | 0,1425 | 5,6841 | -2,078 | -82,83 | 0,2483 | 9,8285 | -12,438 | -492,31 | 0,3571 | 13,972 | -37,22 | -1456,4 | 0,4633 | 17,84 | -82,6 | -3180,4 | 0,5667 | 2',37 | -154,18 | -5813,4 |
| 0,05 | 0,2838 | 5,6063 | -4,135 | -81,57 | 0,4889 | 9,3657 | -24,487 | -469,25 | 0,691 | 12,599 | -72,03 | -1313,2 | 0,8755 | 14,828 | -156,09 | -2643,4 | 1,0385 | 15,833 | -282,5 | -4307,1 |
| 0,075 | 0,4224 | 5,4777 | -6,15 | -79,47 | 0,7141 | 8,6105 | -35,776 | -431,61 | 0,9802 | 10,398 | -102,17 | -1085 | 1,1911 | 10,181 | -212,33 | -1814,8 | 1,3362 | 7,642 | -363,48 | -2078,9 |
| 0,1 | 0,5572 | 5,2993 | -8,102 | -76,56 | 0,9172 | 7,5861 | -45,956 | -380,56 | 1,2059 | 7,546 | -125,69 | -786,4 | 1,3751 | 4,408 | -245,14 | -785,9 | 1,4098 | -1,83 | -383,52 | 497,8 |
| 0,125 | 0,687 | 5,0732 | -9,971 | -72,86 | 1,0915 | 6,3246 | -54,707 | -317,71 | 1,3534 | 4,193 | -141,07 | -436,8 | 1,4074 | -1,851 | -250,89 | 329,9 | 1,2472 | -10,995 | -339,28 | 2991 |
| 0,15 | 0,8105 | 4,8017 | -11,738 | -68,41 | 1,2317 | 4,865 | -61,76 | -245,02 | 1,4133 | 0,569 | -147,29 | -58,9 | 1,2843 | -7,905 | -228,96 | 1409,3 | 0,8755 | -18,317 | -238,17 | 4982,9 |
| 0,175 | 0,9267 | 4,4874 | -13,384 | -63,24 | 1,3335 | 3,2527 | -66,894 | -164,77 | 1,3816 | -3,092 | -143,98 | 322,8 | 1,0194 | -13,087 | -181,74 | 2333 | 0,3571 | -22,569 | -97,14 | 6139,5 |
| 0,2 | 1,0346 | 4,1325 | -14,895 | -57,41 | 1,3935 | 1,5375 | -69,955 | -79,44 | 1,2603 | -6,552 | -131,33 | 683,7 | 0,642 | -16,825 | -114,47 | 2999,1 | -0,2212 | -23,037 | 60,19 | 6267 |
| 0,225 | 1,1331 | 3,7439 | -16,251 | -50,96 | 1,4099 | -0,227 | -70,847 | 8,27 | 1,0576 | -9,588 | -110,18 | 1000,3 | 0,1937 | -18,704 | -34,55 | 3334,3 | -0,7624 | -19,645 | 207,41 | 5344 |
| 0,25 | 1,2215 | 3,3224 | -17,438 | -43,96 | 1,3822 | -1,9865 | -69,545 | 95,63 | 0,7862 | -12,001 | -81,86 | 1252,1 | -0,2759 | -18,52 | 49,17 | 3301,3 | -1,1759 | -12,958 | 319,88 | 3525,2 |
| 0,275 | 1,299 | 2,8735 | -18,444 | -36,46 | 1,3111 | -3,6863 | -66,091 | 179,9 | 0,4639 | -13,636 | -48,24 | 1422,8 | -0,7151 | -16,292 | 127,46 | 2903,9 | -1,3922 | -4,1 | 378,72 | 1115,5 |
| 0,3 | 1,335 | 2,4019 | -19,258 | -28,54 | 1,1988 | -5,274 | -60,597 | 258,43 | 0,1117 | -14,387 | -11,48 | 1501,5 | -1,0754 | -12,264 | 191,69 | 2185,9 | -1,3751 | 5,445 | 374,08 | -1481,2 |
| 0,325 | 1,4189 | 1,9122 | -19,869 | -20,26 | 1,0487 | -6,7006 | -53,239 | 328,76 | -0,2476 | -14,204 | 26,02 | 1482,9 | -1,3171 | -6,884 | 234,74 | 1226,5 | -1,1276 | 14,078 | 306,74 | -3829,5 |
| 0,35 | 1,4605 | 1,4101 | -20,269 | -11,7 | 0,8655 | -7,9222 | -44,247 | 388,65 | -0,5908 | -13,099 | 61,86 | 1368,4 | -1,4133 | -0,774 | 251,88 | 131,8 | -0,691 | 20,352 | 187,98 | -5536 |
| 0,375 | 1,4894 | 0,9006 | -20,452 | -2,93 | 0,6547 | -8,9017 | -33,91 | 436,21 | -0,8955 | -11,144 | 93,7 | 1165,4 | -1,3535 | 5,479 | 241,21 | -977,8 | -0,1386 | 23,213 | 37,72 | -6314,4 |
| 0,4 | 1,5055 | 0,3893 | -20,414 | 5,98 | 0,4227 | -9,6092 | -22,552 | 469,92 | -1,1419 | -8,465 | 119,5 | 887,1 | -1,1444 | 11,094 | 203,9 | -1979,3 | 0,4371 | 22,185 | -116,32 | -6034,2 |
| 0,425 | 1,5089 | -0,1183 | -20,153 | 14,94 | 0,1766 | -10,0238 | -10,537 | 488,68 | -1,3141 | -5,234 | 137,58 | 551,6 | -0,8091 | 15,484 | 144,06 | -2762,6 | 0,9395 | 17,437 | -252,97 | -4742,7 |
| 0,45 | 1,4997 | -0,6164 | -19,667 | 23,89 | -0,076 | -10,1337 | 1,752 | 491,83 | -1,4008 | -1,66 | 146,78 | 180,8 | -0,3845 | 18,164 | 68,26 | -3241,2 | 1,2844 | 9,766 | -346,79 | -2655,9 |
| 0,475 | 1,4782 | -1,0997 | -18,959 | 32,74 | -0,3275 | -9,9373 | 13,923 | 479,22 | -1,3962 | 2,026 | 146,53 | -201,2 | 0,0823 | 18,837 | -15 | -3362,4 | 1,4141 | 0,461 | -382,05 | -123,7 |
| 0,5 | 1,4449 | -1,5626 | -18,031 | 41,43 | -0,5703 | -9,4422 | 25,584 | 451,13 | -1,3005 | 5,587 | 136,84 | -569,5 | 0,5399 | 17,429 | -96,7 | -3112,9 | 1,3068 | -8,922 | -352,8 | 2429,3 |
| 0,525 | 1,4003 | -1,9995 | -16,89 | 49,85 | -0,7973 | -8,666 | 36,358 | 408,36 | -1,1197 | 8,795 | 118,36 | -900,2 | 0,9376 | 14,091 | -167,78 | -2520,4 | 0,9806 | -16,808 | -266,53 | 4575,6 |
| 0,55 | 1,3451 | -2,4053 | -15,54 | 58,05 | -1,0015 | -7,634 | 45,889 | 352,09 | -0,8654 | 11,443 | 92,32 | -1171,4 | 1,2314 | 9,194 | -220,4 | -1650,7 | 0,4901 | -21,873 | -132,99 | 5955,6 |
| 0,575 | 1,2803 | -2,7748 | -13,989 | 65,86 | -1,1771 | -6,384 | 53,863 | 283,94 | -0,5537 | 13,362 | 60,44 | -1365,2 | 1,3887 | 3,274 | -248,8 | -599,9 | -0,0823 | -23,269 | 22,9 | 6338,2 |
| 0,6 | 1,2067 | -3,1032 | -12,25 | 73,26 | -1,3192 | -4,957 | 60,005 | 205,85 | -0,2044 | 14,433 | 24,82 | -1468,8 | 1,392 | -3,018 | -249,86 | 515,2 | -0,6407 | -20,76 | 175,02 | 5659,6 |
| 0,625 | 1,1255 | -3,3858 | -10,331 | 80,19 | -1,4239 | -3,401 | 64,092 | 120,05 | 0,1599 | 14,592 | -12,14 | -1474,9 | 1,2405 | -8,991 | -223,53 | 1570,9 | -1,0911 | -14,763 | 297,94 | 4034,6 |
| 0,65 | 1,0379 | -3,6184 | -8,244 | 86,62 | -1,4786 | -1,771 | 65,963 | 28,95 | 0,5175 | 13,833 | -48,1 | -1382,4 | 0,9506 | -13,991 | -172,8 | 2449,5 | -1,358 | -6,28 | 371,11 | 1736,2 |
| 0,675 | 0,9451 | -3,7967 | -6,004 | 92,51 | -1,5123 | -0,122 | 65,516 | -64,91 | 0,8448 | 12,216 | -80,52 | -1196,4 | 0,5537 | -17,474 | -103,36 | 3053 | -1,3962 | 3,275 | 382,36 | -848,8 |
| 0,7 | 0,8485 | -3,9174 | -3,623 | 97,85 | -1,4951 | 1,486 | 62,714 | -158,97 | 1,1221 | 9,855 | -107,23 | -927,8 | 0,0927 | -19,068 | -23,02 | 3312,3 | -1,1987 | 12,305 | 329,95 | -3283,5 |
| 0,725 | 0,7497 | -3,9769 | -1,116 | 102,6 | -1,4358 | 2,994 | 57,586 | -250,72 | 1,3328 | 6,917 | -126,36 | -592,7 | -0,3825 | -18,609 | 59,13 | 3196,5 | -0,7979 | 19,312 | 222,89 | -5157,4 |
| 0,75 | 0,6502 | -3,9722 | 1,501 | 106,76 | -1,3467 | 4,346 | 50,218 | -337,82 | 1,4677 | 3,612 | -136,48 | -210,8 | -0,8212 | -16,174 | 133,74 | 2714,3 | -0,2597 | 23,143 | 79,46 | -6150,5 |
| 0,775 | 0,5516 | -3,9009 | 4,216 | 110,33 | -1,2233 | 5,488 | 40,752 | -418,18 | 1,5123 | 0,176 | -136,69 | 195,6 | -1,1772 | -12,059 | 192,18 | 1913,7 | 0,3275 | 23,186 | -75,8 | -6088 |
| 0,8 | 0,4557 | -3,7605 | 7,013 | 113,32 | -1,0744 | 6,368 | 29,384 | -490 | 1,4747 | -3,137 | -126,68 | 603,3 | -1,4142 | -6,76 | 227,43 | 875,4 | 0,8682 | 19,479 | -216,08 | -4967,5 |
| 0,825 | 0,3642 | -3,5498 | 9,878 | 115,75 | -0,9074 | 6,943 | 16,334 | -551,91 | 1,3586 | -6,075 | -106,7 | 989,8 | -1,5106 | -0,919 | 234,83 | -296,1 | 1,2759 | 12,715 | -316,72 | -2958,2 |
| 0,85 | 0,2789 | -3,2664 | 12,797 | 117,66 | -0,7302 | 7,173 | 1,875 | -603,04 | 1,1762 | -8,396 | -77,53 | 1335,6 | -1,4617 | 4,733 | 212,47 | -1486,3 | 1,4886 | 4,131 | -359,12 | -367,8 |
| 0,875 | 0,2015 | -2,9095 | 15,756 | 119,08 | -0,5519 | 7,027 | -13,725 | -643,04 | 0,9457 | -9,885 | -40,4 | 1624,6 | -1,2816 | 9,462 | 161,29 | -2533,9 | 1,4805 | -4,673 | -333,52 | 2412,8 |
| 0,9 | 0,134 | -2,4783 | 18,747 | 120,08 | -0,3822 | 6,48 | -30,186 | -672,11 | 0,6904 | -10,362 | 3,14 | 1847,1 | -1,002 | 12,586 | 84,82 | -3496,3 | 1,2675 | -11,978 | -240,26 | 4983,1 |
| 0,925 | 0,0782 | -1,972 | 21,758 | 120,7 | -0,2314 | 5,513 | -47,246 | -691,13 | 0,4372 | -9,689 | 51,37 | 2000 | -1,6704 | 13,538 | -11,46 | -4162,3 | 0,9074 | -16,2 | -88,94 | 7011,2 |
| 0,95 | 0,036 | -1,3904 | 24,788 | 121,03 | -0,1102 | 4,114 | -64,671 | -701,61 | 0,2163 | -7,769 | 102,58 | 2087,6 | -1,3467 | 11,903 | -121,97 | -4563,6 | 0,4939 | -16,077 | 104,14 | 8307 |
| 0,975 | 0,0093 | -0,7331 | 27,807 | 121,16 | -0,0234 | 2,278 | -82,274 | -705,73 | 0,0596 | -4,547 | 155,31 | 2123,2 | -0,099 | 7,427 | -237,7 | -4733,3 | 0,1467 | -10,8 | 320,33 | 8879,2 |
| 1 | 0 | 0 | 30,836 | 121,18 | 0 | 0 | -99,929 | -706,35 | 0 | 0 | 208,49 | 2128,7 | 0 | 0 | -356,53 | -4760,3 | 0 | 0 | 544,06 | 8973,2 |

Балка с левым свободно опертым и правым свободным концами

| | X_1 | X_1' | X_1'' | X_1''' | X_2 | X_2' | X_2'' | X_2''' | X_3 | X_3' | X_3'' | X_3''' | X_4 | X_4' | X_4'' | X_4''' | X_5 | X_5' | X_5'' | X_5''' |
|-------|---------|---------|---------|----------|---------|--------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|
| 0 | 0 | 5,4003 | 0 | -88,040 | 0 | 10,008 | 0 | -498,87 | 0 | 14,438 | 0 | -1505,3 | 0 | 18,882 | 0 | -3366,1 | 0 | 23,325 | 0 | -6345,6 |
| 0,025 | 0,1348 | 5,3729 | -2,197 | -87,638 | 0,2489 | 9,853 | -12,407 | -491,08 | 0,3571 | 13,971 | -37,23 | -1456,6 | 0,4633 | 17,84 | -82,6 | -3180,3 | 0,5667 | 21,37 | -154,17 | -5813,4 |
| 0,05 | 0,2682 | 5,2907 | -4,376 | -86,440 | 0,4901 | 9,391 | -24,426 | -467,96 | 0,691 | 12,597 | -72,04 | -1313,4 | 0,8755 | 14,828 | -156,08 | -2643,4 | 1,0385 | 15,833 | -282,5 | -4307,1 |
| 0,075 | 0,3989 | 5,1544 | -6,514 | -84,455 | 0,716 | 8,638 | -35,633 | -430,23 | 0,9801 | 10,408 | -102,19 | -1085,2 | 1,1911 | 10,18 | -212,33 | -1814,8 | 1,3362 | 7,642 | -363,47 | -2078,9 |
| 0,1 | 0,5255 | 4,9656 | -8,592 | -81,707 | 0,9198 | 7,616 | -45,826 | -379,03 | 1,2057 | 7,543 | -125,71 | -786,6 | 1,3751 | 4,408 | -245,14 | -785,7 | 1,4098 | -1,83 | -383,52 | 497,8 |
| 0,125 | 0,6467 | 4,7255 | -10,592 | -78,221 | 1,0949 | 6,359 | -54,536 | -316 | 1,3532 | 4,19 | -141,09 | -437,1 | 1,4074 | -1,851 | -250,89 | 329,9 | 1,2472 | -10,995 | -339,28 | 2991 |
| 0,15 | 0,7613 | 4,4367 | -12,497 | -74,033 | 1,2361 | 4,904 | -61,543 | -243,07 | 1,4129 | 0,565 | -147,34 | -59,3 | 1,2843 | -7,905 | -228,95 | 1409,3 | 0,8755 | -18,317 | -238,17 | 4982,9 |
| 0,175 | 0,8682 | 4,1016 | -14,288 | -69,186 | 1,3388 | 3,298 | -66,626 | -162,52 | 1,3811 | -3,097 | -144,02 | 322,4 | 1,0195 | -13,087 | -181,73 | 2333 | 0,3571 | -22,569 | -97,14 | 6139,5 |
| 0,2 | 0,9661 | 3,7234 | -15,952 | -63,733 | 1,4001 | 1,59 | -69,625 | -76,82 | 1,2598 | -6,558 | -131,39 | 683,1 | 0,6421 | -16,824 | -114,45 | 2999,2 | -0,2212 | -23,038 | 60,18 | 6267 |
| 0,225 | 1,054 | 3,3053 | -17,471 | -57,724 | 1,4179 | -0,165 | -70,447 | 11,34 | 1,0569 | -9,595 | -110,26 | 999,5 | 0,1938 | -18,704 | -34,54 | 3334,4 | -0,7625 | -19,645 | 207,41 | 5344 |
| 0,25 | 1,131 | 2,851 | -18,833 | -51,226 | 1,3919 | -1,914 | -69,061 | 99,25 | 0,7852 | -12,011 | -81,95 | 1251,1 | -0,2759 | -18,519 | 49,19 | 3301,4 | -1,1759 | -12,959 | 319,87 | 3525,2 |
| 0,275 | 1,1963 | 2,3651 | -20,029 | -44,304 | 1,3227 | -3,601 | -65,509 | 184,19 | 0,4627 | -13,648 | -48,36 | 1421,5 | -0,715 | -16,289 | 127,49 | 2904,2 | -1,3922 | -4,101 | 378,71 | 1115,4 |
| 0,3 | 1,249 | 1,8512 | -21,046 | -37,032 | 1,2128 | -5,172 | -59,898 | 263,51 | 0,1102 | -14,399 | -11,65 | 1499,8 | -1,0753 | -12,262 | 191,72 | 2186,4 | -1,3751 | 5,445 | 374,07 | -1481,2 |
| 0,325 | 1,2887 | 1,3142 | -21,878 | -29,484 | 1,0655 | -6,580 | -52,4 | 334,8 | -0,2496 | -14,225 | 25,81 | 1480,7 | -1,3168 | -6,88 | 234,79 | 1227,1 | -1,1276 | 14,078 | 306,73 | -3829,7 |
| 0,35 | 1,3146 | 0,7589 | -22,517 | -21,742 | 0,8856 | -7,778 | -43,243 | 395,83 | -0,5934 | -13,126 | 61,59 | 1365,6 | -1,4129 | -0,739 | 251,94 | 132,5 | -0,691 | 20,35 | 187,97 | -5536,2 |
| 0,375 | 1,3265 | 0,19 | -22,963 | -13,887 | 0,6786 | -8,73 | -32,709 | 444,77 | -0,8989 | -11,179 | 93,35 | 1161,8 | -1,3531 | 5,484 | 241,3 | -976,5 | -0,1386 | 23,212 | 37,7 | -8314,7 |
| 0,4 | 1,324 | -0,3876 | -23,212 | -6,003 | 0,4514 | -9,405 | -21,118 | 480,12 | -1,1463 | -8,51 | 119,04 | 882,4 | -1,1438 | 11,103 | 204,02 | -1977,8 | 0,437 | 22,182 | -118,89 | -6034,8 |
| 0,425 | 1,3071 | -0,969 | -23,264 | 1,822 | 0,2109 | -9,78 | -8,826 | 500,84 | -1,3197 | -5,292 | 136,99 | 545,6 | -0,8082 | 15,497 | 144,24 | -2760,5 | 0,9393 | 17,434 | -255,56 | -4743,4 |
| 0,45 | 1,2756 | -1,5493 | -23,122 | 9,504 | -0,0351 | -9,844 | -3,797 | 506,33 | -1,408 | -1,734 | 146,03 | 173 | -0,3832 | 18,182 | 68,55 | -3288,2 | 1,2842 | 9,763 | -349,4 | -2657 |
| 0,475 | 1,2297 | -2,1236 | -22,791 | 16,956 | -0,2787 | -9,591 | 16,364 | 496,51 | -1,4056 | 1,93 | 145,55 | -211,3 | 0,0842 | 18,861 | -14,68 | -3358,2 | 1,4137 | 0,455 | -384,7 | -125,3 |
| 0,5 | 1,1695 | -2,6872 | -22,277 | 24,092 | -0,512 | -9,029 | 28,498 | 471,78 | -1,3126 | 5,464 | 135,57 | -582,4 | 0,5425 | 17,462 | -96,25 | -3106,9 | 1,3063 | -8,93 | -355,49 | 2426,9 |
| 0,525 | 1,0954 | -3,236 | -21,589 | 30,829 | -0,7276 | -8,173 | 39,834 | 432,97 | -1,1354 | 8,635 | 116,73 | -916,8 | 0,9412 | 14,138 | -167,15 | -2512 | 0,9798 | -16,82 | -266,74 | 4572,1 |
| 0,55 | 1,0079 | -3,7654 | -20,739 | 37,085 | -0,9184 | -7,047 | 50,04 | 381,45 | -0,8856 | 11,236 | 90,22 | -1192,9 | 1,2363 | 9,259 | -219,52 | -1638,9 | 0,4889 | -21,893 | -133,32 | 5949,5 |
| 0,575 | 0,9073 | -4,2718 | -19,74 | 42,783 | -1,078 | -5,683 | 58,815 | 318,97 | -0,5798 | 13,096 | 57,72 | -1393 | 1,3956 | 3,365 | -247,57 | -583,6 | -0,0842 | -23,3 | 22,4 | 6330,1 |
| 0,6 | 0,7945 | -4,7512 | -18,606 | 47,846 | -1,2009 | -4,12 | 65,914 | 247,65 | -0,2381 | 14,09 | 21,31 | -1504,7 | 1,4016 | -2,89 | -248,15 | 538 | -0,6434 | -20,805 | 174,28 | 5647,3 |
| 0,625 | 0,67 | -5,201 | -17,354 | 52,211 | -1,2827 | -2,403 | 71,144 | 169,93 | 0,1164 | 14,148 | -16,67 | -1521,1 | 1,2539 | -8,812 | -221,15 | 1602,7 | -1,0953 | -14,831 | 296,82 | 4016 |
| 0,65 | 0,5347 | -5,6182 | -16,002 | 55,789 | -1,3202 | -0,579 | 74,38 | 88,46 | 0,4614 | 13,26 | -53,95 | -1442,1 | 0,9693 | -13,741 | -169,47 | 2494,1 | -1,3642 | -6,383 | 369,42 | 1708,4 |
| 0,675 | 0,3894 | -6,0005 | -14,571 | 58,539 | -1,3112 | 1,299 | 75,561 | 6,1 | 0,7724 | 11,476 | -88,07 | -1273,5 | 0,5798 | -17,125 | -98,71 | 3115,1 | -1,4056 | 3,12 | 379,8 | -890,9 |
| 0,7 | 0,235 | -6,3462 | -13,082 | 60,398 | -1,2552 | 3,182 | 74,701 | -74,23 | 1,0286 | 8,9 | -116,98 | -1027,3 | 0,1292 | -18,581 | -16,53 | 3399 | -1,2129 | 12,07 | 326,08 | -3347,1 |
| 0,725 | 0,0724 | -6,6542 | -11,559 | 61,316 | -1,1525 | 5,018 | 71,891 | -149,61 | 1,212 | 6,251 | -138,94 | -721,1 | -0,3316 | -17,931 | 68,19 | 3317,6 | -0,8193 | 18,959 | 217,05 | -5253,6 |
| 0,75 | -0,0974 | -6,9242 | -10,025 | 61,245 | -1,0051 | 6,761 | 67,285 | -217,16 | 1,3091 | 2,022 | -152,71 | -376,6 | -0,7502 | -15,226 | 146,4 | 2883,3 | -0,2921 | 22,61 | 70,65 | -6295,9 |
| 0,775 | -0,2735 | -7,1556 | -8,506 | 60,146 | -0,8156 | 8,369 | 61,12 | -274,19 | 1,3112 | -1,876 | -157,65 | -18,4 | -1,078 | -10,734 | 209,85 | 2149,6 | 0,2786 | 22,38 | -89,09 | -6307,3 |
| 0,8 | -0,4549 | -7,3497 | -7,027 | 57,984 | -0,588 | 9,807 | 53,686 | -318,18 | 1,2152 | -5,787 | -153,74 | 327 | -1,2758 | -4,911 | 252,11 | 1204,9 | 0,7943 | 18,261 | -236,17 | -5299 |
| 0,825 | -0,6407 | -7,5076 | -5,615 | 54,73 | -0,3269 | 11,046 | 45,339 | -346,89 | 1,0236 | -9,495 | -141,63 | 633,3 | -1,3173 | 1,661 | 269,29 | 163,9 | 1,1643 | 10,874 | -347,07 | -3458,7 |
| 0,85 | -0,83 | -7,6313 | -4,299 | 50,362 | -0,0375 | 12,069 | 36,485 | -358,39 | 0,7438 | -12,811 | -122,61 | 875,2 | -1,1918 | 8,337 | 260,59 | -843,9 | 1,3202 | 1,375 | -404,96 | -1128,7 |
| 0,875 | -1,0219 | -7,7235 | -3,107 | 44,86 | 0,2747 | 12,87 | 27,577 | -351,09 | 0,3876 | -15,584 | -98,59 | 1030,5 | -0,9047 | 14,495 | 228,47 | -1685,9 | 1,2261 | -8,869 | -402,75 | -1270,9 |
| 0,9 | -1,2159 | -7,7879 | -2,066 | 38,212 | 0,6041 | 13,452 | 19,096 | -323,75 | -0,0301 | -17,718 | -71,97 | 1080,3 | -0,4758 | 19,612 | 178,63 | -2243,9 | 0,8832 | -18,318 | -344,81 | 3258,6 |
| 0,925 | -1,4112 | -7,8283 | -1,205 | 30,406 | 0,9456 | 13,832 | 11,564 | -275,43 | -0,4927 | -19,184 | -45,58 | 1010,1 | 0,0643 | 23,348 | 119,52 | -2413,5 | 0,3269 | -25,774 | -246,85 | 4105,8 |
| 0,95 | -1,6072 | -7,85 | -0,556 | 21,437 | 1,2943 | 14,042 | 5,505 | -205,57 | -0,984 | -20,025 | -22,55 | 809,9 | 0,6791 | 25,6 | 61,81 | -2121,9 | -0,3829 | -30,537 | -134,36 | 4373,4 |
| 0,975 | -1,8035 | -7,8581 | -0,143 | 11,303 | 1,6466 | 14,124 | 1,468 | -113,8 | -1,4898 | -20,367 | -6,21 | 474 | 1,3333 | 26,551 | 17,65 | -1324 | -1,1775 | -32,641 | -39,9 | 2938 |
| 1 | -2 | -7,8593 | 0 | 0 | 2 | 14,137 | 0 | 0 | -2 | -20,42 | 0 | 0 | 2 | 26,703 | 0 | 0 | -2 | -32,936 | 0 | 0 |

Балка с заземленными концами

| α | X_1 | X_1' | X_1'' | X_1''' | X_2 | X_2' | X_2'' | X_2''' | X_3 | X_3' | X_3'' | X_3''' | X_4 | X_4' | X_4'' | X_4''' | X_5 | X_5' | X_5'' | X_5''' |
|----------|--------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|
| 0 | 0 | 0 | 44,745 | -207,96 | 0 | 0 | 123,34 | -969,35 | 0 | 0 | 241,81 | -2658,8 | 0 | 0 | 399,72 | -5650,9 | 0 | 0 | 597,11 | -10317,3 |
| 0,025 | 0,0134 | 1,0516 | 39,559 | -207,89 | 0,036 | 2,78 | 99,12 | -968,19 | 0,0686 | 5,215 | 175,4 | -2650,2 | 0,1102 | 8,228 | 258,69 | -5613 | 0,1598 | 11,708 | 339,97 | -10193,7 |
| 0,05 | 0,0514 | 1,9738 | 34,376 | -207,51 | 0,134 | 4,956 | 74,99 | -960,55 | 0,2468 | 8,776 | 109,69 | -2595,1 | 0,3822 | 12,959 | 120,74 | -5376,9 | 0,5325 | 17,078 | 92,71 | -9447,4 |
| 0,075 | 0,1114 | 2,773 | 29,167 | -206,5 | 0,2789 | 6,533 | 51,18 | -941,22 | 0,4939 | 10,718 | 46,3 | -2461,4 | 0,7302 | 14,346 | 7,5 | -4824,4 | 0,9646 | 16,592 | -124,61 | -7776,8 |
| 0,1 | 0,1891 | 3,4366 | 24,036 | -204,66 | 0,4557 | 7,522 | 28,05 | -906,5 | 0,7701 | 11,128 | -12,57 | -2230,8 | 1,0745 | 12,736 | -117,52 | -3919,9 | 1,3218 | 11,294 | -288,55 | -5204,5 |
| 0,125 | 0,2818 | 3,9728 | 18,964 | -201,72 | 0,6502 | 7,944 | 6,01 | -853,89 | 1,0388 | 10,148 | -64,39 | -1899,5 | 1,3468 | 8,692 | -200,86 | -2702,7 | 1,5024 | 2,774 | -379,68 | -2018,2 |
| 0,15 | 0,3863 | 4,3835 | 13,981 | -197,56 | 0,8485 | 7,835 | -14,48 | -782,77 | 1,2676 | 7,988 | -106,78 | -1476,4 | 1,4951 | 2,971 | -250,87 | -1271,7 | 1,45 | -6,999 | -388,19 | 1316,7 |
| 0,175 | 0,5005 | 4,6733 | 9,078 | -191,98 | 1,0379 | 7,236 | -32,97 | -692,95 | 1,4305 | 4,906 | -137,6 | -981,2 | 1,4886 | -3,54 | -263,86 | 231,7 | 1,1592 | -15,969 | -317,06 | 4265,7 |
| 0,2 | 0,6194 | 4,8407 | 4,373 | -185 | 1,2067 | 6,207 | -49 | -586,02 | 1,5079 | 1,214 | -155,44 | -441,5 | 1,3192 | -9,913 | -240,01 | 1646,9 | 0,6741 | -22,325 | -182,13 | 6335,2 |
| 0,225 | 0,741 | 4,8931 | -0,14 | -176,51 | 1,3452 | 4,811 | -62,15 | -464,49 | 1,4888 | -2,751 | -159,6 | 109,3 | 1,0016 | -15,27 | -183,55 | 2816,6 | 0,0762 | -24,775 | -10,39 | 7182,9 |
| 0,25 | 0,8626 | 4,8755 | -4,42 | -166,5 | 1,4448 | 3,126 | -72,12 | -331,49 | 1,3708 | -6,652 | -150,2 | 634,7 | 0,5702 | -18,881 | -102,37 | 3609,6 | -0,5282 | -22,801 | 165,46 | 6672,2 |
| 0,275 | 0,9824 | 4,6732 | -8,468 | -154,86 | 1,5007 | 1,233 | -78,66 | -191,1 | 1,1596 | -10,158 | -128,36 | 1099,8 | 0,0762 | -20,271 | -6,96 | 3934,1 | -1,0305 | -16,725 | 312,44 | 4910,9 |
| 0,3 | 1,096 | 4,4146 | -12,17 | -141,89 | 1,5055 | -0,778 | -81,65 | -47,85 | 0,8686 | -12,981 | -95,99 | 1472,6 | -0,4221 | -19,227 | 90,33 | 3757,7 | -1,3394 | -7,637 | 403,05 | 2225,6 |
| 0,325 | 1,2019 | 4,0687 | -15,547 | -127,47 | 1,4605 | -2,819 | -81,08 | 93,56 | 0,5181 | -14,891 | -55,72 | 1727,5 | -0,8656 | -15,843 | 176,97 | 3109,5 | -1,4004 | 2,803 | 420,49 | -878,1 |
| 0,35 | 1,2983 | 3,6429 | -18,523 | -111,91 | 1,3651 | -4,802 | -77,04 | 228,25 | 0,1332 | -15,73 | -10,73 | 1846,8 | -1,1989 | -10,547 | 242,37 | 2067,7 | -1,2058 | 12,768 | 360,01 | -3811,8 |
| 0,375 | 1,3838 | 3,1434 | -21,13 | -95 | 1,2216 | -6,644 | -69,75 | 351,62 | -0,2589 | -15,416 | 35,42 | 1824,1 | -1,3822 | -3,973 | 278,18 | 765 | -0,7857 | 20,318 | 234,58 | -6065,8 |
| 0,4 | 1,4555 | 2,5882 | -23,279 | -77,26 | 1,0346 | -8,266 | -59,58 | 459,21 | -0,6287 | -13,973 | 79,24 | 1661 | -1,3932 | 3,07 | 279,89 | -636,6 | -0,2212 | 24,136 | 66,06 | -7205,6 |
| 0,425 | 1,5126 | 1,9854 | -24,976 | -58,71 | 0,8107 | -9,603 | -46,96 | 547,16 | -0,9483 | -11,508 | 117,47 | 1369,9 | -1,2342 | 9,747 | 246,55 | -1953,2 | 0,3839 | 23,519 | -114,59 | -7021,2 |
| 0,45 | 1,5542 | 1,3459 | -26,204 | -39,56 | 0,5572 | -10,597 | -32,43 | 612,49 | -1,1965 | -8,176 | 146,92 | 976,1 | -0,9189 | 15,197 | 183,48 | -3039,6 | 0,9185 | 18,582 | -274,19 | -5547,2 |
| 0,475 | 1,5796 | 0,6764 | -26,951 | -19,8 | 0,2839 | -11,213 | -16,55 | 652,53 | -1,3521 | -4,252 | 165,66 | 506,6 | -0,4901 | 18,749 | 97,71 | -3750,5 | 1,2844 | 10,232 | -383,4 | -3053,7 |
| 0,5 | 1,5882 | 0 | -27,198 | 0 | 0 | -11,422 | 0 | 665,93 | -1,4052 | 0 | 172,09 | 0 | 0 | 19,981 | 0 | -3998,2 | 1,4144 | 0 | -422,17 | 0 |
| 0,525 | 1,5796 | -0,6764 | -26,951 | 19,8 | -0,2839 | -11,213 | 16,55 | 652,53 | -1,3521 | 4,252 | 165,66 | -506,6 | 0,4901 | 18,749 | -97,71 | -3750,5 | 1,2844 | -10,232 | -383,4 | 3053,7 |
| 0,55 | 1,5542 | -1,3459 | -26,204 | 39,56 | -0,5572 | -10,597 | 32,43 | 612,49 | -1,1965 | 8,176 | 146,92 | -976,1 | 0,9189 | 15,197 | -183,48 | -3039,6 | 0,9185 | -18,582 | -274,19 | 5547,2 |
| 0,575 | 1,5126 | -1,9854 | -24,976 | 58,71 | -0,8107 | -9,603 | 46,96 | 547,16 | -0,9483 | 11,508 | 117,47 | -1369,9 | 1,2342 | 9,747 | -246,55 | -1953,2 | 0,3839 | -23,519 | -114,59 | 7021,2 |
| 0,6 | 1,4555 | -2,5882 | -23,279 | 77,26 | -1,0346 | -8,266 | 59,58 | 459,21 | -0,6287 | 13,973 | 79,24 | -1661 | 1,3932 | 3,07 | -279,89 | -636,6 | -0,2212 | -24,136 | 66,06 | 7205,6 |
| 0,625 | 1,3838 | -3,1434 | -21,13 | 95 | -1,2216 | -6,644 | 69,75 | 351,62 | -0,2589 | 15,416 | 35,42 | -1824,1 | 1,3822 | -3,973 | -278,18 | 765 | -0,7857 | -20,318 | 234,58 | 6065,8 |
| 0,65 | 1,2983 | -3,6429 | -18,523 | 111,91 | -1,3651 | -4,802 | 77,04 | 228,25 | 0,1332 | 15,73 | -10,73 | -1846,8 | 1,1989 | -10,547 | -242,37 | 2067,7 | -1,2058 | -12,768 | 360,01 | 3811,8 |
| 0,675 | 1,2019 | -4,0687 | -15,547 | 127,47 | -1,4605 | -2,819 | 81,08 | 93,56 | 0,5181 | 14,891 | -55,72 | -1727,5 | 0,8656 | -15,843 | -176,97 | 3109,5 | -1,4004 | -2,803 | 420,49 | 878,1 |
| 0,7 | 1,096 | -4,4146 | -12,17 | 141,89 | -1,5055 | -0,778 | 81,65 | -47,85 | 0,8686 | 12,981 | -95,99 | -1472,6 | 0,4221 | -19,227 | -90,33 | 3757,7 | -1,3394 | 7,637 | 403,05 | -2225,6 |
| 0,725 | 0,9824 | -4,6732 | -8,468 | 154,86 | -1,5007 | 1,233 | 78,66 | -191,1 | 1,1596 | 10,158 | -128,36 | -1099,8 | -0,0762 | -20,271 | 6,96 | 3934,1 | -1,0305 | 16,725 | 312,44 | -4910,9 |
| 0,75 | 0,8626 | -4,8355 | -4,42 | 166,5 | -1,4448 | 3,126 | 72,12 | -331,49 | 1,3708 | 6,652 | -150,2 | -634,7 | -0,5702 | -18,881 | 102,37 | 3609,6 | -0,5282 | 22,801 | 165,46 | -6672,2 |
| 0,775 | 0,741 | -4,8931 | -0,14 | 176,51 | -1,3452 | 4,811 | 62,15 | -464,49 | 1,4888 | 2,751 | -159,6 | -109,3 | -1,0016 | -15,27 | 183,55 | 2816,6 | 0,0762 | 24,775 | -10,39 | 7182,9 |
| 0,8 | 0,6194 | -4,8407 | 4,373 | 185 | -1,2067 | 6,207 | 49 | -586,02 | 1,5079 | -1,214 | -155,44 | 441,5 | -1,3192 | -9,913 | 240,01 | 1646,9 | 0,6741 | 22,325 | -182,13 | -6335,2 |
| 0,825 | 0,5005 | -4,6733 | 9,078 | 191,98 | -1,0379 | 7,236 | 32,97 | -692,95 | 1,4305 | -4,906 | -137,6 | 981,2 | -1,4886 | -3,54 | 263,86 | 231,7 | 1,1592 | 15,969 | -317,06 | -4265,7 |
| 0,85 | 0,3863 | -4,3835 | 13,981 | 197,56 | -0,8485 | 7,835 | 14,48 | -782,77 | 1,2676 | -7,988 | -106,78 | 1476,1 | -1,4951 | 2,971 | 250,87 | -1271,7 | 1,45 | 6,999 | -388,19 | 1316,7 |
| 0,875 | 0,2818 | -3,9728 | 18,964 | 201,72 | -0,6502 | 7,944 | -6,01 | -853,89 | 1,0388 | -10,148 | -64,39 | 1899,5 | -1,3468 | 8,692 | 200,86 | -2702,7 | 1,5024 | -2,774 | -379,68 | 2018,2 |
| 0,9 | 0,1891 | -3,4366 | 24,036 | 204,66 | -0,4557 | 7,522 | -28,05 | -906,5 | 0,7701 | -11,128 | -12,57 | 2230,8 | -1,0745 | 12,736 | 117,52 | -3919,9 | 1,3218 | -11,294 | -288,55 | 5204,5 |
| 0,925 | 0,1114 | -2,773 | 29,167 | 206,5 | -0,2789 | 6,533 | -51,18 | -941,22 | 0,4939 | -10,718 | 46,3 | 2461,4 | -0,7302 | 14,346 | 7,5 | -4824,4 | 0,9646 | -16,592 | -124,61 | 7776,8 |
| 0,95 | 0,0514 | -1,9738 | 34,376 | 207,51 | -0,134 | 4,956 | -74,99 | -960,55 | 0,2468 | -8,776 | 109,69 | 2595,1 | -0,3822 | 12,959 | -120,74 | -5376,9 | 0,5325 | -17,078 | 92,71 | 9447,4 |
| 0,975 | 0,0134 | -1,0516 | 39,559 | 207,89 | -0,036 | 2,78 | -99,12 | -968,19 | 0,0686 | -5,215 | 175,4 | 2650,2 | -0,1102 | 8,228 | -258,69 | -5613 | 0,1598 | -11,708 | 339,97 | 10193,7 |
| 1 | 0 | 0 | 44,745 | 207,96 | 0 | 0 | -123,34 | -969,35 | 0 | 0 | 241,81 | 2658,8 | 0 | 0 | -399,72 | -5650,9 | 0 | 0 | 597,11 | 10317,3 |

Балка со свободными концами

| α | X_1 | X_1' | X_1'' | X_1''' | X_2 | X_2' | X_2'' | X_2''' | X_3 | X_3' | X_3'' | X_3''' | X_4 | X_4' | X_4'' | X_4''' | X_5 | X_5' | X_5'' | X_5''' |
|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|----------|
| 0 | -2 | 9,2945 | 0 | 0 | -2 | 15,72 | 0 | 0 | -2 | 21,991 | 0 | 0 | -2 | 28,274 | 0 | 0 | -2 | 34,558 | 0 | 0 |
| 0,025 | -1,7681 | 9,2921 | -0,3 | -23,53 | -1,6072 | 15,7 | -2,201 | -171,46 | -1,4507 | 21,92 | -8,3 | -630,5 | -1,2944 | 28,085 | -22,02 | -1644,5 | -1,1387 | 34,143 | -47,69 | -3495,4 |
| 0,05 | -1,5364 | 9,275 | -1,15 | -44,16 | -1,2160 | 15,575 | -8,261 | -305,63 | -0,9073 | 21,465 | -29,84 | -1061 | -0,6041 | 26,904 | -76,39 | -2590 | -0,3105 | 31,644 | -158,97 | -5098,6 |
| 0,075 | -1,3035 | 9,2302 | -2,492 | -62,04 | -0,8300 | 15,262 | -17,198 | -402,88 | -0,3829 | 20,358 | -59,72 | -1295,9 | -0,0375 | 24,139 | -145,94 | -2867,2 | -0,4174 | 26,048 | -288 | -4953,7 |
| 0,1 | -1,0744 | 9,1471 | -4,231 | -76,89 | -0,4549 | 14,7 | -28,104 | -463,85 | 0,1039 | 18,451 | -93,1 | -1345,4 | 0,588 | 19,613 | -214,75 | -2545,4 | 0,9665 | 17,432 | -394,62 | -3371,8 |
| 0,125 | -0,8476 | 9,0163 | -6,305 | -88,88 | -0,0975 | 13,846 | -40,097 | -489,92 | 0,5326 | 15,711 | -125,59 | -1227 | 1,005 | 13,524 | -269,16 | -1737,1 | 1,2717 | 6,759 | -448,54 | -828,3 |
| 0,15 | -0,6249 | 8,8303 | -8,642 | -98,07 | 0,2349 | 12,693 | -52,326 | -483,16 | 0,8832 | 12,211 | -153,26 | -965,7 | 1,2552 | 6,363 | -298,8 | -593,9 | 1,3002 | -4,41 | -432,92 | 2089,5 |
| 0,175 | -0,4058 | 8,5811 | -11,197 | -104,56 | 0,5347 | 11,237 | -64,007 | -446,28 | 1,1381 | 8,115 | -172,95 | -593,1 | 1,3202 | -1,159 | -297,51 | 707,5 | 1,062 | -14,288 | -346,09 | 4767,5 |
| 0,2 | -0,1954 | 8,2688 | -13,857 | -108,3 | 0,7945 | 9,503 | -74,416 | -382,78 | 1,2857 | 3,651 | -182,31 | -146,8 | 1,2009 | -8,24 | -263,65 | 1981,2 | 0,6101 | -21,22 | -201,21 | 6665,3 |
| 0,225 | 0,0062 | 7,8892 | -16,579 | -109,47 | 1,0078 | 7,532 | -82,956 | -296,67 | 1,3200 | -0,904 | -180,01 | 332,6 | 0,9184 | -14,093 | -200,17 | 3051,8 | 0,0348 | -24,059 | -22,76 | 7396,7 |
| 0,25 | 0,1976 | 7,4417 | -19,299 | -108,19 | 1,1695 | 5,375 | -89,101 | -192,79 | 1,2423 | -5,25 | -165,74 | 804,2 | 0,5122 | -18,061 | -113,95 | 3773,6 | -0,5542 | -22,351 | 157,69 | 6807,2 |
| 0,275 | 0,3785 | 6,922 | -21,979 | -104,55 | 1,2756 | 3,098 | -92,487 | -76,04 | 1,0617 | -9,096 | -140,2 | 1228,1 | 0,0348 | -19,684 | -15,23 | 4051,3 | -1,0465 | -16,449 | 307,66 | 4993,4 |
| 0,3 | 0,544 | 6,342 | -24,521 | -98,77 | 1,324 | 0,776 | -92,846 | 47,99 | 0,7939 | -12,18 | -105,02 | 1569,5 | -0,452 | -18,802 | 84,35 | 3842,7 | -1,35 | -7,455 | 399,88 | 2280,2 |
| 0,325 | 0,6949 | 5,6976 | -26,891 | -91,03 | 1,3147 | -1,517 | -90,07 | 173,86 | 0,4609 | -14,288 | -62,64 | 1800,3 | -0,8855 | -15,559 | 173 | 3166,4 | -1,4084 | 2,941 | 418,1 | -836,9 |
| 0,35 | 0,828 | 5,002 | -29,047 | -81,5 | 1,2492 | -3,701 | -84,183 | 296,15 | 0,0887 | -15,275 | -16,11 | 1901,8 | -1,2127 | -10,346 | 239,62 | 2107,8 | -1,2058 | 12,767 | 360 | -3811,9 |
| 0,375 | 0,9445 | 4,2462 | -30,959 | -70,33 | 1,1311 | -5,702 | -75,333 | 409,76 | -0,2929 | -15,087 | 31,3 | 1863,9 | -1,3919 | -3,828 | 276,24 | 794,1 | -0,7857 | 20,317 | 234,57 | -6066 |
| 0,4 | 1,0405 | 3,4536 | -32,562 | -57,91 | 0,9662 | -7,446 | -63,806 | 509,78 | -0,6554 | -13,739 | 76,01 | 1689,3 | -1,4005 | 3,185 | 278,44 | -613,6 | -0,2213 | 24,135 | 66,04 | -7205,8 |
| 0,425 | 1,1164 | 2,6246 | -33,841 | -44,42 | 0,7615 | -8,872 | -49,995 | 592,2 | -0,9716 | -11,33 | 114,65 | 1391,3 | -1,2336 | 9,773 | 246,66 | -1951,6 | 0,3838 | 23,517 | -114,62 | -7021,8 |
| 0,45 | 1,1713 | 1,768 | -34,772 | -30,11 | 0,5259 | -9,932 | -34,365 | 653,49 | -1,2153 | -8,073 | 144,66 | 988,5 | -0,9181 | 15,209 | 183,65 | -3037,2 | 0,9184 | 18,58 | -274,23 | -5547,9 |
| 0,475 | 1,2047 | 0,885 | -35,341 | -15,13 | 0,2683 | -10,581 | -17,507 | 691,48 | -1,3702 | -4,19 | 163,48 | 514,1 | -0,4889 | 18,766 | 97,95 | -3747,1 | 1,2842 | 10,228 | -383,47 | -3054,9 |
| 0,5 | 1,2157 | 0 | -35,531 | 0 | 0 | -10,799 | 0 | 704,41 | -1,4233 | 0 | 169,89 | 0 | 0 | 20,005 | 0 | -3993,4 | 1,414 | 0 | -422,28 | 0 |
| 0,525 | 1,2047 | -0,885 | -35,341 | 15,13 | -0,2683 | -10,581 | 17,507 | 691,48 | -1,3702 | 4,19 | 163,48 | -514,1 | 0,4889 | 18,766 | -97,95 | -3747,1 | 1,2842 | -10,228 | -383,47 | 3054,9 |
| 0,55 | 1,1713 | -1,768 | -34,772 | 30,11 | -0,5259 | -9,932 | 34,365 | 653,49 | -1,2153 | 8,073 | 144,66 | -988,5 | 0,9181 | 15,209 | -183,65 | -3037,2 | 0,9184 | -18,58 | -274,23 | 5547,9 |
| 0,575 | 1,1164 | -2,6246 | -33,841 | 44,42 | -0,7615 | -8,872 | 49,995 | 592,2 | -0,9716 | 11,33 | 114,65 | -1391,3 | 1,2336 | 9,773 | -246,66 | -1951,6 | 0,3838 | -23,517 | -114,62 | 7021,8 |
| 0,6 | 1,0405 | -3,4536 | -32,562 | 57,91 | -0,9662 | -7,446 | 63,806 | 509,78 | -0,6554 | 13,739 | 76,01 | -1689,3 | 1,4005 | 3,185 | -278,44 | -613,6 | -0,2213 | -24,135 | 66,04 | 7205,8 |
| 0,625 | 0,9445 | -4,2462 | -30,959 | 70,33 | -1,1311 | -5,702 | 75,333 | 409,76 | -0,2929 | 15,087 | 31,3 | -1863,9 | 1,3919 | -3,828 | -276,24 | 794,1 | -0,7857 | -20,317 | 234,57 | 6066 |
| 0,65 | 0,8280 | -5,002 | -29,047 | 81,5 | -1,2492 | -3,701 | 84,183 | 296,15 | 0,0887 | 15,275 | -16,11 | -1901,8 | 1,2127 | -10,346 | -239,62 | 2107,8 | -1,2058 | -12,767 | 360 | 3811,9 |
| 0,675 | 0,6949 | -5,6976 | -26,891 | 91,03 | -1,3147 | -1,517 | 90,07 | 173,86 | 0,4609 | 14,288 | -62,64 | -1800,3 | 0,8855 | -15,559 | -173 | 3166,4 | -1,4084 | -2,941 | 418,1 | 836,9 |
| 0,7 | 0,544 | -6,342 | -24,521 | 98,77 | -1,324 | 0,776 | 92,846 | 47,99 | 0,7939 | 12,18 | -105,02 | -1569,5 | 0,452 | -18,802 | 84,35 | 3842,7 | -1,35 | 7,455 | 399,88 | -2280,2 |
| 0,725 | 0,3785 | -6,922 | -21,979 | 104,55 | -1,2756 | 3,098 | 92,487 | -76,04 | 1,0617 | 9,096 | -140,2 | -1228,1 | -0,0348 | -19,684 | 15,23 | 4051,3 | -1,0465 | 16,449 | 307,66 | -4993,4 |
| 0,75 | 0,1976 | -7,4417 | -19,299 | 108,19 | -1,1695 | 5,375 | 89,101 | -192,79 | 1,2423 | 5,25 | -165,74 | -804,2 | -0,5122 | -18,061 | 113,95 | 3773,6 | -0,5542 | 22,351 | 157,69 | -6807,2 |
| 0,775 | 0,0062 | -7,8892 | -16,579 | 109,47 | -1,0078 | 7,532 | 82,956 | -296,67 | 1,32 | 0,904 | -180,01 | -332,6 | -0,9184 | -14,093 | 200,17 | 3051,8 | 0,0348 | 24,059 | -22,76 | -7396,7 |
| 0,8 | -0,1954 | -8,2688 | -13,857 | 108,3 | -0,7945 | 9,503 | 74,416 | -382,78 | 1,2857 | -3,651 | -182,31 | 146,8 | -1,2009 | -8,24 | 263,65 | 1981,2 | 0,6101 | 21,22 | -201,21 | -6665,3 |
| 0,825 | -0,4058 | -8,5811 | -11,197 | 104,56 | -0,5347 | 11,237 | 64,007 | -446,28 | 1,1381 | -8,115 | -172,95 | 593,1 | -1,3202 | -1,159 | 297,51 | 707,5 | 1,062 | 14,288 | -346,09 | -4767,5 |
| 0,85 | -0,6249 | -8,8303 | -8,642 | 98,07 | -0,2349 | 12,693 | 52,326 | -483,16 | 0,8832 | -12,211 | -153,26 | 965,7 | -1,2552 | 6,363 | 298,8 | -593,9 | 1,3002 | 4,41 | -432,92 | -2089,5 |
| 0,875 | -0,8476 | -9,0163 | -6,305 | 88,88 | 0,0975 | 13,846 | 40,097 | -489,92 | 0,5326 | -15,711 | -125,59 | 1227 | -1,005 | 13,524 | 269,16 | -1737,1 | 1,2717 | -6,759 | -448,54 | 828,3 |
| 0,9 | -1,0744 | -9,1471 | -4,231 | 76,89 | 0,4549 | 14,7 | 28,104 | -463,85 | 0,1039 | -18,451 | -93,1 | 1345,4 | -0,588 | 19,613 | 214,75 | -2545,4 | 0,9665 | -17,432 | -394,62 | 3371,8 |
| 0,925 | -1,3035 | -9,2302 | -2,492 | 62,04 | 0,83 | 15,262 | 17,198 | -402,88 | -0,3829 | -20,358 | -59,72 | 1295,9 | -0,0375 | 24,139 | 145,94 | -2867,2 | 0,4174 | -26,048 | -288 | 4953,7 |
| 0,95 | -1,5364 | -9,275 | -1,15 | 44,16 | 1,216 | 15,575 | 8,261 | -305,63 | -0,9073 | -21,465 | -29,84 | 1061 | 0,6041 | 26,904 | 76,39 | -2590 | -0,3105 | -31,644 | -158,97 | 5098,6 |
| 0,975 | -1,7681 | -9,2921 | -0,3 | 23,53 | 1,6072 | 15,7 | 2,201 | -171,46 | -1,4507 | -21,92 | -8,3 | 630 | 1,2944 | 28,085 | 22,02 | -1644,5 | -1,1387 | -34,143 | -47,69 | 3495,4 |
| 1 | -2 | -9,2945 | 0 | 0 | 2 | 15,72 | 0 | 0 | -2 | -21,991 | 0 | 0 | 2 | 28,274 | 0 | 0 | -2 | -34,558 | 0 | 0 |

Б. НЕРАЗРЕЗНЫЕ РАВНОПРОЛЕТНЫЕ БАЛКИ СО СВОБОДНО ОПЕРТЫМИ КОНЦАМИ

Двухпролетная балка, 1-й пролет

| Номер тона i | $X \backslash \alpha$ | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--|
| | | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | |
| 1 | X_1 | 0 | 0,1565 | 0,3091 | 0,454 | 0,5879 | 0,7072 | 0,8091 | 0,8911 | 0,9511 | 0,9877 | |
| | X_1' | 3,142 | 3,103 | 2,988 | 2,799 | 2,542 | 2,222 | 1,846 | 1,426 | 0,9704 | 0,4909 | |
| | X_1'' | 0 | -1,545 | -3,051 | -4,482 | -5,803 | -6,981 | -7,989 | -8,797 | -9,39 | -9,751 | |
| | X_1''' | -31,02 | -30,64 | -29,5 | -27,64 | -25,09 | -21,93 | -18,23 | -14,08 | -9,58 | -4,847 | |
| 2 | X_2 | 0 | 0,2007 | 0,3941 | 0,5732 | 0,7316 | 0,8638 | 0,9652 | 1,033 | 1,065 | 1,06 | |
| | X_2' | 4,038 | 3,965 | 3,748 | 3,396 | 2,923 | 2,349 | 1,698 | 0,9967 | 0,2748 | -0,4366 | |
| | X_2'' | 0 | -2,925 | -5,731 | -8,303 | -10,54 | -12,33 | -13,62 | -14,34 | -14,44 | -13,91 | |
| | X_2''' | -58,89 | -57,7 | -54,15 | -48,38 | -40,6 | -31,09 | -20,18 | -8,268 | 4,237 | 16,91 | |
| 3 | X_3 | 0 | 0,309 | 0,5878 | 0,809 | 0,9511 | 1 | 0,9511 | 0,809 | 0,5878 | 0,309 | |
| | X_3' | 6,283 | 5,976 | 5,083 | 3,693 | 1,942 | 0 | -1,942 | -3,693 | -5,083 | -5,976 | |
| | X_3'' | 0 | -12,2 | -23,2 | -31,94 | -37,54 | -39,48 | -37,54 | -31,94 | -23,2 | -12,2 | |
| | X_3''' | -248 | -235,9 | -200,7 | -145,8 | -76,65 | 0 | 76,65 | 145,8 | 200,7 | 235,9 | |

Продолжение

| Номер тона i | $X \backslash \alpha$ | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|
| | | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1 |
| 1 | X_1 | 1 | 0,9877 | 0,9511 | 0,8911 | 0,8091 | 0,7072 | 0,5879 | 0,454 | 0,3091 | 0,1565 | 0 |
| | X_1' | 0 | -0,4909 | -0,9704 | -1,426 | -1,846 | -2,222 | -2,542 | -2,799 | -2,988 | -3,103 | -3,142 |
| | X_1'' | -9,872 | -9,751 | -9,388 | -8,797 | -7,989 | -6,981 | -5,803 | -4,482 | -3,051 | -1,545 | 0 |
| | X_1''' | 0 | 4,847 | 9,58 | 14,08 | 18,23 | 21,93 | 25,09 | 27,64 | 29,5 | 30,64 | 31,02 |
| 2 | X_2 | 1,022 | 0,9511 | 0,8532 | 0,7337 | 0,5998 | 0,4596 | 0,322 | 0,197 | 0,0946 | 0,0254 | 0 |
| | X_2' | -1,106 | -1,702 | -2,195 | -2,559 | -2,77 | -2,809 | -2,659 | -2,309 | -1,751 | -0,9815 | 0 |
| | X_2'' | -12,75 | -10,99 | -8,66 | -5,827 | -2,558 | 1,068 | 4,967 | 9,058 | 13,27 | 17,53 | 21,82 |
| | X_2''' | 29,32 | 41,08 | 51,83 | 61,28 | 69,22 | 75,52 | 80,16 | 83,23 | 84,93 | 85,61 | 85,71 |
| 3 | X_3 | 0 | -0,309 | -0,5878 | -0,809 | -0,9511 | -1 | -0,9511 | -0,809 | -0,5878 | -0,309 | 0 |
| | X_3' | -6,283 | -5,976 | -5,083 | -3,693 | -1,942 | 0 | 1,942 | 3,693 | 5,083 | 5,976 | 6,283 |
| | X_3'' | 0 | 12,2 | 23,2 | 31,94 | 37,54 | 39,48 | 37,54 | 31,94 | 23,2 | 12,2 | 0 |
| | X_3''' | 248 | 235,9 | 200,7 | 145,8 | 76,65 | 0 | -76,65 | -145,8 | -200,7 | -235,9 | -248 |

Двухпролетная балка, 2-й пролет

| Номер тона i | $X \backslash \alpha$ | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| | | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | |
| 1 | X_1 | 0 | -0,1565 | -0,3091 | -0,454 | -0,5879 | -0,7072 | -0,8091 | -0,8911 | -0,9511 | -0,9877 | |
| | X_1' | -3,142 | -3,103 | -2,988 | -2,799 | -2,542 | -2,222 | -1,846 | -1,426 | -0,9704 | -0,4909 | |
| | X_1'' | 0 | 1,545 | 3,051 | 4,482 | 5,803 | 6,981 | 7,989 | 8,797 | 9,39 | 9,751 | |
| | X_1''' | 31,02 | 30,64 | 29,5 | 27,64 | 25,09 | 21,93 | 18,23 | 14,08 | 9,58 | 4,847 | |
| 2 | X_2 | 0 | 0,0254 | 0,0946 | 0,197 | 0,322 | 0,4596 | 0,5998 | 0,7337 | 0,8532 | 0,9511 | |
| | X_2' | 0 | 0,9815 | 1,751 | 2,309 | 2,659 | 2,809 | 2,77 | 2,559 | 2,195 | 1,702 | |
| | X_2'' | 21,82 | 17,53 | 13,27 | 9,058 | 4,967 | 1,068 | -2,558 | -5,827 | -8,66 | -10,99 | |
| | X_2''' | -85,71 | -85,61 | -84,93 | -83,23 | -80,16 | -75,52 | -69,22 | -61,28 | -51,83 | -41,08 | |
| 3 | X_3 | 0 | 0,309 | 0,5878 | 0,809 | 0,9511 | 1 | 0,9511 | 0,809 | 0,5878 | 0,309 | |
| | X_3' | 6,283 | 5,976 | 5,083 | 3,693 | 1,942 | 0 | -1,942 | -3,693 | -5,083 | -5,976 | |
| | X_3'' | 0 | -12,2 | -23,2 | -31,94 | -37,54 | -39,48 | -37,54 | -31,94 | -23,2 | -12,2 | |
| | X_3''' | -248 | -235,9 | -200,7 | -145,8 | -76,65 | 0 | 76,65 | 145,8 | 200,7 | 235,9 | |

Продолжение

| Номер тона i | $X \backslash \alpha$ | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|
| | | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1 |
| 1 | X_1 | -1 | -0,9877 | -0,9511 | -0,8911 | -0,8091 | -0,7072 | -0,5879 | -0,454 | -0,3091 | -0,1565 | 0 |
| | X_1' | 0 | 0,4909 | 0,9704 | 1,426 | 1,846 | 2,222 | 2,542 | 2,799 | 2,988 | 3,103 | 3,142 |
| | X_1'' | 9,872 | 9,751 | 9,39 | 8,797 | 7,988 | 6,981 | 5,803 | 4,482 | 3,051 | 1,545 | 0 |
| | X_1''' | 0 | -4,847 | -9,58 | -14,08 | -18,23 | -21,93 | -25,09 | -27,64 | -29,5 | -30,64 | -31,02 |
| 2 | X_2 | 1,022 | 1,060 | 1,065 | 1,033 | 0,9652 | 0,8638 | 0,7316 | 0,5732 | 0,3941 | 0,2007 | 0 |
| | X_2' | 1,106 | 0,4366 | -0,2748 | -0,9967 | -1,698 | -2,349 | -2,923 | -3,396 | -3,748 | -3,965 | -4,038 |
| | X_2'' | -12,75 | -13,91 | -14,44 | -14,34 | -13,62 | -12,33 | -10,54 | -8,303 | -5,731 | -2,925 | 0 |
| | X_2''' | -29,32 | -16,91 | -4,237 | 8,268 | 20,18 | 31,09 | 40,6 | 48,38 | 54,15 | 57,70 | 58,89 |
| 3 | X_3 | 0 | -0,309 | -0,5878 | -0,809 | -0,9511 | -1 | -0,9511 | -0,809 | -0,5878 | -0,309 | 0 |
| | X_3' | -6,283 | -5,976 | -5,083 | -3,693 | -1,942 | 0 | 1,942 | 3,693 | 5,083 | 5,976 | 6,283 |
| | X_3'' | 0 | 12,2 | 23,2 | 31,94 | 37,54 | 39,48 | 37,54 | 31,94 | 23,2 | 12,2 | 0 |
| | X_3''' | 248 | 235,9 | 200,7 | 145,8 | 76,65 | 0 | -76,65 | -145,8 | -200,7 | -235,9 | 248 |

Трехпролетная балка, 1-й пролет

Таблица 28

| Номер тона i | X | α | | | | | | | | | |
|----------------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | | 0 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 |
| 1 | X_1 | 0 | 0,1277 | 0,2523 | 0,3707 | 0,48 | 0,5774 | 0,6606 | 0,7276 | 0,7766 | 0,8065 |
| | X_1' | 2,565 | 2,534 | 2,44 | 2,286 | 2,075 | 1,814 | 1,508 | 1,164 | 0,7924 | 0,4009 |
| | X_1'' | 0 | -1,261 | -2,491 | -3,66 | -4,738 | -5,7 | -6,522 | -7,183 | -7,666 | -7,962 |
| | X_1''' | -25,33 | -25,01 | -24,09 | -22,57 | -20,49 | -17,91 | -14,88 | -11,49 | -7,822 | -3,957 |
| 2 | X_2 | 0 | 0,1746 | 0,3439 | 0,5029 | 0,6469 | 0,7715 | 0,8732 | 0,9492 | 0,9975 | 1,017 |
| | X_2' | 3,509 | 3,457 | 3,3 | 3,044 | 2,699 | 2,274 | 1,785 | 1,248 | 0,6804 | 0,1027 |
| | X_2'' | 0 | -2,107 | -4,145 | -6,046 | -7,746 | -9,188 | -10,32 | -11,11 | -11,52 | -11,53 |
| | X_2''' | -42,38 | -41,68 | -39,6 | -36,21 | -31,6 | -25,92 | -19,33 | -12,02 | -4,223 | -3,849 |
| 3 | X_3 | 0 | 0,1407 | 0,2752 | 0,3977 | 0,5029 | 0,5865 | 0,645 | 0,6763 | 0,6797 | 0,6559 |
| | X_3' | 2,834 | 2,772 | 2,589 | 2,294 | 1,901 | 1,43 | 0,9031 | 0,3473 | -0,2095 | -0,7384 |
| | X_3'' | 0 | -2,469 | -4,819 | -6,935 | -8,713 | -10,06 | -10,92 | -11,22 | -10,95 | -10,11 |
| | X_3''' | -49,78 | -48,58 | -45,02 | -39,27 | -31,56 | -22,24 | -11,71 | -0,4086 | 11,19 | 22,61 |
| 4 | X_4 | 0 | 0,2523 | 0,4799 | 0,6605 | 0,7765 | 0,8165 | 0,7765 | 0,6605 | 0,4799 | 0,2523 |
| | X_4' | 5,13 | 4,879 | 4,151 | 3,015 | 1,585 | 0 | -1,585 | -3,015 | -4,151 | -4,879 |
| | X_4'' | 0 | -9,960 | -18,94 | -26,08 | -30,65 | -32,23 | -30,65 | -26,08 | -18,94 | -9,96 |
| | X_4''' | -202,5 | -192,6 | -163,8 | -119 | -62,59 | 0 | 62,59 | 119 | 163,8 | 192,6 |

Продолжение

| Номер тона i | X | α | | | | | | | | | | |
|----------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1 |
| 1 | X_1 | 0,8165 | 0,8065 | 0,7766 | 0,7276 | 0,6606 | 0,5774 | 0,48 | 0,3707 | 0,2523 | 0,1277 | 0 |
| | X_1' | 0 | -0,4009 | -0,7924 | -1,164 | -1,508 | -1,814 | -2,075 | -2,286 | -2,44 | -2,534 | -2,565 |
| | X_1'' | -8,061 | -7,962 | -7,666 | -7,183 | -6,522 | -5,7 | -4,738 | -3,66 | -2,491 | -1,261 | 0 |
| | X_1''' | 0 | 3,957 | 7,822 | 11,49 | 14,88 | 17,91 | 20,49 | 22,57 | 24,09 | 25,01 | 25,33 |
| 2 | X_2 | 1,008 | 0,971 | 0,9083 | 0,8299 | 0,7185 | 0,6 | 0,4724 | 0,342 | 0,2153 | 0,0989 | 0 |
| | X_2' | -0,4654 | -1,004 | -1,492 | -1,913 | -2,247 | -2,48 | -2,599 | -2,593 | -2,454 | -2,176 | -1,757 |
| | X_2'' | -11,13 | -10,33 | -9,149 | -7,601 | -5,726 | -3,564 | -1,162 | 1,429 | 4,156 | 6,97 | 9,824 |
| | X_2''' | 11,96 | 19,89 | 27,42 | 34,35 | 40,53 | 45,81 | 50,1 | 53,35 | 55,57 | 56,82 | 57,2 |
| 3 | X_3 | 0,6068 | 0,5362 | 0,4486 | 0,3502 | 0,2476 | 0,1486 | 0,0614 | -0,0057 | -0,0441 | -0,045 | 0 |
| | X_3' | -1,211 | -1,6 | -1,881 | -2,034 | -2,042 | -1,89 | -1,572 | -1,081 | -0,4212 | 0,4122 | 1,415 |
| | X_3'' | -8,702 | -6,783 | -4,407 | -1,651 | 1,405 | 4,671 | 8,065 | 11,51 | 14,96 | 18,37 | 21,74 |
| | X_3''' | 33,41 | 43,17 | 51,59 | 58,41 | 63,5 | 66,87 | 68,64 | 69,08 | 68,61 | 67,79 | 67,33 |
| 4 | X_4 | 0 | -0,2523 | -0,4799 | -0,6605 | -0,7765 | -0,8165 | -0,7765 | -0,6605 | -0,4799 | -0,2523 | 0 |
| | X_4' | -5,13 | -4,879 | -4,151 | -3,015 | -1,585 | 0 | 1,585 | 3,015 | 4,151 | 4,879 | 5,13 |
| | X_4'' | 0 | 9,96 | 18,94 | 26,08 | 30,65 | 32,23 | 30,65 | 26,08 | 18,94 | 9,96 | 0 |
| | X_4''' | 202,5 | 192,6 | 163,8 | 119 | 62,59 | 0 | -62,59 | -119 | -163,8 | -192,6 | -202,5 |

Трехпролетная балка, 2-й пролет

Таблица 29

| Номер тона i | $X \backslash \alpha$ | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 |
| 1 | X_1 | 0 | -0,1277 | -0,2523 | -0,3707 | -0,48 | -0,5774 | -0,6606 | -0,7276 | -0,7766 | -0,8065 |
| | X_1' | -2,565 | -2,534 | -2,44 | -2,286 | -2,075 | -1,814 | -1,508 | -1,164 | -0,7924 | -0,4009 |
| | X_1'' | 0 | 1,261 | 2,491 | 3,66 | 4,738 | 5,7 | 6,522 | 7,183 | 7,666 | 7,962 |
| | X_1''' | 25,33 | 25,01 | 24,09 | 22,57 | 20,49 | 17,91 | 14,88 | 11,49 | 7,822 | 3,957 |
| 2 | X_2 | 0 | -0,0758 | -0,1285 | -0,1613 | -0,1748 | -0,172 | -0,155 | -0,1265 | -0,0893 | -0,0461 |
| | X_2' | -1,757 | -1,283 | -0,8475 | -0,452 | -0,0995 | 0,2066 | 0,463 | 0,6662 | 0,8136 | 0,9028 |
| | X_2'' | 9,824 | 9,097 | 8,319 | 7,49 | 6,598 | 5,636 | 4,606 | 3,514 | 2,372 | 1,195 |
| | X_2''' | -14,87 | -15,17 | -16,01 | -17,18 | -18,54 | -19,93 | -21,25 | -22,38 | -23,25 | -23,79 |
| 3 | X_3 | 0 | 0,0954 | 0,2305 | 0,3908 | 0,5626 | 0,733 | 0,89 | 1,023 | 1,125 | 1,188 |
| | X_3' | 1,415 | 2,353 | 3,001 | 3,367 | 3,463 | 3,31 | 2,936 | 2,375 | 1,667 | 0,8595 |
| | X_3'' | 21,74 | 15,85 | 10,11 | 4,563 | -0,6461 | -5,376 | -9,482 | -12,83 | -15,31 | -16,83 |
| | X_3''' | -116,9 | -116 | -113,3 | -108 | -99,88 | -88,83 | -74,98 | -58,62 | -40,26 | -20,49 |
| 4 | X_4 | 0 | 0,2523 | 0,4799 | 0,6605 | 0,7765 | 0,8165 | 0,7765 | 0,6605 | 0,4799 | 0,2523 |
| | X_4' | 5,13 | 4,879 | 4,151 | 3,015 | 1,585 | 0 | -1,585 | -3,015 | -4,151 | -4,879 |
| | X_4'' | 0 | -9,96 | -18,94 | -26,08 | -30,65 | -32,23 | -30,65 | -26,08 | -18,94 | -9,96 |
| | X_4''' | -202,5 | -192,6 | -163,8 | -119 | -62,59 | 0 | 62,59 | 119 | 163,8 | 192,6 |

Продолжение

| Номер тона i | $X \backslash \alpha$ | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1 |
| 1 | X_1 | -0,8165 | -0,8065 | -0,7766 | -0,7276 | -0,6606 | -0,5774 | -0,48 | -0,3707 | -0,2523 | -0,1277 | 0 |
| | X_1' | 0 | 0,4009 | 0,7924 | 1,164 | 1,508 | 1,814 | 2,075 | 2,286 | 2,44 | 2,534 | 2,565 |
| | X_1'' | 8,061 | 7,962 | 7,666 | 7,183 | 6,522 | 5,7 | 4,738 | 3,66 | 2,491 | 1,261 | 0 |
| | X_1''' | 0 | -3,957 | -7,822 | -11,49 | -14,88 | -17,91 | -20,49 | -22,57 | -24,09 | -25,01 | -25,33 |
| 2 | X_2 | 0 | 0,0461 | 0,0893 | 0,1265 | 0,155 | 0,172 | 0,1748 | 0,1613 | 0,1285 | 0,0758 | 0 |
| | X_2' | 0,9327 | 0,9028 | 0,8136 | 0,6662 | 0,463 | 0,2066 | -0,0995 | -0,452 | -0,8475 | -1,283 | -1,757 |
| | X_2'' | 0 | -1,195 | -2,372 | -3,514 | -4,606 | -5,636 | -6,598 | -7,49 | -8,319 | -9,097 | -9,824 |
| | X_2''' | -23,98 | -23,79 | -23,25 | -22,38 | -21,25 | -19,93 | -18,54 | -17,18 | -16,01 | -15,17 | -14,87 |
| 3 | X_3 | 1,21 | 1,188 | 1,125 | 1,023 | 0,89 | 0,733 | 0,5626 | 0,3908 | 0,2305 | 0,0954 | 0 |
| | X_3' | 0 | -0,8595 | -1,667 | -2,375 | -2,936 | -3,31 | -3,463 | -3,367 | -3,001 | -2,353 | -1,415 |
| | X_3'' | -17,35 | -16,83 | -15,31 | -12,83 | -9,482 | -5,376 | -0,6461 | 4,563 | 10,11 | 15,85 | 21,74 |
| | X_3''' | 0 | 20,49 | 40,26 | 58,62 | 74,98 | 88,83 | 99,88 | 108 | 113,3 | 116 | 116,9 |
| 4 | X_4 | 0 | -0,2523 | -0,4799 | -0,6605 | -0,7765 | -0,8165 | -0,7765 | -0,6605 | -0,4799 | -0,2523 | 0 |
| | X_4' | -5,13 | -4,879 | -4,151 | -3,015 | -1,585 | 0 | 1,585 | 3,015 | 4,151 | 4,879 | 5,13 |
| | X_4'' | 0 | 9,96 | 18,94 | 26,08 | 30,65 | 32,23 | 30,65 | 26,08 | 18,94 | 9,96 | 0 |
| | X_4''' | 202,5 | 192,6 | 163,8 | 119 | 62,59 | 0 | -62,59 | -119 | -163,8 | -192,6 | -202,5 |

Трехпролетная балка, 3-й пролет

| Номер тона i | $X \backslash \alpha$ | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|--|
| | | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | |
| 1 | X_1 | 0 | 0,1277 | 0,2523 | 0,3707 | 0,48 | 0,5774 | 0,6606 | 0,7276 | 0,7766 | 0,8065 | |
| | X_1' | 2,565 | 2,534 | 2,44 | 2,286 | 2,075 | 1,814 | 1,508 | 1,164 | 0,7924 | 0,4009 | |
| | X_1'' | 0 | -1,261 | -2,49 | -3,66 | -4,738 | -5,7 | -6,522 | -7,183 | -7,666 | -7,962 | |
| | X_1''' | -25,33 | -25,01 | -24,09 | -22,57 | -20,49 | -17,91 | -14,88 | -11,49 | -7,822 | -3,957 | |
| 2 | X_2 | 0 | -0,0989 | -0,2153 | -0,342 | -0,4724 | -0,6 | -0,7185 | -0,8299 | -0,9083 | -0,971 | |
| | X_2' | -1,757 | -2,176 | -2,454 | -2,593 | -2,599 | -2,48 | -2,247 | -1,913 | -1,492 | -1,004 | |
| | X_2'' | -89,824 | -6,97 | -4,156 | -1,429 | 1,162 | 3,564 | 5,726 | 7,601 | 9,149 | 10,33 | |
| | X_2''' | 57,20 | 56,82 | 55,57 | 53,35 | 50,1 | 45,81 | 40,53 | 34,35 | 27,42 | 19,89 | |
| 3 | X_3 | 0 | -0,045 | -0,0441 | -0,0057 | 0,0614 | 0,1486 | 0,2476 | 0,3502 | 0,4486 | 0,5362 | |
| | X_3' | -1,415 | -0,4122 | 0,4212 | 1,081 | 1,572 | 1,89 | 2,042 | 2,034 | 1,881 | 1,6 | |
| | X_3'' | 21,74 | 18,37 | 14,96 | 11,51 | 8,065 | 4,671 | 1,405 | -1,651 | -4,407 | -6,783 | |
| | X_3''' | -67,33 | -67,79 | -68,61 | -69,08 | -68,64 | -66,87 | -63,5 | -58,41 | -51,59 | -43,17 | |
| 4 | X_4 | 0 | 0,2523 | 0,4799 | 0,6605 | 0,7765 | 0,8165 | 0,7765 | 0,6605 | 0,4799 | 0,2523 | |
| | X_4' | 5,13 | 4,879 | 4,151 | 3,015 | 1,585 | 0 | -1,585 | -3,015 | -4,151 | -4,879 | |
| | X_4'' | 0 | -9,96 | -18,94 | -26,08 | -30,65 | -32,23 | -30,65 | -26,08 | -18,94 | -9,96 | |
| | X_4''' | -202,5 | -192,6 | -163,8 | -119 | -62,59 | 0 | 62,59 | 119 | 163,8 | 192,6 | |

Продолжение

| Номер тона i | $X \backslash \alpha$ | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1 |
| 1 | X_1 | 0,8165 | 0,8065 | 0,7766 | 0,7276 | 0,6606 | 0,5774 | 0,48 | 0,3707 | 0,2523 | 0,1277 | 0 |
| | X_1' | 0 | -0,4009 | -0,7924 | -1,164 | -1,508 | -1,814 | -2,075 | -2,286 | -2,44 | -2,534 | -2,565 |
| | X_1'' | -8,061 | -7,962 | -7,666 | -7,183 | -6,522 | -5,7 | -4,738 | -3,66 | -2,49 | -1,261 | 0 |
| | X_1''' | 0 | 3,957 | 7,822 | 11,49 | 14,88 | 17,91 | 20,49 | 22,57 | 24,09 | 25,01 | 25,33 |
| 2 | X_2 | -1,008 | -1,017 | -0,9975 | -0,9492 | -0,8732 | -0,7715 | -0,6469 | -0,5029 | -0,3439 | -0,1746 | 0 |
| | X_2' | -0,4654 | 0,1027 | 0,6804 | 1,248 | 1,785 | 2,274 | 2,699 | 3,044 | 3,3 | 3,457 | 3,509 |
| | X_2'' | 11,13 | 11,53 | 11,52 | 11,11 | 10,32 | 9,188 | 7,746 | 6,046 | 4,145 | 2,107 | 0 |
| | X_2''' | 11,96 | 3,849 | -4,223 | -12,02 | -19,33 | -25,92 | -31,6 | -36,21 | -39,6 | -41,68 | -42,38 |
| 3 | X_3 | 0,6068 | 0,6559 | 0,6797 | 0,6763 | 0,645 | 0,5865 | 0,5029 | 0,3977 | 0,2752 | 0,1407 | 0 |
| | X_3' | 1,211 | 0,7384 | 0,2095 | -0,3473 | -0,9031 | -1,43 | -1,901 | -2,294 | -2,589 | -2,772 | -2,834 |
| | X_3'' | -8,702 | -10,11 | -10,95 | -11,22 | -10,92 | -10,06 | -8,713 | -6,935 | -4,819 | -2,469 | 0 |
| | X_3''' | -33,41 | -22,61 | -11,19 | 0,4086 | 11,71 | 22,24 | 31,56 | 39,27 | 45,02 | 48,58 | 49,78 |
| 4 | X_4 | 0 | -0,2523 | -0,4799 | -0,6605 | -0,7765 | -0,8165 | -0,7765 | -0,6605 | -0,4799 | -0,2523 | 0 |
| | X_4' | -5,13 | -4,879 | -4,151 | -3,015 | -1,585 | 0 | 1,585 | 3,015 | 4,151 | 4,879 | 5,13 |
| | X_4'' | 0 | 9,96 | 18,94 | 26,08 | 30,65 | 32,23 | 30,65 | 26,08 | 18,94 | 9,96 | 0 |
| | X_4''' | 202,5 | 192,6 | 163,8 | 119 | 62,59 | 0 | -62,59 | -119 | -163,8 | -192,6 | -202,5 |

Четырехпролетная балка, 1-й пролет

Таблица 31

| Номер тона i | $X \backslash \alpha$ | α | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--|
| | | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | |
| 1 | X_1 | 0 | 0,1106 | 0,2185 | 0,3211 | 0,4157 | 0,5001 | 0,5721 | 0,6301 | 0,6725 | 0,6984 | |
| | X_1' | 2,222 | 2,194 | 2,113 | 1,98 | 1,797 | 1,571 | 1,306 | 1,008 | 0,6862 | 0,3472 | |
| | X_1'' | 0 | -1,092 | -2,157 | -3,17 | -4,104 | -4,937 | -5,648 | -6,22 | -6,639 | -6,895 | |
| | X_1''' | -21,93 | -21,66 | -20,86 | -19,54 | -17,74 | -15,51 | -12,89 | -9,955 | -6,774 | -3,427 | |
| 2 | X_2 | 0 | 0,1537 | 0,3031 | 0,4442 | 0,5729 | 0,6858 | 0,7798 | 0,8525 | 0,902 | 0,9272 | |
| | X_2' | 3,577 | 3,045 | 2,918 | 2,71 | 2,427 | 2,079 | 1,675 | 1,227 | 0,7492 | 0,256 | |
| | X_2'' | 0 | -1,711 | -3,37 | -4,93 | -6,343 | -7,567 | -8,563 | -9,302 | -9,759 | -9,917 | |
| | X_2''' | -34,38 | -33,87 | -32,35 | -29,87 | -26,5 | -22,32 | -17,45 | -12,03 | -6,2 | -0,125 | |
| 3 | X_3 | 0 | 0,1419 | 0,2786 | 0,4053 | 0,5173 | 0,6108 | 0,6825 | 0,7303 | 0,7528 | 0,7498 | |
| | X_3' | 2,855 | 2,803 | 2,65 | 2,401 | 2,067 | 1,661 | 1,201 | 0,7048 | 0,1943 | -0,3087 | |
| | X_3'' | 0 | -2,068 | -4,052 | -5,871 | -7,45 | -8,722 | -9,631 | -10,14 | -10,21 | -9,835 | |
| | X_3''' | -41,64 | -40,8 | -38,29 | -34,21 | -28,71 | -21,98 | -14,27 | -5,846 | -2,996 | 11,96 | |
| 4 | X_4 | 0 | 0,1042 | 0,2034 | 0,2931 | 0,3689 | 0,4275 | 0,4663 | 0,4838 | 0,4797 | 0,4547 | |
| | X_4' | 2,1 | 2,05 | 1,904 | 1,668 | 1,355 | 0,9809 | 0,5663 | 0,133 | -0,2956 | -0,6955 | |
| | X_4'' | 0 | -1,982 | -3,861 | -5,539 | -6,928 | -7,953 | -8,556 | -8,699 | -8,364 | -7,555 | |
| | X_4''' | -39,98 | -38,95 | -35,89 | -30,95 | -24,36 | -16,44 | -7,548 | 1,904 | 11,49 | 20,78 | |
| 5 | X_5 | 0 | 0,2186 | 0,4156 | 0,5721 | 0,6725 | 0,7071 | 0,6725 | 0,5721 | 0,4156 | 0,2186 | |
| | X_5' | 4,443 | 4,225 | 3,594 | 2,612 | 1,373 | 0 | -1,373 | -2,612 | -3,594 | -4,225 | |
| | X_5'' | 0 | -8,626 | -16,41 | -22,58 | -26,55 | -27,91 | -26,55 | -22,58 | -16,41 | -8,626 | |
| | X_5''' | -175,4 | -166,8 | -141,9 | -103,1 | -54,2 | 0 | 54,2 | 103,1 | 141,9 | 166,8 | |

Продолжение

| Номер тона i | $X \backslash \alpha$ | α | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1 |
| 1 | X_1 | 0,7071 | 0,6984 | 0,6725 | 0,6301 | 0,5721 | 0,5001 | 0,4157 | 0,3211 | 0,2185 | 0,1106 | 0 |
| | X_1' | 0 | -0,3472 | -0,6862 | -1,008 | -1,306 | -1,571 | -1,797 | -1,98 | -2,113 | -2,194 | -2,222 |
| | X_1'' | -6,981 | -6,895 | -6,639 | -6,22 | -5,648 | -4,937 | -4,104 | -3,17 | -2,157 | -1,092 | 0 |
| | X_1''' | 0 | 3,427 | 6,774 | 9,955 | 12,89 | 15,5 | 17,74 | 19,54 | 20,86 | 21,66 | 21,93 |
| 2 | X_2 | 0,9276 | 0,9037 | 0,8566 | 0,7881 | 0,7008 | 0,598 | 0,4835 | 0,3616 | 0,237 | 0,1148 | 0 |
| | X_2' | -0,2375 | -0,7159 | -1,164 | -1,567 | -1,912 | -2,186 | -2,379 | -2,481 | -2,486 | -2,388 | -2,185 |
| | X_2'' | -9,77 | -9,316 | -8,562 | -7,526 | -6,229 | -4,7 | -2,973 | -1,086 | 0,92 | 3,005 | 5,128 |
| | X_2''' | 6,035 | 12,12 | 17,96 | 23,42 | 28,36 | 32,67 | 36,26 | 39,07 | 41,05 | 42,21 | 42,59 |
| 3 | X_3 | 0,7224 | 0,6725 | 0,6033 | 0,5188 | 0,4241 | 0,325 | 0,2277 | 0,1393 | 0,0669 | 0,0179 | 0 |
| | X_3' | -0,7818 | -1,203 | -1,552 | -1,81 | -1,959 | -1,986 | -1,88 | -1,633 | -1,239 | -0,6941 | 0 |
| | X_3'' | -9,017 | -7,77 | -6,124 | -4,12 | -1,809 | 0,7549 | 3,512 | 6,404 | 9,381 | 12,4 | 15,43 |
| | X_3''' | 20,73 | 29,05 | 36,65 | 43,33 | 48,94 | 53,4 | 56,68 | 58,85 | 60,06 | 60,53 | 60,61 |
| 4 | X_4 | 0,411 | 0,3516 | 0,2807 | 0,2033 | 0,1251 | 0,0523 | -0,0085 | -0,0507 | -0,0677 | -0,053 | 0 |
| | X_4' | -1,044 | -1,318 | -1,501 | -1,576 | -1,531 | -1,358 | -1,053 | -0,6142 | -0,0436 | 0,656 | 1,482 |
| | X_4'' | -6,297 | -4,633 | -2,622 | -0,3329 | 2,158 | 4,772 | 7,44 | 10,1 | 12,71 | 15,26 | 17,76 |
| | X_4''' | 29,39 | 36,97 | 43,25 | 48,05 | 51,3 | 53,05 | 53,46 | 52,83 | 51,61 | 50,36 | 49,77 |
| 5 | X_5 | 0 | -0,2186 | -0,4156 | -0,5721 | -0,6725 | -0,7071 | -0,6725 | -0,5721 | -0,4156 | -0,2186 | 0 |
| | X_5' | -4,443 | -4,225 | -3,594 | -2,612 | -1,373 | 0 | 1,373 | 2,612 | 3,594 | 4,225 | 4,443 |
| | X_5'' | 0 | 8,626 | 16,41 | 22,58 | 26,55 | 27,91 | 26,55 | 22,58 | 16,41 | 8,626 | 0 |
| | X_5''' | 175,4 | 166,8 | 141,9 | 103,1 | 54,2 | 0 | -54,2 | -103,1 | -141,9 | -166,8 | -175,4 |

Четырехпролетная балка, 2-й пролет

| Номер тона i | X | α | | | | | | | | | | |
|----------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| | | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 | |
| 1 | X_1 | 0 | -0,1106 | -0,2185 | -0,3211 | -0,4157 | -0,5001 | -0,5721 | -0,6301 | -0,6725 | -0,6984 | |
| | X_1' | -2,222 | -2,194 | -2,113 | -1,98 | -1,797 | -1,571 | -1,306 | -1,008 | -0,6862 | -0,3472 | |
| | X_1'' | 0 | 1,092 | 2,157 | 3,17 | 4,104 | 4,937 | 5,648 | 6,22 | 6,639 | 6,895 | |
| | X_1''' | 21,93 | 21,66 | 20,86 | 19,54 | 17,74 | 15,51 | 12,89 | 9,955 | 6,774 | 3,427 | |
| 2 | X_2 | 0 | -0,1027 | -0,1918 | -0,2667 | -0,3268 | -0,3721 | -0,4023 | -0,4178 | -0,4192 | -0,4076 | |
| | X_2' | -2,185 | -1,92 | -1,642 | -1,352 | -1,054 | -0,7535 | -0,4557 | -0,1672 | 0,1051 | 0,3545 | |
| | X_2'' | 5,128 | 5,431 | 5,693 | 5,892 | 6,002 | 6,005 | 5,885 | 5,662 | 5,241 | 4,712 | |
| | X_2''' | 6,026 | 5,678 | 4,695 | 3,168 | 1,193 | -1,131 | -3,705 | -6,43 | -9,212 | -11,96 | |
| 3 | X_3 | 0 | 0,0179 | 0,0669 | 0,1393 | 0,2277 | 0,325 | 0,4241 | 0,5188 | 0,6033 | 0,6725 | |
| | X_3' | 0 | 0,6941 | 1,239 | 1,633 | 1,88 | 1,986 | 1,959 | 1,81 | 1,552 | 1,203 | |
| | X_3'' | 15,43 | 12,4 | 9,381 | 6,404 | 3,512 | 0,7549 | -1,809 | -4,12 | -6,124 | -7,77 | |
| | X_3''' | -60,61 | -60,53 | -60,06 | -58,85 | -56,68 | -53,4 | -48,94 | -43,33 | -36,65 | -29,05 | |
| 4 | X_4 | 0 | 0,094 | 0,2189 | 0,3619 | 0,5107 | 0,6536 | 0,7806 | 0,883 | 0,9541 | 0,9895 | |
| | X_4' | 1,482 | 2,233 | 2,722 | 2,957 | 2,953 | 2,731 | 2,319 | 1,755 | 1,077 | 0,3328 | |
| | X_4'' | 17,76 | 12,39 | 7,21 | 2,25 | -2,35 | -6,445 | -9,893 | -12,57 | -14,37 | -15,244 | |
| | X_4''' | -105,8 | -104,9 | -101,8 | -96,08 | -87,44 | -75,88 | -61,64 | -45,1 | -26,84 | -7,516 | |
| 5 | X_5 | 0 | 0,2186 | 0,4156 | 0,5721 | 0,6725 | 0,7071 | 0,6725 | 0,5721 | 0,4156 | 0,2186 | |
| | X_5' | 4,443 | 4,225 | 3,594 | 2,612 | -1,373 | 0 | -1,373 | -2,612 | -3,594 | -4,225 | |
| | X_5'' | 0 | -8,626 | -16,41 | -22,58 | -26,55 | -27,91 | -26,55 | -22,58 | -16,41 | -8,626 | |
| | X_5''' | -175,4 | -166,8 | -141,9 | -103,1 | -54,2 | 0 | -54,2 | 103,1 | 141,9 | 166,8 | |

Продолжение

| Номер тона i | X | α | | | | | | | | | | |
|----------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1 |
| 1 | X_1 | -0,7071 | -0,6984 | -0,6725 | -0,6301 | -0,5721 | -0,5001 | -0,4157 | -0,3211 | -0,2185 | -0,1106 | 0 |
| | X_1' | 0 | 0,3472 | 0,6862 | 1,008 | 1,306 | 1,571 | 1,797 | 1,98 | 2,113 | 2,194 | 2,222 |
| | X_1'' | 6,981 | 6,895 | 6,639 | 6,22 | 5,648 | 4,937 | 4,104 | 3,17 | 2,157 | 1,092 | 0 |
| | X_1''' | 0 | -3,427 | -6,774 | -9,955 | -12,89 | -15,51 | -17,74 | -19,54 | -20,86 | -21,66 | -21,93 |
| 2 | X_2 | -0,3843 | -0,35 | -0,3093 | -0,2619 | -0,2111 | -0,1598 | -0,1107 | -0,0671 | -0,0319 | -0,0085 | 0 |
| | X_2' | 0,5741 | 0,7546 | 0,8978 | 0,9904 | 1,03 | 1,013 | 0,937 | 0,7987 | 0,5968 | 0,3306 | 0 |
| | X_2'' | 4,047 | 3,266 | 2,349 | 1,339 | 0,2428 | -0,9234 | -2,142 | -3,399 | -4,677 | -5,967 | -7,26 |
| | X_2''' | -14,59 | -17,06 | -19,22 | -21,11 | -22,68 | -23,91 | -24,81 | -25,39 | -25,71 | -25,84 | -25,86 |
| 3 | X_3 | 0,7224 | 0,7498 | 0,7528 | 0,7303 | 0,6825 | 0,6108 | 0,5173 | 0,4053 | 0,2786 | 0,1419 | 0 |
| | X_3' | 0,7818 | 0,3087 | -0,1943 | -0,7048 | -1,201 | -1,661 | -2,067 | -2,401 | -2,65 | -2,803 | -2,855 |
| | X_3'' | -9,017 | -9,835 | -10,21 | -10,14 | -9,631 | -8,722 | -7,45 | -5,871 | -4,052 | -2,068 | 0 |
| | X_3''' | -20,73 | -11,96 | -2,996 | 5,846 | 14,27 | 21,98 | 28,71 | 34,21 | 38,29 | 40,8 | 41,54 |
| 4 | X_4 | 0,9871 | 0,9471 | 0,8721 | 0,7673 | 0,6399 | 0,4989 | 0,355 | 0,2205 | 0,1074 | 0,0294 | 0 |
| | X_4' | -0,4303 | -1,163 | -1,818 | -2,349 | -2,717 | -2,886 | -2,827 | -2,522 | -1,953 | -1,113 | 0 |
| | X_4'' | -15,12 | -14,03 | -12 | -9,116 | -5,47 | -1,19 | 3,582 | 8,714 | 14,06 | 19,51 | 25 |
| | X_4''' | 12,13 | 31,36 | 49,44 | 65,73 | 79,71 | 91,01 | 99,47 | 105,1 | 108,3 | 109,6 | 109,9 |
| 5 | X_5 | 0 | -0,2186 | -0,4156 | -0,5721 | -0,6725 | -0,7071 | -0,6725 | -0,5721 | -0,4156 | -0,2186 | 0 |
| | X_5' | -4,443 | -4,225 | -3,594 | -2,612 | -1,373 | 0 | 1,373 | 2,612 | 3,594 | 4,225 | 4,443 |
| | X_5'' | 0 | 8,626 | 16,41 | 22,58 | 26,55 | 27,91 | 26,55 | 22,58 | 16,41 | 8,626 | 0 |
| | X_5''' | 175,4 | 166,8 | 141,9 | 103,1 | 54,2 | 0 | -54,2 | -103,1 | -141,9 | -166,8 | -175,4 |

Четырехпролетная балка, 3-й пролет

| Номер тона i | X | α | | | | | | | | | |
|-------------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 |
| 1 | X_1 | 0 | 0,1106 | 0,2185 | 0,3211 | 0,4157 | 0,5001 | 0,5721 | 0,6301 | 0,6725 | 0,6984 |
| | X_1' | 2,222 | 2,194 | 2,113 | 1,98 | 1,797 | 1,571 | 1,306 | 1,008 | 0,6862 | 0,3472 |
| | X_1'' | 0 | -1,092 | -2,157 | -3,17 | -4,104 | -4,937 | -5,648 | -6,22 | -6,639 | -6,895 |
| | X_1''' | -21,93 | -21,66 | -20,86 | -19,54 | -17,74 | -15,51 | -12,89 | -9,955 | -6,774 | -3,427 |
| 2 | X_2 | 0 | -0,0085 | -0,0319 | -0,0671 | -0,1107 | -0,1598 | -0,2111 | -0,2619 | -0,3093 | -0,35 |
| | X_2' | 0 | -0,3306 | -0,5968 | -0,7987 | -0,937 | -1,013 | -1,03 | -0,9904 | -0,8978 | -0,7546 |
| | X_2'' | -7,26 | -5,967 | -4,677 | -3,399 | -2,142 | -0,9234 | 0,2428 | 1,339 | 2,349 | 3,266 |
| | X_2''' | 25,86 | 25,84 | 25,71 | 25,39 | 24,81 | 23,91 | 22,68 | 21,11 | 19,22 | 17,06 |
| 3 | X_3 | 0 | -0,1419 | -0,2786 | -0,4053 | -0,5173 | -0,6108 | -0,6825 | -0,7303 | -0,7528 | -0,7498 |
| | X_3' | -2,855 | -2,803 | -2,65 | -2,401 | -2,067 | -1,661 | -1,201 | -0,7048 | -0,1943 | 0,3087 |
| | X_3'' | 0 | 2,068 | 4,052 | 5,871 | 7,45 | 8,722 | 9,631 | 10,14 | 10,21 | 9,835 |
| | X_3''' | 41,64 | 40,8 | 38,29 | 34,21 | 28,71 | 21,98 | 14,27 | 5,846 | -2,996 | -11,96 |
| 4 | X_4 | 0 | 0,0294 | 0,1074 | 0,2205 | 0,355 | 0,4989 | 0,6399 | 0,7673 | 0,8721 | 0,9471 |
| | X_4' | 0 | 1,113 | 1,953 | 2,522 | 2,827 | 2,886 | 2,717 | 2,349 | 1,818 | 1,163 |
| | X_4'' | 25 | 19,51 | 14,06 | 8,714 | 3,582 | -1,19 | -5,47 | -9,116 | -12 | -14,03 |
| | X_4''' | -109,9 | -109,6 | -108,3 | -105,1 | -99,47 | -91,01 | -79,71 | -65,73 | -49,44 | -31,36 |
| 5 | X_5 | 0 | 0,2186 | 0,4156 | 0,5721 | 0,6725 | 0,7071 | 0,6725 | 0,5721 | 0,4156 | 0,2186 |
| | X_5' | 4,443 | 4,225 | 3,594 | 2,612 | 1,373 | 0 | -1,373 | -2,612 | -3,594 | -4,225 |
| | X_5'' | 0 | -8,626 | -16,41 | -22,58 | -26,55 | -27,91 | -26,55 | -22,58 | -16,41 | -8,626 |
| | X_5''' | -175,4 | -166,8 | -141,9 | -103,1 | -54,2 | 0 | 54,2 | 103,1 | 141,9 | 166,8 |

Продолжение

| Номер тона i | X | α | | | | | | | | | | |
|-------------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1 |
| 1 | X_1 | 0,7071 | 0,6984 | 0,6725 | 0,6301 | 0,5721 | 0,5001 | 0,4157 | 0,3211 | 0,2185 | 0,1106 | 0 |
| | X_1' | 0 | -0,3472 | -0,6862 | -1,008 | -1,306 | -1,571 | -1,797 | -1,98 | -2,113 | -2,194 | -2,222 |
| | X_1'' | -6,981 | -6,895 | -6,639 | -6,22 | -5,648 | -4,937 | -4,104 | -3,17 | -2,157 | -1,092 | 0 |
| | X_1''' | 0 | 3,427 | 6,774 | 9,955 | 12,89 | 15,51 | 17,74 | 19,54 | 20,86 | 21,66 | 21,93 |
| 2 | X_2 | -0,3843 | -0,4076 | -0,4192 | -0,4178 | -0,4023 | -0,3721 | -0,3268 | -0,2667 | -0,1918 | -0,1027 | 0 |
| | X_2' | -0,5741 | -0,3545 | -0,1051 | 0,1672 | 0,4557 | 0,7535 | 1,054 | 1,352 | 1,642 | 1,92 | 2,185 |
| | X_2'' | 4,047 | 4,712 | 5,241 | 5,632 | 5,885 | 6,005 | 6,002 | 5,892 | 5,693 | 5,431 | 5,128 |
| | X_2''' | 14,59 | 11,96 | 9,212 | 6,43 | 3,705 | 1,131 | -1,193 | -3,168 | -4,695 | -5,678 | -6,026 |
| 3 | X_3 | -0,7224 | -0,6725 | -0,6033 | -0,5188 | -0,4241 | -0,325 | -0,2277 | -0,1393 | -0,0669 | -0,0179 | 0 |
| | X_3' | 0,7818 | 1,203 | 1,552 | 1,81 | 1,959 | 1,986 | 1,88 | 1,633 | 1,239 | 0,6941 | 0 |
| | X_3'' | 9,017 | 7,77 | 6,124 | 4,12 | 1,809 | -0,7549 | -3,512 | -6,404 | -9,381 | -12,4 | -15,43 |
| | X_3''' | -20,73 | -29,05 | -36,65 | -43,33 | -48,94 | -53,4 | -56,68 | -58,85 | -60,06 | -60,53 | -60,61 |
| 4 | X_4 | 0,9871 | 0,9895 | 0,9541 | 0,883 | 0,7806 | 0,6536 | 0,5107 | 0,3619 | 0,2189 | 0,094 | 0 |
| | X_4' | 0,4303 | -0,3328 | -1,077 | -1,755 | -2,319 | -2,731 | -2,953 | -2,957 | -2,722 | -2,233 | -1,482 |
| | X_4'' | -15,12 | -15,24 | -14,37 | -12,57 | -9,893 | -6,445 | -2,35 | 2,25 | 7,21 | 12,39 | 17,76 |
| | X_4''' | -12,13 | 7,516 | 26,84 | 45,1 | 61,64 | 75,88 | 87,44 | 96,08 | 101,8 | 104,9 | 105,8 |
| 5 | X_5 | 0 | -0,2186 | -0,4156 | -0,5721 | -0,6725 | -0,7071 | -0,6725 | -0,5721 | -0,4156 | -0,2186 | 0 |
| | X_5' | -4,443 | -4,225 | -3,594 | -2,612 | -1,373 | 0 | 1,373 | 2,612 | 3,594 | 4,225 | 4,443 |
| | X_5'' | 0 | 8,626 | 16,41 | 22,58 | 26,55 | 27,91 | 26,55 | 22,58 | 16,41 | 8,626 | 0 |
| | X_5''' | 175,4 | 166,8 | 141,9 | 103,1 | 54,2 | 0 | -54,2 | -103,1 | -141,9 | -166,8 | -175,4 |

Четырехпролетная балка, 4-й пролет

| Номер тона i | X | α | | | | | | | | | |
|----------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 |
| 1 | X_1 | 0 | -0,1106 | -0,2185 | -0,3211 | -0,4157 | -0,5001 | -0,5721 | -0,6301 | -0,6725 | -0,6984 |
| | X_1' | -2,222 | -2,194 | -2,113 | -1,98 | -1,797 | -1,571 | -1,306 | -1,008 | -0,6862 | -0,3472 |
| | X_1'' | 0 | 1,092 | 2,157 | 3,17 | 4,104 | 4,937 | 5,648 | 6,22 | 6,639 | 6,895 |
| | X_1''' | 21,93 | 21,66 | 20,86 | 19,54 | 17,74 | 15,51 | 12,89 | 9,955 | 6,774 | 3,427 |
| 2 | X_2 | 0 | 0,1148 | 0,237 | 0,3616 | 0,4835 | 0,598 | 0,7008 | 0,7881 | 0,8566 | 0,9037 |
| | X_2' | 2,185 | 2,388 | 2,486 | 2,481 | 2,379 | 2,186 | 1,912 | 1,567 | 1,164 | 0,7159 |
| | X_2'' | 5,128 | 3,005 | 0,92 | -1,086 | -2,973 | -4,7 | -6,229 | -7,526 | -8,562 | -9,316 |
| | X_2''' | -42,59 | -42,21 | -41,05 | -39,07 | -36,26 | -32,67 | -28,36 | -23,42 | -17,96 | -12,12 |
| 3 | X_3 | 0 | -0,0179 | -0,0669 | -0,1393 | -0,2277 | -0,325 | -0,4241 | -0,5188 | -0,6033 | -0,6725 |
| | X_3' | 0 | -0,6941 | -1,239 | -1,633 | -1,88 | -1,986 | -1,959 | -1,81 | -1,552 | -1,203 |
| | X_3'' | -15,43 | -12,4 | -9,381 | -6,404 | -3,512 | -0,7549 | 1,809 | 4,12 | 6,124 | 7,77 |
| | X_3''' | 60,61 | 60,53 | 60,06 | 58,85 | 56,68 | 53,4 | 48,94 | 43,33 | 36,65 | 29,05 |
| 4 | X_4 | 0 | -0,053 | -0,0677 | -0,0507 | -0,0085 | 0,0523 | 0,1251 | 0,2033 | 0,2807 | 0,3516 |
| | X_4' | -1,482 | -0,656 | 0,0436 | 0,6142 | 1,053 | 1,358 | 1,531 | 1,576 | 1,501 | 1,318 |
| | X_4'' | 17,76 | 15,26 | 12,71 | 10,1 | 7,44 | 4,772 | 2,158 | -0,3329 | -2,622 | -4,633 |
| | X_4''' | -49,77 | -50,36 | -51,61 | -52,83 | -53,46 | -53,05 | -51,3 | -48,05 | -43,25 | -36,97 |
| 5 | X_5 | 0 | 0,2186 | 0,4156 | 0,5721 | 0,6725 | 0,7071 | 0,6725 | 0,5721 | 0,4156 | 0,2186 |
| | X_5' | 4,443 | 4,225 | 3,594 | 2,612 | 1,373 | 0 | -1,373 | -2,612 | -3,594 | -4,225 |
| | X_5'' | 0 | -8,626 | -16,41 | -22,58 | -26,55 | -27,91 | -26,55 | -22,58 | -16,41 | -8,626 |
| | X_5''' | -175,4 | -166,8 | -141,9 | -103,1 | -54,2 | 0 | 54,2 | 103,1 | 141,9 | 166,8 |

Продолжение

| Номер тона i | X | α | | | | | | | | | | |
|----------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1 |
| 1 | X_1 | -0,7071 | -0,6984 | -0,6725 | -0,6301 | -0,5721 | -0,5001 | -0,4157 | -0,3211 | -0,2185 | -0,1106 | 0 |
| | X_1' | 0 | 0,3472 | 0,6862 | 1,008 | 1,306 | 1,571 | 1,797 | 1,98 | 2,113 | 2,194 | 2,222 |
| | X_1'' | 6,981 | 6,895 | 6,639 | 6,22 | 5,648 | 4,937 | 4,104 | 3,17 | 2,157 | 1,092 | 0 |
| | X_1''' | 0 | -3,427 | -6,774 | -9,955 | -12,89 | -15,51 | -17,74 | -19,54 | -20,86 | -21,66 | -21,93 |
| 2 | X_2 | 0,9276 | 0,9272 | 0,902 | 0,8525 | 0,7798 | 0,6858 | 0,5729 | 0,4442 | 0,3031 | 0,1537 | 0 |
| | X_2' | 0,2375 | -0,256 | -0,7492 | -1,227 | -1,675 | -2,079 | -2,427 | -2,71 | -2,918 | -3,045 | -3,577 |
| | X_2'' | -9,77 | -9,917 | -9,759 | -9,302 | -8,563 | -7,566 | -6,343 | -4,93 | -3,37 | -1,711 | 0 |
| | X_2''' | -6,035 | 0,125 | 6,2 | 12,03 | 17,45 | 22,32 | 26,5 | 29,87 | 32,35 | 33,87 | 34,38 |
| 3 | X_3 | -0,7224 | -0,7498 | -0,7528 | -0,7303 | -0,6825 | -0,6108 | -0,5173 | -0,4053 | -0,2786 | -0,1419 | 0 |
| | X_3' | -0,7818 | -0,3087 | 0,1943 | 0,7048 | 1,201 | 1,661 | 2,067 | 2,401 | 2,65 | 2,803 | 2,855 |
| | X_3'' | 9,017 | 9,835 | 10,21 | 10,14 | 9,631 | 8,722 | 7,45 | 5,871 | 4,052 | 2,068 | 0 |
| | X_3''' | 20,73 | 11,96 | 2,996 | -5,846 | -14,27 | -21,98 | -28,71 | -34,21 | -38,29 | -40,8 | -41,64 |
| 4 | X_4 | 0,411 | 0,4547 | 0,4797 | 0,4838 | 0,4663 | 0,4275 | 0,3689 | 0,2931 | 0,2034 | 0,1042 | 0 |
| | X_4' | 1,044 | 0,6955 | 0,2956 | -0,133 | -0,5663 | -0,9809 | -1,355 | -1,668 | -1,904 | -2,05 | -2,1 |
| | X_4'' | -6,297 | -7,555 | -8,364 | -8,699 | -8,556 | -7,953 | -6,928 | -5,539 | -3,861 | -1,982 | 0 |
| | X_4''' | -29,39 | -20,78 | -11,49 | -1,904 | 7,548 | 16,44 | 24,36 | 30,95 | 35,89 | 38,95 | 39,98 |
| 5 | X_5 | 0 | -0,2186 | -0,4156 | -0,5721 | -0,6725 | -0,7071 | -0,6725 | -0,5721 | -0,4156 | -0,2186 | 0 |
| | X_5' | -4,443 | -4,225 | -3,594 | -2,612 | -1,373 | 0 | 1,373 | 2,612 | 3,594 | 4,225 | 4,443 |
| | X_5'' | 0 | 8,626 | 16,41 | 22,58 | 26,55 | 27,91 | 26,55 | 22,58 | 16,41 | 8,626 | 0 |
| | X_5''' | 175,4 | 166,8 | 141,9 | 103,1 | 54,2 | 0 | -54,2 | -103,1 | -141,9 | -166,8 | -175,4 |

Пятипролетная балка, 1-й пролет

| Номер тона i | α x | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 |
|-------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | 1 | X_1 | 0 | 0,0989 | 0,1955 | 0,2872 | 0,3718 | 0,4473 | 0,5117 | 0,5636 |
| | X_1' | 1,987 | 1,963 | 1,89 | 1,771 | 1,608 | 1,405 | 1,168 | 0,9019 | 0,6138 | 0,3105 |
| | X_1'' | 0 | -0,977 | -1,93 | -2,835 | -3,67 | -4,415 | -5,052 | -5,564 | -5,939 | -6,167 |
| | X_1''' | -19,62 | -19,38 | -18,66 | -17,48 | -15,87 | -13,87 | -11,53 | -8,904 | -6,059 | -3,065 |
| 2 | X_2 | 0 | 0,1384 | 0,2731 | 0,4006 | 0,5174 | 0,6204 | 0,7071 | 0,775 | 0,8226 | 0,8487 |
| | X_2' | 2,781 | 2,743 | 2,633 | 2,453 | 2,208 | 1,905 | 1,552 | 1,16 | 0,7396 | 0,3024 |
| | X_2'' | 0 | -1,479 | -2,916 | -4,272 | -5,507 | -6,588 | -7,484 | -8,168 | -8,62 | -8,826 |
| | X_2''' | -29,71 | -29,3 | -28,06 | -26,04 | -23,28 | -19,86 | -15,87 | -11,42 | -6,622 | -1,601 |
| 3 | X_3 | 0 | 0,1325 | 0,2608 | 0,3806 | 0,4881 | 0,5801 | 0,6535 | 0,7064 | 0,7373 | 0,7456 |
| | X_3' | 2,665 | 2,622 | 2,494 | 2,286 | 2,005 | 1,662 | 1,269 | 0,8407 | 0,3927 | -0,0579 |
| | X_3'' | 0 | -1,721 | -3,379 | -4,916 | -6,275 | -7,406 | -8,265 | -8,82 | -9,044 | -8,924 |
| | X_3''' | -34,62 | -34 | -32,15 | -29,13 | -25,05 | -20,03 | -14,24 | -7,852 | -1,07 | 5,895 |
| 4 | X_4 | 0 | 0,1177 | 0,2306 | 0,3342 | 0,4243 | 0,4973 | 0,5505 | 0,5821 | 0,5913 | 0,5783 |
| | X_4' | 2,37 | 2,322 | 2,18 | 1,949 | 1,641 | 1,27 | 0,8528 | 0,4089 | -0,0406 | -0,4739 |
| | X_4'' | 0 | -1,923 | -3,76 | -5,425 | -6,842 | -7,945 | -8,68 | -9,006 | -8,901 | -8,358 |
| | X_4''' | -38,76 | -37,88 | -35,28 | -31,07 | -25,41 | -18,53 | -10,71 | -2,265 | 6,490 | 15,21 |
| 5 | X_5 | 0 | 0,0785 | 0,1532 | 0,2204 | 0,2767 | 0,3195 | 0,3469 | 0,3578 | 0,3519 | 0,3302 |
| | X_5' | 1,584 | 1,545 | 1,43 | 1,245 | 0,9992 | 0,7073 | 0,3847 | 0,0492 | -0,2802 | -0,5846 |
| | X_5'' | 0 | -1,559 | -3,034 | -4,345 | -5,422 | -6,203 | -6,643 | -6,713 | -6,401 | -5,713 |
| | X_5''' | -31,46 | -30,61 | -28,12 | -24,1 | -18,75 | -12,34 | -5,168 | 2,412 | 10,05 | 17,38 |
| 6 | X_6 | 0 | 0,1954 | 0,3717 | 0,5117 | 0,6205 | 0,6325 | 0,6205 | 0,5117 | 0,3718 | 0,1955 |
| | X_6' | 3,974 | 3,779 | 3,215 | 2,336 | 1,228 | 0 | -1,228 | -2,336 | -3,215 | -3,779 |
| | X_6'' | 0 | -7,715 | -14,67 | -20,2 | -23,75 | -24,97 | -23,75 | -20,2 | -14,67 | -7,715 |
| | X_6''' | -156,9 | -149,2 | -126,9 | -92,21 | -48,48 | 0 | 48,48 | 92,21 | 126,9 | 149,2 |

| Номер тона i | α | | | | | | | | | | | |
|----------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1 |
| 1 | X_1 | 0,6325 | 0,6247 | 0,6015 | 0,5636 | 0,5117 | 0,4473 | 0,3718 | 0,2872 | 0,1955 | 0,0989 | 0 |
| | X_1' | 0 | -0,3105 | -0,6138 | -0,9019 | -1,168 | -1,405 | -1,608 | -1,771 | -1,89 | -1,963 | -1,987 |
| | X_1'' | -6,244 | -6,167 | -5,939 | -5,564 | -5,052 | -4,415 | -3,67 | -2,835 | -1,93 | -0,977 | 0 |
| | X_1''' | 0 | 3,065 | 6,059 | 8,904 | 11,53 | 13,87 | 15,87 | 17,48 | 18,66 | 19,38 | 19,62 |
| 2 | X_2 | 0,8528 | 0,835 | 0,796 | 0,7373 | 0,6608 | 0,569 | 0,465 | 0,3522 | 0,2344 | 0,1155 | 0 |
| | X_2' | -0,1388 | -0,5712 | -0,9823 | -1,36 | -1,692 | -1,969 | -2,18 | -2,32 | -2,38 | -2,358 | -2,25 |
| | X_2'' | -8,779 | -8,476 | -7,924 | -7,133 | -6,122 | -4,914 | -3,535 | -2,016 | -0,393 | 1,301 | 3,029 |
| | X_2''' | 3,509 | 8,579 | 13,48 | 18,08 | 22,28 | 25,97 | 29,08 | 31,53 | 33,29 | 34,34 | 34,68 |
| 3 | X_3 | 0,7317 | 0,6968 | 0,6428 | 0,5726 | 0,4897 | 0,3985 | 0,3038 | 0,2108 | 0,1252 | 0,053 | 0 |
| | X_3' | -0,4938 | -0,8977 | -1,253 | -1,543 | -1,755 | -1,876 | -1,895 | -1,805 | -1,599 | -1,272 | -0,8247 |
| | X_3'' | -8,455 | -7,644 | -6,508 | -5,071 | -3,366 | -1,432 | 0,6887 | 2,952 | 5,314 | 7,735 | 10,18 |
| | X_3''' | 12,83 | 19,54 | 25,83 | 31,54 | 36,52 | 40,69 | 43,98 | 46,39 | 47,96 | 48,78 | 49,01 |
| 4 | X_4 | 0,5445 | 0,4924 | 0,4253 | 0,3476 | 0,2644 | 0,1815 | 0,1052 | 0,042 | -0,0011 | -0,0175 | 0 |
| | X_4' | -0,8692 | -1,206 | -1,464 | -1,627 | -1,681 | -1,614 | -1,417 | -1,086 | -0,6177 | -0,0114 | 0,7327 |
| | X_4'' | -7,385 | -6,01 | -4,268 | -2,211 | 0,1037 | 2,615 | 5,262 | 7,988 | 10,75 | 13,51 | 16,25 |
| | X_4''' | 23,59 | 31,32 | 38,16 | 43,92 | 48,47 | 51,79 | 53,9 | 54,98 | 55,25 | 55,08 | 54,9 |
| 5 | X_5 | 0,2942 | 0,2466 | 0,1908 | 0,1307 | 0,071 | 0,0165 | -0,0276 | -0,0564 | -0,0646 | -0,0474 | 0 |
| | X_5' | -0,8457 | -1,047 | -1,173 | -1,213 | -1,159 | -1,004 | -0,7462 | -0,3863 | 0,0736 | 0,6304 | 1,281 |
| | X_5'' | -4,673 | -3,319 | -1,701 | 0,1211 | 2,083 | 4,122 | 6,179 | 8,208 | 10,18 | 12,08 | 13,94 |
| | X_5''' | 24,1 | 29,91 | 34,61 | 38,05 | 40,21 | 41,14 | 40,99 | 40,06 | 38,72 | 37,47 | 36,91 |
| 6 | X_6 | 0 | -0,1955 | -0,3718 | -0,5117 | -0,6205 | -0,6325 | -0,6205 | -0,5117 | -0,3717 | -0,1954 | 0 |
| | X_6' | -3,974 | -3,779 | -3,215 | -2,336 | -1,228 | 0 | 1,228 | 2,336 | 3,215 | 3,779 | 3,974 |
| | X_6'' | 0 | 7,715 | 14,67 | 20,2 | 23,75 | 24,97 | 23,75 | 20,2 | 14,67 | 7,715 | 0 |
| | X_6''' | 156,9 | 149,2 | 126,9 | 92,21 | 48,48 | 0 | -48,48 | -92,21 | -126,9 | -149,2 | -156,9 |

Пятипролетная балка, 2-й пролет

| Номер тона l | X | α | | | | | | | | | |
|----------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 |
| 1 | X_1 | 0 | -0,0989 | -0,1955 | -0,2872 | -0,3718 | -0,4473 | -0,5117 | -0,5636 | -0,6015 | -0,6247 |
| | X_1' | -1,987 | -1,963 | -1,89 | -1,771 | -1,608 | -1,405 | -1,168 | -0,9019 | -0,6138 | -0,3105 |
| | X_1'' | 0 | 0,977 | 1,93 | 2,835 | 3,67 | 4,415 | 5,052 | 5,564 | 5,939 | 6,167 |
| | X_1''' | 19,62 | 19,38 | 18,66 | 17,48 | 15,87 | 13,87 | 11,53 | 8,904 | 6,059 | 3,065 |
| 2 | X_2 | 0 | -0,1084 | -0,2076 | -0,296 | -0,3722 | -0,4349 | -0,4834 | -0,5168 | -0,5351 | -0,5384 |
| | X_2' | -2,25 | -2,082 | -1,881 | -1,65 | -1,393 | -1,114 | -0,8202 | -0,5178 | -0,2144 | 0,082 |
| | X_2'' | 3,029 | 3,693 | 4,325 | 4,895 | 5,377 | 5,747 | 5,988 | 6,083 | 6,025 | 5,806 |
| | X_2''' | 13,4 | 13,07 | 12,11 | 10,6 | 8,589 | 6,163 | 3,403 | 0,3978 | -2,762 | -5,987 |
| 3 | X_3 | 0 | -0,0291 | -0,0362 | -0,0248 | 0,0015 | 0,0395 | 0,0852 | 0,1353 | 0,1864 | 0,2352 |
| | X_3' | -0,8247 | -0,3502 | 0,055 | 0,39 | 0,6543 | 0,8473 | 0,9697 | 1,023 | 1,01 | 0,9335 |
| | X_3'' | 10,18 | 8,8 | 7,405 | 5,994 | 4,573 | 3,152 | 1,75 | 0,3885 | -0,9098 | -2,121 |
| | X_3''' | -27,58 | -27,74 | -28,06 | -28,36 | -28,47 | -28,29 | -27,71 | -26,68 | -25,17 | -23,19 |
| 4 | X_4 | 0 | 0,0553 | 0,1414 | 0,2486 | 0,3674 | 0,4889 | 0,6046 | 0,7074 | 0,7908 | 0,8498 |
| | X_4' | 0,7327 | 1,447 | 1,965 | 2,291 | 2,432 | 2,399 | 2,208 | 1,88 | 1,439 | 0,9129 |
| | X_4'' | 16,25 | 12,32 | 8,423 | 4,635 | 1,032 | -2,296 | -5,263 | -7,78 | -9,77 | -11,18 |
| | X_4''' | -78,86 | -78,5 | -77,07 | -74,19 | -69,61 | -63,24 | -55,1 | -45,32 | -34,15 | -21,91 |
| 5 | X_5 | 0 | 0,0796 | 0,1832 | 0,3 | 0,4198 | 0,5332 | 0,632 | 0,7093 | 0,7599 | 0,7805 |
| | X_5' | 1,281 | 1,868 | 2,239 | 2,399 | 2,362 | 2,147 | 1,781 | 1,293 | 0,72 | 0,1014 |
| | X_5'' | 13,94 | 9,561 | 5,272 | 1,181 | -2,588 | -5,908 | -8,658 | -10,73 | -12,05 | -12,56 |
| | X_5''' | -87,78 | -86,98 | -84,19 | -79,03 | -71,32 | -61,09 | -48,57 | -34,15 | -18,36 | -1,797 |
| 6 | X_6 | 0 | 0,1954 | 0,3717 | 0,5117 | 0,6015 | 0,6325 | 0,6015 | 0,5117 | 0,3717 | 0,1954 |
| | X_6' | 3,974 | 3,779 | 3,215 | 2,336 | 1,228 | 0 | -1,228 | -2,336 | -3,215 | -3,779 |
| | X_6'' | 0 | -7,715 | -14,67 | -20,2 | -23,74 | -24,97 | -23,74 | -20,2 | -14,67 | -7,715 |
| | X_6''' | -156,9 | -149,2 | -126,9 | -92,21 | -48,48 | 0 | 48,48 | 92,21 | 126,9 | 149,2 |

| Номер тона ϵ | α X | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1 |
|-----------------------|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | | | | | | | | | | | | |
| 1 | X_1 | -0,6325 | -0,6247 | -0,6015 | -0,5636 | -0,5117 | -0,4473 | -0,3718 | -0,2872 | -0,1955 | -0,0989 | 0 |
| | X_1' | 0 | 0,3105 | 0,6138 | 0,9019 | 1,168 | 1,405 | 1,608 | 1,771 | 1,89 | 1,963 | 1,987 |
| | X_1'' | 6,244 | 6,167 | 5,939 | 5,564 | 5,052 | 4,415 | 3,67 | 2,835 | 1,93 | 0,977 | 0 |
| | X_1''' | 0 | -3,065 | -6,059 | -8,904 | -11,53 | -13,87 | -15,87 | -17,48 | -18,66 | -19,38 | -19,62 |
| 2 | X_2 | -0,5272 | -0,5024 | -0,4655 | -0,4181 | -0,3622 | -0,3004 | -0,2351 | -0,1694 | -0,1061 | -0,0486 | 0 |
| | X_2' | 0,3634 | 0,622 | 0,8499 | 1,04 | 1,185 | 1,28 | 1,32 | 1,3 | 1,218 | 1,072 | 0,8596 |
| | X_2'' | 5,427 | 4,889 | 4,202 | 3,375 | 2,423 | 1,362 | 0,212 | -1,009 | -2,28 | -3,584 | -4,902 |
| | X_2''' | -9,189 | -12,28 | -15,19 | -17,84 | -20,18 | -22,17 | -23,78 | -24,99 | -25,81 | -26,27 | -26,41 |
| 3 | X_3 | 0,2788 | 0,3143 | 0,3394 | 0,3519 | 0,3503 | 0,3333 | 0,3 | 0,25 | 0,1832 | 0,0997 | 0 |
| | X_3' | 0,7995 | 0,6135 | 0,3827 | 0,1146 | -0,1827 | -0,5011 | -0,8322 | -1,169 | -1,505 | -1,835 | -2,155 |
| | X_3'' | -3,222 | -4,192 | -5,016 | -5,682 | -6,183 | -6,52 | -6,702 | -6,744 | -6,669 | -6,509 | -6,303 |
| | X_3''' | -20,78 | -17,99 | -14,92 | -11,67 | -8,369 | -5,155 | -2,174 | 0,4159 | 2,459 | 3,792 | 4,271 |
| 4 | X_4 | 0,8812 | 0,8826 | 0,8542 | 0,7969 | 0,7139 | 0,6094 | 0,4892 | 0,3604 | 0,2299 | 0,1071 | 0 |
| | X_4' | 0,3317 | -0,2715 | -0,8647 | -1,415 | -1,892 | -2,268 | -2,518 | -2,622 | -2,562 | -2,331 | -1,919 |
| | X_4'' | -11,98 | -12,07 | -11,54 | -10,37 | -8,617 | -6,33 | -3,59 | -0,4828 | 2,883 | 6,428 | 10,05 |
| | X_4''' | -9,01 | 4,148 | 17,1 | 29,41 | 40,68 | 50,54 | 58,72 | 65,03 | 69,43 | 71,9 | 72,68 |
| 5 | X_5 | 0,7699 | 0,729 | 0,6604 | 0,5692 | 0,4617 | 0,3463 | 0,2319 | 0,1293 | 0,0489 | 0,0019 | 0 |
| | X_5' | -0,5218 | -1,108 | -1,617 | -2,011 | -2,258 | -2,33 | -2,205 | -1,869 | -1,311 | -0,5253 | 0,488 |
| | X_5'' | -12,23 | -11,08 | -9,15 | -6,516 | -3,275 | 0,4627 | 4,568 | 8,928 | 13,43 | 17,98 | 22,53 |
| | X_5''' | 14,87 | 30,98 | 45,91 | 59,12 | 70,19 | 78,85 | 85,05 | 88,88 | 90,73 | 91,22 | 91,16 |
| 6 | X_6 | 0 | -0,1954 | -0,3717 | -0,5117 | -0,6015 | -0,6325 | -0,6015 | -0,5117 | -0,3717 | -0,1954 | 0 |
| | X_6' | -3,974 | -3,779 | -3,215 | -2,336 | -1,228 | 0 | 1,228 | 2,336 | 3,215 | 3,779 | 3,974 |
| | X_6'' | 0 | 7,715 | 14,67 | 20,2 | 23,74 | 24,97 | 23,74 | 20,2 | 14,67 | 7,715 | 0 |
| | X_6''' | 156,9 | 149,2 | 126,9 | 92,21 | 48,48 | 0 | -48,48 | -92,21 | -126,9 | -149,2 | -156,9 |

Пятипролетная балка, 3-й пролет

| Номер тона i | α X | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 |
|----------------------|-----------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 1 | X_1 | 0 | 0,0989 | 0,1955 | 0,2872 | 0,3718 | 0,4473 | 0,5117 | 0,5636 |
| | X_1' | 1,987 | 1,963 | 1,89 | 1,771 | 1,608 | 1,405 | 1,168 | 0,9019 | 0,6138 | 0,3105 |
| | X_1'' | 0 | -0,977 | -1,93 | -2,835 | -3,67 | -4,415 | -5,052 | -5,564 | -5,939 | -6,167 |
| | X_1''' | -19,62 | -19,38 | -18,66 | -17,48 | -15,87 | -13,87 | -11,53 | -8,904 | -6,059 | -3,065 |
| 2 | X_2 | 0 | 0,037 | 0,0628 | 0,0784 | 0,0848 | 0,0833 | 0,0749 | 0,0611 | 0,0431 | 0,0223 |
| | X_2' | 0,8596 | 0,6246 | 0,4098 | 0,2163 | 0,045 | -0,1028 | -0,2258 | -0,323 | -0,3931 | -0,4355 |
| | X_2'' | -4,902 | -4,501 | -4,086 | -3,652 | -3,195 | -2,712 | -2,205 | -1,676 | -1,128 | -0,5673 |
| | X_2''' | 8,053 | 8,168 | 8,474 | 8,901 | 9,394 | 9,902 | 10,38 | 10,79 | 11,1 | 11,3 |
| 3 | X_3 | 0 | -0,1145 | -0,2384 | -0,3652 | -0,4891 | -0,6043 | -0,706 | -0,7898 | -0,8522 | -0,8908 |
| | X_3' | -2,155 | -2,405 | -2,527 | -2,526 | -2,409 | -2,185 | -1,868 | -1,472 | -1,016 | -0,5186 |
| | X_3'' | -6,303 | -3,714 | -1,195 | 1,213 | 3,45 | 5,458 | 7,183 | 8,578 | 9,604 | 10,23 |
| | X_3''' | 51,64 | 51,12 | 49,47 | 46,64 | 42,63 | 37,5 | 31,35 | 24,33 | 16,61 | 8,429 |
| 4 | X_4 | 0 | -0,0836 | -0,1433 | -0,1806 | -0,1973 | -0,1952 | -0,1769 | -0,145 | -0,1026 | -0,0532 |
| | X_4' | -1,919 | -1,428 | -0,9655 | -0,5335 | -0,1385 | 0,2123 | 0,5119 | 0,7531 | 0,9299 | 1,038 |
| | X_4'' | 10,05 | 9,537 | 8,967 | 8,291 | 7,482 | 6,528 | 5,429 | 4,2 | 2,864 | 1,451 |
| | X_4''' | -10 | -10,63 | -12,35 | -14,78 | -17,61 | -20,55 | -23,34 | -25,75 | -27,6 | -28,77 |
| 5 | X_5 | 0 | 0,0502 | 0,1428 | 0,2642 | 0,4012 | 0,5413 | 0,6732 | 0,7869 | 0,8742 | 0,929 |
| | X_5' | 0,488 | 1,474 | 2,185 | 2,627 | 2,811 | 2,756 | 2,486 | 2,034 | 1,438 | 0,7442 |
| | X_5'' | 22,53 | 16,95 | 11,51 | 6,221 | 1,219 | -3,353 | -7,345 | -10,62 | -13,05 | -14,55 |
| | X_5''' | -110,2 | -109,7 | -107,7 | -103,3 | -96,23 | -86,13 | -73,09 | -57,41 | -39,55 | -20,17 |
| 6 | X_6 | 0 | 0,1954 | 0,3717 | 0,5117 | 0,6015 | 0,6325 | 0,6015 | 0,5117 | 0,3717 | 0,1954 |
| | X_6' | 3,974 | 3,779 | 3,215 | 2,336 | 1,228 | 0 | -1,228 | -2,336 | -3,215 | -3,779 |
| | X_6'' | 0 | -7,715 | -14,67 | -20,2 | -23,74 | -24,97 | -23,74 | -20,2 | -14,67 | -7,715 |
| | X_6''' | -156,9 | -149,2 | -126,9 | -92,21 | -48,48 | 0 | 48,48 | 92,21 | 126,9 | 149,2 |

| Номер тона i | α X | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1 |
|----------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | | 1 | X_1 | 0,6325 | 0,6247 | 0,6015 | 0,5636 | 0,5117 | 0,4473 | 0,3718 | 0,2872 | 0,1955 |
| | X_1' | 0 | -0,3105 | -0,6138 | -0,9019 | -1,168 | -1,405 | -1,608 | -1,771 | -1,89 | -1,963 | -1,987 |
| | X_1'' | -6,244 | -6,167 | -5,939 | -5,564 | -5,052 | -4,415 | -3,67 | -2,835 | -1,93 | -0,977 | 0 |
| | X_1''' | 0 | 3,065 | 6,059 | 8,904 | 11,53 | 13,87 | 15,87 | 17,48 | 18,66 | 19,33 | 19,62 |
| 2 | X_2 | 0 | -0,0223 | -0,0431 | -0,0611 | -0,0749 | -0,0833 | -0,0848 | -0,0784 | -0,0628 | -0,037 | 0 |
| | X_2' | -0,4497 | -0,4355 | -0,3931 | -0,323 | -0,2258 | -0,1028 | 0,045 | 0,2163 | 0,4098 | 0,6246 | 0,8596 |
| | X_2'' | 0 | 0,5673 | 1,128 | 1,676 | 2,205 | 2,712 | 3,195 | 3,652 | 4,086 | 4,501 | 4,902 |
| | X_2''' | 11,37 | 11,3 | 11,1 | 10,79 | 10,38 | 9,902 | 9,394 | 8,901 | 8,474 | 8,168 | 8,053 |
| 3 | X_3 | -0,9038 | -0,8908 | -0,8522 | -0,7898 | -0,706 | -0,6043 | -0,4891 | -0,3652 | -0,2384 | -0,1145 | 0 |
| | X_3' | 0 | 0,5186 | 1,016 | 1,472 | 1,868 | 2,185 | 2,409 | 2,526 | 2,527 | 2,405 | 2,155 |
| | X_3'' | 10,44 | 10,23 | 9,604 | 8,578 | 7,183 | 5,458 | 3,45 | 1,213 | -1,195 | -3,714 | -6,303 |
| | X_3''' | 0 | -8,429 | -16,61 | -24,33 | -31,35 | -37,5 | -42,63 | -46,64 | -49,47 | -51,12 | -51,64 |
| 4 | X_4 | 0 | 0,0532 | 0,1026 | 0,145 | 0,1769 | 0,1952 | 0,1973 | 0,1806 | 0,1433 | 0,0836 | 0 |
| | X_4' | 1,074 | 1,038 | 0,9299 | 0,7531 | 0,5119 | 0,2123 | -0,1385 | -0,5335 | -0,9655 | -1,428 | -1,919 |
| | X_4'' | 0 | -1,451 | -2,864 | -4,2 | -5,429 | -6,528 | -7,482 | -8,291 | -8,967 | -9,537 | -10,05 |
| | X_4''' | -29,17 | -28,77 | -27,6 | -25,75 | -23,34 | -20,55 | -17,61 | -14,78 | -12,35 | -10,63 | -10 |
| 5 | X_5 | 0,9478 | 0,929 | 0,8742 | 0,7869 | 0,6732 | 0,5413 | 0,4012 | 0,2642 | 0,1428 | 0,0502 | 0 |
| | X_5' | 0 | -0,7442 | -1,438 | -2,034 | -2,486 | -2,756 | -2,811 | -2,627 | -2,185 | -1,474 | -0,488 |
| | X_5'' | -15,05 | -14,55 | -13,05 | -10,62 | -7,345 | -3,353 | 1,219 | 6,221 | 11,51 | 16,95 | 22,53 |
| | X_5''' | 0 | 20,17 | 39,55 | 57,41 | 73,09 | 86,13 | 96,23 | 103,3 | 107,7 | 109,7 | 110,2 |
| 6 | X_6 | 0 | -0,1954 | -0,3717 | -0,5117 | -0,6015 | -0,6325 | -0,6015 | -0,5117 | -0,3717 | -0,1954 | 0 |
| | X_6' | -3,974 | -3,779 | -3,215 | -2,336 | -1,228 | 0 | 1,228 | 2,336 | 3,215 | 3,779 | 3,974 |
| | X_6'' | 0 | 7,715 | 14,67 | 20,2 | 23,74 | 24,97 | 23,74 | 20,2 | 14,67 | 7,715 | 0 |
| | X_6''' | 156,9 | 149,2 | 126,9 | 92,21 | 48,48 | 0 | -48,48 | -92,21 | -126,9 | -149,2 | -156,9 |

Пятипролетная балка, 4-й пролет

| Номер тона i | α X | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 |
|----------------------|-----------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 1 | X_1 | 0 | -0,0989 | -0,1955 | -0,2872 | -0,3718 | -0,4473 | -0,5117 | -0,5636 |
| | X_1' | -1,987 | -1,963 | -1,89 | -1,771 | -1,608 | -1,405 | -1,168 | -0,9019 | -0,6138 | -0,3105 |
| | X_1'' | 0 | 0,977 | 1,93 | 2,835 | 3,67 | 4,415 | 5,052 | 5,564 | 5,939 | 6,167 |
| | X_1''' | 19,62 | 19,38 | 18,66 | 17,48 | 15,87 | 13,87 | 11,53 | 8,904 | 6,059 | 3,065 |
| 2 | X_2 | 0 | 0,0486 | 0,1061 | 0,1694 | 0,2351 | 0,3004 | 0,3622 | 0,4181 | 0,4655 | 0,5024 |
| | X_2' | 0,8596 | 1,072 | 1,218 | 1,3 | 1,32 | 1,28 | 1,185 | 1,04 | 0,8499 | 0,622 |
| | X_2'' | 4,902 | 3,584 | 2,28 | 1,009 | -0,212 | -1,362 | -2,423 | -3,375 | -4,202 | -4,889 |
| | X_2''' | -26,41 | -26,27 | -25,81 | -24,99 | -23,78 | -22,17 | -20,18 | -17,84 | -15,19 | -12,28 |
| 3 | X_3 | 0 | 0,0997 | 0,1832 | 0,25 | 0,3 | 0,3333 | 0,3503 | 0,3519 | 0,3394 | 0,3143 |
| | X_3' | 2,155 | 1,835 | 1,505 | 1,169 | 0,8322 | 0,5011 | 0,1827 | -0,1146 | -0,3927 | -0,6135 |
| | X_3'' | -6,303 | -6,509 | -6,669 | -6,744 | -6,702 | -6,52 | -6,183 | -5,682 | -5,016 | -4,192 |
| | X_3''' | -4,271 | -3,792 | -2,459 | -0,4159 | 2,174 | 5,155 | 8,369 | 11,67 | 14,92 | 17,99 |
| 4 | X_4 | 0 | -0,1071 | -0,2299 | -0,3604 | -0,4892 | -0,6094 | -0,7139 | -0,7969 | -0,8542 | -0,8826 |
| | X_4' | -1,919 | -2,331 | -2,562 | -2,622 | -2,518 | -2,268 | -1,892 | -1,415 | -0,8647 | -0,2715 |
| | X_4'' | -10,05 | -6,428 | -2,883 | 0,4828 | 3,59 | 6,33 | 8,617 | 10,37 | 11,54 | 12,07 |
| | X_4''' | 72,68 | 71,9 | 69,43 | 65,03 | 58,72 | 50,54 | 40,68 | 29,41 | 17,1 | 4,148 |
| 5 | X_5 | 0 | 0,0019 | 0,0489 | 0,1293 | 0,2319 | 0,3463 | 0,4617 | 0,5692 | 0,6604 | 0,729 |
| | X_5' | -0,488 | 0,5223 | 1,311 | 1,869 | 2,205 | 2,33 | 2,258 | 2,011 | 1,617 | 1,108 |
| | X_5'' | 22,53 | 17,98 | 13,43 | 8,928 | 4,568 | 0,4627 | -3,275 | -6,516 | -9,15 | -11,08 |
| | X_5''' | -91,16 | -91,22 | -90,73 | -88,88 | -85,05 | -78,75 | -70,19 | -59,12 | -45,91 | -30,98 |
| 6 | X_6 | 0 | 0,1954 | 0,3717 | 0,5117 | 0,6015 | 0,6325 | 0,6015 | 0,5117 | 0,3717 | 0,1954 |
| | X_6' | 3,974 | 3,779 | 3,215 | 2,336 | 1,228 | 0 | -1,228 | -2,336 | -3,215 | -3,779 |
| | X_6'' | 0 | -7,715 | -14,67 | -20,2 | -23,74 | -24,97 | -23,74 | -20,2 | -14,67 | -7,715 |
| | X_6''' | -156,9 | -149,2 | -126,9 | -92,21 | -48,48 | 0 | 48,48 | 92,21 | 126,9 | 149,2 |

| Номер тона i | α X | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1 |
|----------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | | | | | | | | | | | | |
| 1 | X_1 | -0,6325 | -0,6247 | -0,6015 | -0,5636 | -0,5117 | -0,4473 | -0,3718 | -0,2872 | -0,1955 | -0,0989 | 0 |
| | X_1' | 0 | 0,3105 | 0,6138 | 0,9019 | 1,168 | 1,405 | 1,608 | 1,771 | 1,89 | 1,963 | 1,987 |
| | X_1'' | 6,244 | 6,167 | 5,939 | 5,564 | 5,052 | 4,415 | 3,67 | 2,835 | 1,93 | 0,977 | 0 |
| | X_1''' | 0 | -3,065 | -6,059 | -8,904 | -11,53 | -13,87 | -15,87 | -17,48 | -18,66 | -19,38 | -19,62 |
| 2 | X_2 | 0,5272 | 0,5384 | 0,5351 | 0,5168 | 0,4834 | 0,4349 | 0,3722 | 0,296 | 0,2076 | 0,1084 | 0 |
| | X_2' | 0,3634 | 0,082 | -0,2144 | -0,5178 | -0,8202 | -1,114 | -1,393 | -1,65 | -1,881 | -2,082 | -2,25 |
| | X_2'' | -5,427 | -5,806 | -6,025 | -6,083 | -5,988 | -5,747 | -5,377 | -4,895 | -4,325 | -3,693 | -3,029 |
| | X_2''' | -9,189 | -5,987 | -2,762 | 0,3978 | 3,403 | 6,163 | 8,589 | 10,6 | 12,11 | 13,07 | 13,4 |
| 3 | X_3 | 0,2788 | 0,2352 | 0,1864 | 0,1353 | 0,0852 | 0,0395 | 0,0015 | -0,0248 | -0,0362 | -0,0291 | 0 |
| | X_3' | -0,7995 | -0,9335 | -1,01 | -1,023 | -0,9697 | -0,8473 | -0,6543 | -0,39 | -0,055 | 0,3502 | 0,8247 |
| | X_3'' | -3,222 | -2,121 | -0,9098 | 0,3885 | 1,75 | 3,152 | 4,573 | 5,994 | 7,405 | 8,800 | 10,18 |
| | X_3''' | 20,78 | 23,19 | 25,17 | 26,68 | 27,71 | 28,29 | 28,47 | 28,36 | 28,06 | 27,74 | 27,58 |
| 4 | X_4 | -0,8812 | -0,8498 | -0,7908 | -0,7074 | -0,6046 | -0,4889 | -0,3674 | -0,2486 | -0,1414 | -0,0553 | 0 |
| | X_4' | 0,3317 | 0,9129 | 1,439 | 1,88 | 2,208 | 2,399 | 2,432 | 2,291 | 1,965 | 1,447 | 0,7327 |
| | X_4'' | 11,98 | 11,18 | 9,77 | 7,78 | 5,263 | 2,296 | -1,032 | -4,635 | -8,423 | -12,32 | -16,25 |
| | X_4''' | -9,01 | -21,91 | -34,15 | -45,32 | -55,1 | -63,24 | -69,61 | -74,19 | -77,07 | -78,5 | -78,86 |
| 5 | X_5 | 0,7699 | 0,7805 | 0,7599 | 0,7093 | 0,632 | 0,5332 | 0,4198 | 0,30 | 0,1832 | 0,0796 | 0 |
| | X_5' | 0,5218 | -0,1014 | -0,72 | -1,293 | -1,781 | -2,147 | -2,362 | -2,399 | -2,239 | -1,868 | -1,281 |
| | X_5'' | -12,23 | -12,56 | -12,05 | -10,73 | -8,658 | -5,908 | -2,588 | 1,181 | 5,272 | 9,561 | 13,94 |
| | X_5''' | -14,87 | 1,797 | 18,36 | 34,15 | 48,57 | 61,09 | 71,32 | 79,03 | 84,19 | 86,98 | 87,78 |
| 6 | X_6 | 0 | -0,1954 | -0,3717 | -0,5117 | -0,6015 | -0,6325 | -0,6015 | -0,5117 | -0,3717 | -0,1954 | -0 |
| | X_6' | -3,974 | -3,779 | -3,215 | -2,336 | -1,228 | 0 | 1,228 | 2,336 | 3,215 | 3,779 | 3,974 |
| | X_6'' | 0 | 7,715 | 14,67 | 20,2 | 23,74 | 24,97 | 23,74 | 20,2 | 14,67 | 7,515 | 0 |
| | X_6''' | 156,9 | 149,2 | 126,9 | 92,21 | 48,48 | 0 | -48,48 | -92,91 | -126,9 | -149,2 | -156,9 |

Пятипролетная балка, 5-й пролет

| Номер тона i | α X | 0 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,45 |
|----------------------|-----------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 1 | X_1 | 0 | 0,0989 | 0,1955 | 0,2872 | 0,3718 | 0,4473 | 0,5117 | 0,5636 |
| | X_1' | 1,987 | 1,963 | 1,89 | 1,771 | 1,608 | 1,405 | 1,168 | 0,9019 | 0,6138 | 0,3105 |
| | X_1'' | 0 | -0,977 | -1,93 | -2,835 | -3,67 | -4,415 | -5,052 | -5,564 | -5,939 | -6,167 |
| | X_1''' | -19,62 | -19,38 | -18,66 | -17,48 | -15,87 | -13,87 | -11,53 | -8,905 | -6,059 | -3,065 |
| 2 | X_2 | 0 | -0,1155 | -0,2344 | -0,3522 | -0,465 | -0,569 | -0,6608 | -0,7373 | -0,7961 | -0,835 |
| | X_2' | -2,25 | -2,358 | -2,38 | -2,32 | -2,18 | -1,969 | -1,692 | -1,36 | -0,9823 | -0,5712 |
| | X_2'' | -3,029 | -1,301 | 0,393 | 2,016 | 3,535 | 4,914 | 6,122 | 7,133 | 7,924 | 8,476 |
| | X_2''' | 34,68 | 34,34 | 33,29 | 31,53 | 29,08 | 25,97 | 22,28 | 18,08 | 13,48 | 8,579 |
| 3 | X_3 | 0 | 0,053 | 0,1252 | 0,2108 | 0,3038 | 0,3985 | 0,4897 | 0,5726 | 0,6428 | 0,6988 |
| | X_3' | 0,8247 | 1,272 | 1,599 | 1,805 | 1,895 | 1,876 | 1,755 | 1,543 | 1,253 | 0,8977 |
| | X_3'' | 10,18 | 7,735 | 5,314 | 2,952 | 0,6887 | -1,432 | -3,366 | -5,071 | -6,508 | -7,644 |
| | X_3''' | -49,01 | -48,78 | -47,96 | -46,39 | -43,98 | -40,69 | -36,52 | -31,54 | -25,83 | -19,54 |
| 4 | X_4 | 0 | 0,0175 | 0,0011 | -0,042 | -0,1052 | -0,1815 | -0,2644 | -0,3476 | -0,4253 | -0,4924 |
| | X_4' | 0,7327 | -0,0114 | -0,6177 | -1,086 | -1,417 | -1,614 | -1,681 | -1,627 | -1,464 | -1,206 |
| | X_4'' | -16,25 | -13,51 | -10,75 | -7,988 | -5,262 | -2,615 | -0,1037 | 2,211 | 4,268 | 6,01 |
| | X_4''' | 54,9 | 55,08 | 55,25 | 54,98 | 53,9 | 51,79 | 48,47 | 43,92 | 38,16 | 31,32 |
| 5 | X_5 | 0 | -0,0474 | -0,0646 | -0,0564 | -0,0276 | 0,0165 | 0,071 | 0,1307 | 0,1908 | 0,2466 |
| | X_5' | -1,281 | -0,6304 | -0,0736 | 0,3863 | 0,7462 | 1,004 | 1,199 | 1,213 | 1,173 | 1,047 |
| | X_5'' | 13,94 | 12,08 | 10,18 | 8,208 | 6,179 | 4,122 | 2,083 | 0,1211 | -1,701 | -3,319 |
| | X_5''' | -36,91 | -37,47 | -38,72 | -40,06 | -40,99 | -41,14 | -40,21 | -38,05 | -34,61 | -29,91 |
| 6 | X_6 | 0 | 0,1954 | 0,3717 | 0,5117 | 0,6205 | 0,6325 | 0,6205 | 0,5117 | 0,3718 | 0,1954 |
| | X_6' | 3,974 | 3,779 | 3,215 | 2,336 | 1,228 | 0 | -1,228 | -2,336 | -3,215 | -3,779 |
| | X_6'' | 0 | -7,715 | -14,67 | -20,2 | -23,75 | -24,97 | -23,75 | -20,2 | -14,67 | -7,715 |
| | X_6''' | -156,9 | -149,2 | -136,9 | -92,21 | -48,48 | 0 | 48,48 | 92,21 | 126,9 | 149,2 |

| Номер тона i | a | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1 |
|----------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | | X | | | | | | | | | | |
| 1 | X_1 | 0,6325 | 0,6246 | 0,6015 | 0,5636 | 0,5117 | 0,4473 | 0,3718 | 0,2872 | 0,1935 | 0,0989 | 0 |
| | X_1' | 0 | -0,3105 | -0,6138 | -0,9019 | -1,168 | -1,405 | -1,608 | -1,771 | -1,89 | -1,963 | -1,987 |
| | X_1'' | -6,244 | -6,167 | -5,939 | -5,564 | -5,052 | -4,415 | -3,67 | -2,835 | -1,93 | -0,977 | 0 |
| | X_1''' | 0 | 3,065 | 6,059 | 8,904 | 11,53 | 13,87 | 15,87 | 17,48 | 18,66 | -19,38 | 19,62 |
| 2 | X_2 | -0,8528 | -0,8487 | -0,8226 | -0,775 | -0,7071 | -0,6204 | -0,5174 | -0,4006 | -0,2731 | -0,1384 | 0 |
| | X_2' | -0,1386 | 0,3024 | 0,7396 | 1,160 | 1,552 | 1,905 | 2,208 | 2,453 | 2,633 | 2,743 | 2,781 |
| | X_2'' | 8,779 | 8,826 | 8,62 | 8,168 | 7,484 | 6,588 | 5,507 | 4,272 | 2,916 | 1,479 | 0 |
| | X_2''' | 3,509 | -1,601 | -6,622 | -11,42 | -15,87 | -19,86 | -23,28 | -26,04 | -28,06 | -29,3 | -29,71 |
| 3 | X_3 | 0,7317 | 0,7456 | 0,7373 | 0,7064 | 0,6535 | 0,5801 | 0,4881 | 0,3806 | 0,2608 | 0,1325 | 0 |
| | X_3' | 0,4938 | 0,0579 | -0,3927 | -0,8407 | -1,269 | -1,662 | -2,005 | -2,286 | -2,494 | -2,622 | -2,665 |
| | X_3'' | -8,455 | -8,924 | -9,044 | -8,820 | -8,265 | -7,406 | -6,275 | -4,916 | -3,379 | -1,721 | 0 |
| | X_3''' | -12,83 | -5,896 | 1,070 | 7,852 | 14,24 | 20,03 | 25,05 | 29,13 | 32,15 | 34 | 34,62 |
| 4 | X_4 | -0,5445 | -0,5783 | -0,5913 | -0,5821 | -0,5505 | -0,4973 | -0,4243 | -0,3342 | -0,2306 | -0,1177 | 0 |
| | X_4' | -0,8692 | -0,4739 | -0,0406 | 0,4089 | 0,8528 | 1,27 | 1,641 | 1,949 | 2,18 | 2,322 | 2,37 |
| | X_4'' | 7,385 | 8,358 | 8,901 | 9,006 | 8,68 | 7,945 | 6,842 | 5,425 | 3,76 | 1,923 | 0 |
| | X_4''' | 23,59 | 15,21 | 6,49 | -2,265 | -10,71 | -18,53 | -25,41 | -31,07 | -35,28 | -37,88 | -38,76 |
| 5 | X_5 | 0,2942 | 0,3302 | 0,3519 | 0,3578 | 0,3469 | 0,3195 | 0,2767 | 0,2204 | 0,1532 | 0,0785 | 0 |
| | X_5' | 0,8457 | 0,5846 | 0,2802 | -0,0492 | -0,3847 | -0,7073 | -0,9992 | -1,245 | -1,23 | -1,545 | -1,584 |
| | X_5'' | -4,673 | -5,713 | -6,401 | -6,713 | -6,643 | -6,203 | -5,422 | -4,345 | -3,034 | -1,559 | 0 |
| | X_5''' | -24,1 | -17,38 | -10,05 | -2,412 | 5,168 | 12,34 | 18,75 | 24,1 | 28,12 | 30,61 | 31,46 |
| 6 | X_6 | 0 | -0,1954 | -0,3717 | -0,5117 | -0,6205 | -0,6325 | -0,6205 | -0,5117 | -0,3717 | -0,1954 | 0 |
| | X_6' | -3,974 | -3,779 | -3,215 | -2,336 | -1,228 | 0 | 1,228 | 2,336 | 3,215 | 3,779 | 3,974 |
| | X_6'' | 0 | 7,715 | 14,67 | 20,2 | 23,75 | 24,97 | 23,75 | 20,2 | 14,67 | 7,715 | 0 |
| | X_6''' | 156,9 | 149,2 | 126,9 | 92,21 | 48,48 | 0 | -48,48 | -92,21 | -126,9 | -149,2 | -156,9 |

ТАБЛИЦЫ ФУНКЦИЙ Φ_z и Φ_M ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАИБОЛЬШИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ z_0 И ИЗГИБАЮЩИХ МОМЕНТОВ M_0 , ВОЗНИКАЮЩИХ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛКАХ И ПЛИТАХ ПРИ ДЕЙСТВИИ НА НИХ МГНОВЕННЫХ ИМПУЛЬСОВ

1. Назначение таблиц

Предельный идеальный случай — мгновенное действие импульса заданной величины — при прочих равных условиях является наиболее невыгодным. В тех случаях когда импульс заданной величины может быть условно отнесен к мгновенному (пп. 2.3 и 2.4 инструкции), определение наибольших перемещений z_0 и изгибающих моментов M_0 в железобетонных балках и плитах по формулам прил. 2, раздел Б при наличии таблиц настоящего приложения не составляет труда.

В случаях когда импульс не может быть отнесен к мгновенному, настоящими таблицами можно пользоваться для предварительной проверки запроектированной конструкции на динамическую прочность или допускаемые колебания с заведомым запасом, предположив импульс мгновенным. Если в итоге такой проверки все требования удовлетворяются, расчет можно считать законченным. В противном случае расчет следует произвести с учетом продолжительности импульса по формулам прил. 2.

2. Содержание таблиц

Таблицы состоят из трех основных групп:

- А. Однопролетные балки (табл. 40—44).
- Б. Неразрезные равнопролетные балки (табл. 45—53).

В. Прямоугольные плиты (табл. 54—59).

Каждая группа таблиц делится в свою очередь на две неравные подгруппы: первая (большая) соответствует сосредоточенному импульсу, а вторая — равномерно распределенному импульсу. Кроме того, каждая таблица подразделяется на две — соответственно двум значениям коэффициента внутреннего трения для железобетона: $\gamma = 0,05$ (для импульсов 1-й и 2-й категорий) и $\gamma = 0,1$ (для импульсов 3-й и 4-й категорий).

3. Особенность таблиц

Ряды для Φ_z и Φ_M , через которые выражаются перемещение z_0 и изгибающий момент M_0 в балках и плитах, являющихся системами с бесконечно большим числом степеней свободы, сходятся наиболее медленно именно для мгновенного импульса при прочих равных условиях. При табулировании сумм этих рядов удерживалось конечное число членов ряда, а именно 5 членов для однопролетных балок, $N + 1$ членов для N -пролетных балок и 25 членов для плит. При этом влияние отброшенных членов ряда на величину Φ_M было еще достаточно существенным. Однако с физической точки зрения учет отброшенных членов ряда нельзя обосновать по двум соображениям.

Во-первых, мгновенный импульс является идеализацией; в действительности продолжительность наиболее кратковременного импульса отлична от нуля и для промышленных импульсных нагрузок может быть оценена величиной порядка $\tau_{\min} = 0,001$ сек; тот же порядок имеет и период высшей гармоники, удержанной при табулировании, если учесть, что основной период

балок и плит обычно не более 0,1 сек; поэтому фактическое влияние этой высокой гармоника и следующих за ней будет незначительным (см. п. 2.6 инструкции).

Во-вторых, эти ряды суммируются по модулям членов с целью оценить наибольшие во времени вероятные значения Φ_z и Φ_M , что дает всегда оценку сверху.

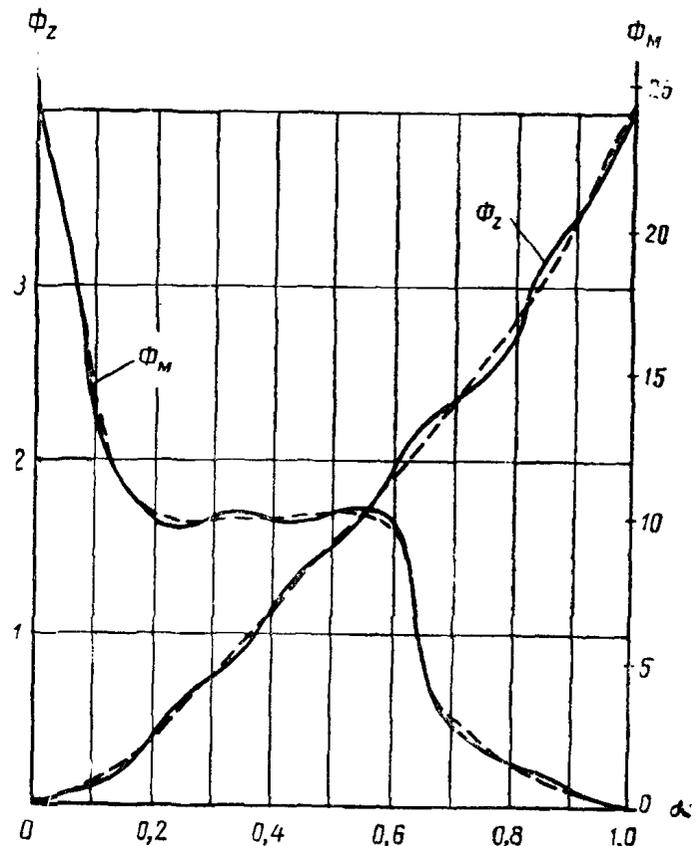


Рис. 13. Кривые $\Phi_z(\alpha)$ и $\Phi_M(\alpha)$ для консоли, построенные по табличным значениям функций

Но удержание ограниченного числа членов медленно сходящегося ряда неизбежно приводит к тому, что табличные значения функций $\Phi_z(\alpha)$ и $\Phi_M(\alpha)$ для балок и функций $\Phi_z(z, \beta)$ и $\Phi_M(z, \beta)$ для плит слабо колеблются вокруг некоторых средних переменных величин. На рис. 13 для консоли, на конец которой действует импульс, показаны сплошными линиями кривые $\Phi_z(\alpha)$ и $\Phi_M(\alpha)$, построенные по табл. 40, подтверждающие сказанное. При желании исключить эти колебания можно провести среднюю кривую, показанную на рис. 13 пунктиром.

Для немгновенных импульсов эти колебания будут тем меньше, а сами кривые будут располагаться тем ниже, чем больше продолжительность импульса.

А. ОДНОПРОЛЕТНЫЕ БАЛКИ

Таблица 40

1. Сосредоточенный импульс

Балка с левым защемленным и правым свободным концами

| α_0 | Φ | $\gamma = 0,1$ | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | Значения α | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,1 | Φ_z | 0 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,08 | 0,11 |
| | Φ_M | 2,3 | 0,8 | 0,8 | 1,1 | 1,1 | 0,9 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 0,5 | 0 |
| 0,2 | Φ_z | 0 | 0,03 | 0,08 | 0,12 | 0,16 | 0,17 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,27 | 0,4 |
| | Φ_M | 6,4 | 2,6 | 2,2 | 3 | 3,2 | 2,7 | 3,4 | 3,4 | 2,7 | 1,1 | 0 |
| 0,3 | Φ_z | 0 | 0,04 | 0,12 | 0,21 | 0,28 | 0,32 | 0,38 | 0,39 | 0,4 | 0,55 | 0,76 |
| | Φ_M | 9,4 | 4,5 | 3 | 4,4 | 4,9 | 4,2 | 5,1 | 4,8 | 3,4 | 1 | 0 |
| 0,4 | Φ_z | 0 | 0,05 | 0,16 | 0,28 | 0,4 | 0,48 | 0,57 | 0,61 | 0,65 | 0,88 | 1,15 |
| | Φ_M | 11,2 | 6,1 | 3,6 | 5 | 5,9 | 5,5 | 5,1 | 5,1 | 3,1 | 1,1 | 0 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 0,05 | 0,17 | 0,32 | 0,48 | 0,63 | 0,75 | 0,83 | 0,93 | 1,23 | 1,54 |
| | Φ_M | 11,3 | 7,1 | 4,1 | 4,9 | 5,9 | 6,4 | 5,5 | 4,2 | 2,7 | 0,9 | 0 |
| 0,6 | Φ_z | 0 | 0,06 | 0,2 | 0,38 | 0,57 | 0,75 | 0,94 | 1,1 | 1,27 | 1,6 | 1,97 |
| | Φ_M | 13,2 | 8,3 | 5,6 | 6,4 | 6,7 | 5,9 | 5,9 | 4,9 | 3,2 | 1,1 | 0 |
| 0,7 | Φ_z | 0 | 0,06 | 0,2 | 0,39 | 0,61 | 0,83 | 1,1 | 1,36 | 1,61 | 1,96 | 2,35 |
| | Φ_M | 13,2 | 8,6 | 7 | 7,1 | 6,4 | 4,9 | 5 | 4,4 | 3,0 | 1,1 | 0 |
| 0,8 | Φ_z | 0 | 0,05 | 0,2 | 0,4 | 0,65 | 0,93 | 1,27 | 1,61 | 1,96 | 2,33 | 2,74 |
| | Φ_M | 12,1 | 8,8 | 7,9 | 7,0 | 5,6 | 4,1 | 3,6 | 3 | 2,2 | 0,8 | 0 |
| 0,9 | Φ_z | 0 | 0,08 | 0,27 | 0,55 | 0,88 | 1,23 | 1,6 | 1,96 | 2,33 | 2,86 | 3,41 |
| | Φ_M | 16,6 | 12,2 | 8,8 | 8,6 | 8,3 | 7,1 | 6,1 | 4,5 | 2,6 | 0,8 | 0 |
| 1 | Φ_z | 0 | 0,11 | 0,4 | 0,76 | 1,15 | 1,54 | 1,97 | 2,35 | 2,74 | 3,41 | 4,16 |
| | Φ_M | 24,2 | 14 | 10,1 | 10,1 | 10,1 | 10,3 | 10,1 | 1,4 | 6,1 | 2,1 | 0 |

Продолжение табл. 40

| α_0 | Φ | $\gamma = 0,05$ | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | Значения α | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,1 | Φ_z | 0 | 0,02 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,09 | 0,15 |
| | Φ_M | 5,1 | 1,4 | 2,3 | 2,3 | 2,5 | 1,8 | 2,6 | 2,6 | 2,9 | 1,4 | 0 |
| 0,2 | Φ_z | 0 | 0,05 | 0,12 | 0,28 | 0,21 | 0,21 | 0,25 | 0,25 | 0,23 | 0,31 | 0,49 |
| | Φ_M | 12,2 | 3,9 | 4,9 | 5,7 | 6 | 4,7 | 6,3 | 6,5 | 6,4 | 2,9 | 0 |
| 0,3 | Φ_z | 0 | 0,06 | 0,18 | 0,28 | 0,35 | 0,38 | 0,44 | 0,46 | 0,44 | 0,61 | 0,89 |
| | Φ_M | 14,9 | 6 | 5,1 | 7,1 | 7,5 | 6 | 7,9 | 8,1 | 6,5 | 2,6 | 0 |
| 0,4 | Φ_z | 0 | 0,07 | 0,21 | 0,35 | 0,48 | 0,55 | 0,64 | 0,68 | 0,7 | 0,96 | 1,3 |
| | Φ_M | 16,6 | 7,8 | 5,6 | 7,4 | 8,7 | 7,3 | 8,9 | 7,9 | 6,3 | 2,6 | 0 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 0,06 | 0,21 | 0,38 | 0,55 | 0,71 | 0,82 | 0,89 | 0,99 | 1,31 | 1,69 |
| | Φ_M | 15,2 | 8,2 | 5,6 | 6,3 | 7,7 | 9 | 7,3 | 6 | 4,7 | 1,8 | 0 |
| 0,6 | Φ_z | 0 | 0,08 | 0,25 | 0,44 | 0,64 | 0,82 | 1,02 | 1,18 | 1,34 | 1,7 | 2,14 |
| | Φ_M | 18,3 | 10 | 7,7 | 8,7 | 9,4 | 7,7 | 8,7 | 7,5 | 6 | 2,5 | 0 |
| 0,7 | Φ_z | 0 | 0,08 | 0,25 | 0,46 | 0,68 | 0,89 | 1,18 | 1,45 | 1,7 | 2,06 | 2,52 |
| | Φ_M | 17,9 | 10 | 9 | 9,5 | 8,7 | 6,3 | 7,4 | 7,1 | 5,7 | 2,3 | 0 |
| 0,8 | Φ_z | 0 | 0,07 | 0,23 | 0,44 | 0,7 | 0,99 | 1,34 | 1,7 | 2,06 | 2,44 | 2,89 |
| | Φ_M | 16,6 | 9,9 | 10,3 | 9 | 7,7 | 5,6 | 5,6 | 5,1 | 4,9 | 2,3 | 0 |
| 0,9 | Φ_z | 0 | 0,09 | 0,31 | 0,61 | 0,96 | 1,31 | 1,7 | 2,06 | 2,44 | 3 | 3,61 |
| | Φ_M | 19,7 | 13,6 | 9,9 | 10 | 9,9 | 8,2 | 7,8 | 6 | 3,9 | 1,4 | 0 |
| 1 | Φ_z | 0 | 0,15 | 0,49 | 0,89 | 1,30 | 1,69 | 2,14 | 2,52 | 2,89 | 3,61 | 4,5 |
| | Φ_M | 36,8 | 19,7 | 16,6 | 17,9 | 18,3 | 15,2 | 16,6 | 14,9 | 12,2 | 5,08 | 0 |

Балка со свободно опертыми концами

| α_0 | Φ | $\gamma=0,1$ | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| | | Значения α | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,1 | Φ_z | 0 | 0,42 | 0,64 | 0,72 | 0,75 | 0,67 | 0,75 | 0,72 | 0,64 | 0,42 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 21 | 22 | 21 | 20,1 | 16,3 | 20,1 | 21 | 22 | 21 | 0 |
| 0,2 | Φ_z | 0 | 0,64 | 1,08 | 1,25 | 1,32 | 1,19 | 1,32 | 1,25 | 1,08 | 0,64 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 22 | 30,1 | 26,5 | 26,8 | 20 | 26,8 | 26,5 | 30,1 | 22 | 0 |
| 0,3 | Φ_z | 0 | 0,72 | 1,25 | 1,57 | 1,66 | 1,54 | 1,67 | 1,57 | 1,25 | 0,72 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 21 | 26,5 | 30,6 | 27 | 20,5 | 27 | 30,6 | 26,5 | 21 | 0 |
| 0,4 | Φ_z | 0 | 0,75 | 1,32 | 1,67 | 1,87 | 1,82 | 1,87 | 1,67 | 1,32 | 0,75 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 20,1 | 26,8 | 27 | 29,9 | 23,1 | 29,9 | 27 | 26,8 | 20,1 | 0 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 0,67 | 1,19 | 1,54 | 1,82 | 1,97 | 1,82 | 1,54 | 1,19 | 0,67 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 16,3 | 20 | 20,5 | 23,1 | 30,8 | 23,1 | 20,5 | 20 | 16,3 | 0 |
| 0,6 | Φ_z | 0 | 0,75 | 1,32 | 1,67 | 1,87 | 1,82 | 1,87 | 1,67 | 1,32 | 0,75 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 20,1 | 26,8 | 27 | 29,9 | 23,1 | 29,9 | 27 | 26,8 | 20,1 | 0 |
| 0,7 | Φ_z | 0 | 0,72 | 1,25 | 1,57 | 1,67 | 1,54 | 1,67 | 1,57 | 1,25 | 0,72 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 21 | 26,5 | 30,6 | 27 | 20,5 | 27 | 30,6 | 26,5 | 21 | 0 |
| 0,8 | Φ_z | 0 | 0,64 | 1,08 | 1,25 | 1,32 | 1,19 | 1,32 | 1,25 | 1,08 | 0,64 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 22 | 30,1 | 26,5 | 26,8 | 20 | 26,8 | 26,5 | 30,1 | 22 | 0 |
| 0,9 | Φ_z | 0 | 0,42 | 0,64 | 0,72 | 0,75 | 0,67 | 0,75 | 0,72 | 0,64 | 0,42 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 21 | 22 | 21 | 20,1 | 16,3 | 20,1 | 21 | 22 | 21 | 0 |
| 1 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Продолжение табл. 41

| α_0 | Φ | $\gamma=0,05$ | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| | | Значения α | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,1 | Φ_z | 0 | 0,52 | 0,75 | 0,83 | 0,85 | 0,75 | 0,85 | 0,83 | 0,75 | 0,52 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 33,6 | 29,4 | 30,9 | 27,5 | 24,5 | 27,5 | 30,9 | 29,4 | 33,6 | 0 |
| 0,2 | Φ_z | 0 | 0,75 | 1,22 | 1,37 | 1,44 | 1,28 | 1,44 | 1,37 | 1,22 | 0,75 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 29,4 | 38 | 32 | 33,7 | 24,3 | 33,7 | 32 | 38 | 29,4 | 0 |
| 0,3 | Φ_z | 0 | 0,83 | 1,37 | 1,71 | 1,78 | 1,63 | 1,78 | 1,71 | 1,37 | 0,83 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 30,9 | 32 | 40 | 32,4 | 27 | 32,4 | 40 | 32 | 30,9 | 0 |
| 0,4 | Φ_z | 0 | 0,85 | 1,44 | 1,78 | 2 | 1,92 | 2 | 1,78 | 1,44 | 0,85 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 27,5 | 33,7 | 32,4 | 37,3 | 26,2 | 37,3 | 32,4 | 33,7 | 27,5 | 0 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 0,75 | 1,28 | 1,63 | 1,92 | 2,11 | 1,92 | 1,63 | 1,28 | 0,75 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 24,5 | 24,3 | 27 | 26,2 | 40,2 | 26,2 | 27 | 24,3 | 24,5 | 0 |
| 0,6 | Φ_z | 0 | 0,85 | 1,44 | 1,78 | 2 | 1,92 | 2 | 1,78 | 1,44 | 0,85 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 27,5 | 33,7 | 32,4 | 37,3 | 26,2 | 37,3 | 32,4 | 33,7 | 27,5 | 0 |
| 0,7 | Φ_z | 0 | 0,83 | 1,37 | 1,71 | 1,78 | 1,63 | 1,78 | 1,71 | 1,37 | 0,83 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 30,9 | 32 | 40 | 32,4 | 27 | 32,4 | 40 | 32 | 30,9 | 0 |
| 0,8 | Φ_z | 0 | 0,75 | 1,22 | 1,37 | 1,44 | 1,28 | 1,44 | 1,44 | 1,21 | 0,75 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 29,4 | 38 | 32 | 33,7 | 24,3 | 33,7 | 32 | 38 | 29,4 | 0 |
| 0,9 | Φ_z | 0 | 0,52 | 0,75 | 0,83 | 0,85 | 0,75 | 0,85 | 0,83 | 0,75 | 0,52 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 33,6 | 29,4 | 30,9 | 27,5 | 24,5 | 27,5 | 30,9 | 29,4 | 33,6 | 0 |
| 1 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Балка с левым свободно опертым и правым защемленным концами

Таблица 42

| α_0 | Φ | $\gamma=0,1$ | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | Значения α | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,1 | Φ_z | 0 | 0,71 | 1,01 | 1,06 | 1,05 | 1,06 | 1,01 | 0,91 | 0,71 | 0,3 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 46,9 | 43,5 | 41,1 | 40,1 | 40,1 | 40,9 | 37,6 | 38,6 | 25,5 | 87,7 |
| 0,2 | Φ_z | 0 | 1,01 | 1,61 | 1,75 | 1,73 | 1,73 | 1,65 | 1,44 | 0,99 | 0,36 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 43,5 | 54,7 | 45,4 | 45,1 | 44 | 40,6 | 37,7 | 36,2 | 31 | 95,4 |
| 0,3 | Φ_z | 0 | 1,06 | 1,75 | 2,13 | 2,08 | 2,05 | 1,97 | 1,54 | 0,97 | 0,35 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 41,3 | 45,6 | 56,3 | 43,3 | 41,9 | 45,7 | 30,9 | 31,3 | 40,2 | 93,6 |
| 0,4 | Φ_z | 0 | 1,05 | 1,73 | 2,08 | 2,3 | 2,23 | 1,89 | 1,45 | 0,95 | 0,34 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 40,6 | 45,8 | 44 | 51,4 | 47,3 | 36,6 | 25 | 35,7 | 34,3 | 91,3 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 1,06 | 1,73 | 2,05 | 2,23 | 2,19 | 1,85 | 1,49 | 0,96 | 0,35 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 43 | 47,6 | 45,8 | 49,9 | 51,4 | 35,3 | 32,1 | 36 | 35,6 | 95,2 |
| 0,6 | Φ_z | 0 | 1,01 | 1,65 | 1,97 | 1,89 | 1,85 | 1,84 | 1,45 | 0,95 | 0,34 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 41,2 | 47,1 | 53,5 | 43 | 38,5 | 46,8 | 29,9 | 32,4 | 36,8 | 91,9 |
| 0,7 | Φ_z | 0 | 0,91 | 1,44 | 1,54 | 1,45 | 1,49 | 1,45 | 1,33 | 0,9 | 0,33 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 42,4 | 50,9 | 44,9 | 38,4 | 43 | 37,3 | 41,4 | 32,8 | 30,2 | 90,7 |
| 0,8 | Φ_z | 0 | 0,71 | 0,99 | 0,97 | 0,95 | 0,96 | 0,95 | 0,91 | 0,74 | 0,31 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 48,2 | 47,5 | 39,2 | 41,2 | 40,8 | 38,3 | 36,7 | 40,6 | 23,2 | 89,7 |
| 0,9 | Φ_z | 0 | 0,3 | 0,36 | 0,35 | 0,34 | 0,35 | 0,34 | 0,33 | 0,31 | 0,15 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 28,2 | 21,2 | 22 | 21 | 22,5 | 20,4 | 19,4 | 23 | 12,6 | 47,7 |
| 1 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Продолжение табл. 42

| α_0 | Φ | $\gamma=0,05$ | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | Значения α | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,1 | Φ_z | 0 | 0,85 | 1,13 | 1,18 | 1,17 | 1,19 | 1,13 | 1,04 | 0,86 | 0,39 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 66,8 | 54,4 | 56,4 | 53 | 56,2 | 50,8 | 47,2 | 54,2 | 34 | 119 |
| 0,2 | Φ_z | 0 | 1,13 | 1,76 | 1,87 | 1,86 | 1,87 | 1,78 | 1,58 | 1,13 | 0,42 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 54,5 | 64,5 | 52,9 | 53,8 | 52,8 | 48,4 | 45,6 | 45,6 | 35 | 114 |
| 0,3 | Φ_z | 0 | 1,18 | 1,87 | 2,3 | 2,21 | 2,18 | 2,12 | 1,67 | 1,08 | 0,42 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 56,7 | 53,1 | 71,1 | 52,2 | 53,2 | 57,5 | 40,8 | 42,2 | 48,9 | 118 |
| 0,4 | Φ_z | 0 | 1,17 | 1,86 | 2,21 | 2,45 | 2,38 | 2,02 | 1,57 | 1,07 | 0,41 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 53,4 | 54,5 | 53 | 61,9 | 57,2 | 45,7 | 31,9 | 46,9 | 39,3 | 112 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 1,19 | 1,87 | 2,18 | 2,38 | 2,35 | 1,98 | 1,62 | 1,09 | 0,42 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 58,4 | 56,5 | 57,4 | 59,8 | 65,1 | 43,9 | 43,5 | 47,7 | 42,6 | 120 |
| 0,6 | Φ_z | 0 | 1,13 | 1,78 | 2,12 | 2,02 | 1,98 | 2 | 1,58 | 1,07 | 0,41 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 54,5 | 55,3 | 65,8 | 52,2 | 47,1 | 58,6 | 36,9 | 42,9 | 43,5 | 114 |
| 0,7 | Φ_z | 0 | 1,04 | 1,58 | 1,67 | 1,57 | 1,62 | 1,57 | 1,48 | 1,03 | 0,4 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 55,6 | 59,9 | 55,5 | 46 | 55 | 44,8 | 53,4 | 42,3 | 36,6 | 113 |
| 0,8 | Φ_z | 0 | 0,86 | 1,13 | 1,08 | 1,07 | 1,09 | 1,07 | 1,03 | 0,89 | 0,39 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 66,5 | 59,3 | 52,2 | 54,2 | 54,5 | 50,8 | 47,7 | 55,8 | 30,1 | 119 |
| 0,9 | Φ_z | 0 | 0,39 | 0,42 | 0,42 | 0,41 | 0,42 | 0,41 | 0,4 | 0,39 | 0,21 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 42,9 | 27,9 | 33,7 | 29,7 | 33,7 | 29,8 | 28,5 | 34,2 | 19,1 | 69,9 |
| 1 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Балка с заземленными концами

Таблица 43

| α_0 | Φ | $\gamma=0,1$ | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | Значения α | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,1 | Φ_z | 0 | 0,28 | 0,51 | 0,54 | 0,54 | 0,46 | 0,54 | 0,54 | 0,51 | 0,28 | 0 |
| | Φ_M | 91,3 | 26,1 | 42,4 | 41,3 | 38,4 | 35,4 | 38,4 | 41,3 | 42,4 | 26,1 | 91,3 |
| 0,2 | Φ_z | 0 | 0,51 | 1,16 | 1,37 | 1,42 | 1,19 | 1,42 | 1,37 | 1,16 | 0,51 | 0 |
| | Φ_M | 153 | 39,7 | 68,9 | 67 | 70,4 | 54,5 | 70,4 | 67 | 68,9 | 39,7 | 153 |
| 0,3 | Φ_z | 0 | 0,54 | 1,37 | 1,92 | 2,04 | 1,81 | 2,04 | 1,92 | 1,37 | 0,54 | 0 |
| | Φ_M | 155 | 50,9 | 54,3 | 74,6 | 67 | 60,5 | 67 | 74,6 | 54,3 | 50,9 | 155 |
| 0,4 | Φ_z | 0 | 0,54 | 1,42 | 2,04 | 2,43 | 2,25 | 2,43 | 2,04 | 1,42 | 0,54 | 0 |
| | Φ_M | 150 | 52,5 | 52,1 | 57,7 | 77,4 | 52,1 | 77,4 | 57,7 | 52,1 | 52,5 | 150 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 0,46 | 1,19 | 1,81 | 2,25 | 2,62 | 2,25 | 1,81 | 1,19 | 0,46 | 0 |
| | Φ_M | 129 | 48,1 | 39,6 | 49,2 | 50,1 | 84,9 | 50,1 | 49,2 | 39,6 | 48,1 | 129 |
| 0,6 | Φ_z | 0 | 0,54 | 1,42 | 2,04 | 2,43 | 2,25 | 2,43 | 2,04 | 1,42 | 0,54 | 0 |
| | Φ_M | 150 | 52,5 | 52,1 | 57,7 | 77,4 | 52,1 | 77,4 | 57,7 | 52,1 | 52,5 | 150 |
| 0,7 | Φ_z | 0 | 0,54 | 1,37 | 1,92 | 2,04 | 1,81 | 2,04 | 1,92 | 1,37 | 0,54 | 0 |
| | Φ_M | 155 | 50,9 | 54,3 | 74,6 | 67 | 60,5 | 67 | 74,6 | 54,3 | 50,9 | 155 |
| 0,8 | Φ_z | 0 | 0,51 | 1,16 | 1,37 | 1,42 | 1,19 | 1,42 | 1,37 | 1,16 | 0,51 | 0 |
| | Φ_M | 153 | 39,7 | 68,9 | 67 | 70,4 | 54,5 | 70,4 | 67 | 68,9 | 39,7 | 153 |
| 0,9 | Φ_z | 0 | 0,28 | 0,51 | 0,54 | 0,54 | 0,46 | 0,54 | 0,54 | 0,51 | 0,28 | 0 |
| | Φ_M | 91,3 | 26,1 | 42,4 | 41,3 | 38,4 | 35,4 | 38,4 | 41,3 | 42,4 | 26,1 | 91,3 |
| 1 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Продолжение табл. 43

| α_0 | Φ | $\gamma=0,05$ | | | | | | | | | | |
|------------|----------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | | Значения α | | | | | | | | | | |
| | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,1 | Φ_z | 0 | 0,36 | 0,62 | 0,64 | 0,62 | 0,53 | 0,62 | 0,64 | 0,62 | 0,36 | 0 |
| | Φ_M | 123 | 36,8 | 57 | 56,7 | 49,8 | 49,5 | 49,8 | 56,7 | 57 | 36,8 | 123 |
| 0,2 | Φ_z | 0 | 0,62 | 1,34 | 1,52 | 1,57 | 1,31 | 1,57 | 1,52 | 1,34 | 0,62 | 0 |
| | Φ_M | 189 | 49 | 87,3 | 82,4 | 86,2 | 67,7 | 86,2 | 82,4 | 87,3 | 49 | 189 |
| 0,3 | Φ_z | 0 | 0,64 | 1,52 | 2,1 | 2,18 | 1,94 | 2,18 | 2,1 | 1,52 | 0,64 | 0 |
| | Φ_M | 188 | 61,8 | 67,6 | 92,3 | 77,3 | 76,1 | 77,3 | 92,3 | 67,6 | 61,8 | 188 |
| 0,4 | Φ_z | 0 | 0,62 | 1,57 | 2,18 | 2,6 | 2,37 | 2,6 | 2,18 | 1,57 | 0,62 | 0 |
| | Φ_M | 177 | 60 | 65,4 | 67,4 | 91,5 | 58,4 | 91,5 | 67,4 | 65,4 | 60 | 177 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 0,53 | 1,31 | 1,94 | 2,37 | 2,81 | 2,37 | 1,94 | 1,31 | 0,53 | 0 |
| | Φ_M | 157 | 57,4 | 50,8 | 64,1 | 56,4 | 104 | 56,4 | 64,1 | 50,8 | 57,4 | 157 |
| 0,6 | Φ_z | 0 | 0,62 | 1,57 | 2,18 | 2,6 | 2,37 | 2,6 | 2,18 | 1,57 | 0,62 | 0 |
| | Φ_M | 177 | 60 | 65,4 | 67,4 | 91,5 | 58,4 | 91,5 | 67,4 | 65,4 | 60 | 177 |
| 0,7 | Φ_z | 0 | 0,64 | 1,52 | 2,1 | 2,18 | 1,94 | 2,18 | 2,1 | 1,52 | 0,64 | 0 |
| | Φ_M | 188 | 61,8 | 67,6 | 92,3 | 77,3 | 76,1 | 77,3 | 92,3 | 67,6 | 61,8 | 188 |
| 0,8 | Φ_z | 0 | 0,62 | 1,34 | 1,52 | 1,57 | 1,31 | 1,57 | 1,52 | 1,34 | 0,62 | 0 |
| | Φ_M | 189 | 49 | 87,3 | 82,4 | 86,2 | 67,7 | 86,2 | 82,4 | 87,3 | 49 | 189 |
| 0,9 | Φ_z | 0 | 0,36 | 0,62 | 0,64 | 0,62 | 0,53 | 0,62 | 0,64 | 0,62 | 0,36 | 0 |
| | Φ_M | 123 | 36,8 | 57 | 56,7 | 49,8 | 49,5 | 49,8 | 56,7 | 57 | 36,8 | 123 |
| 1 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

I. Равномерно распределенный импульс

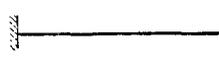
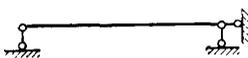
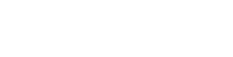
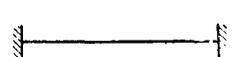
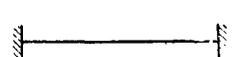
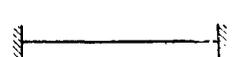
| Вид закрепления концов балки | γ | Φ | Значения α | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
|  | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,03 | 0,12 | 0,25 | 0,39 | 0,55 | 0,72 | 0,89 | 1,06 | 1,29 | 1,54 |
| | | Φ_M | 7,5 | 5,5 | 4,1 | 3,9 | 3,7 | 3,1 | 2,7 | 2 | 1,2 | 0,4 | 0 |
|  | 0,05 | Φ_z | 0 | 0,04 | 0,14 | 0,27 | 0,43 | 0,59 | 0,77 | 0,93 | 1,11 | 1,36 | 1,63 |
| | | Φ_M | 9 | 6,1 | 4,6 | 4,6 | 4,5 | 3,8 | 3,5 | 2,8 | 1,9 | 0,7 | 0 |
|  | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,38 | 0,71 | 0,96 | 1,13 | 1,2 | 1,13 | 0,96 | 0,71 | 0,38 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 5,6 | 8,8 | 10,4 | 12,3 | 14 | 12,3 | 10,4 | 8,8 | 5,6 | 0 |
|  | 0,05 | Φ_z | 0 | 0,41 | 0,75 | 1 | 1,18 | 1,26 | 1,18 | 1 | 0,75 | 0,41 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 7,1 | 9,9 | 11,6 | 13,2 | 16 | 13,2 | 11,6 | 9,9 | 7,1 | 0 |
|  | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,5 | 0,89 | 1,12 | 1,24 | 1,2 | 1 | 0,74 | 0,43 | 0,14 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 12,5 | 17,4 | 18,2 | 20,8 | 20 | 12,5 | 8,2 | 10,8 | 16,4 | 34,7 |
|  | 0,05 | Φ_z | 0 | 0,54 | 0,94 | 1,17 | 1,3 | 1,27 | 1,04 | 0,79 | 0,47 | 0,16 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 15,3 | 19,5 | 20,4 | 23,1 | 23 | 14,1 | 10,5 | 13,1 | 17,9 | 39,7 |
|  | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,19 | 0,55 | 0,89 | 1,15 | 1,29 | 1,15 | 0,89 | 0,55 | 0,19 | 0 |
| | | Φ_M | 48,7 | 20,8 | 11,3 | 16 | 21 | 31 | 21,8 | 16 | 11,3 | 20,8 | 48,7 |
|  | 0,05 | Φ_z | 0 | 0,21 | 0,58 | 0,94 | 1,2 | 1,36 | 1,2 | 0,94 | 0,58 | 0,21 | 0 |
| | | Φ_M | 55,1 | 22,9 | 13,8 | 19,1 | 23,6 | 35,4 | 23,6 | 19,1 | 13,8 | 22,9 | 55,1 |

Таблица 45

Б. НЕРАЗРЕЗНЫЕ РАВНОПРОЛЕТНЫЕ БАЛКИ СО СВОБОДНО ОПЕРТЫМИ КОНЦАМИ

1. Сосредоточенный импульс

Двухпролетная балка, 1-й пролет

| α | Φ | $\gamma = 0,1$ | | | | | | | | | $\gamma = 0,05$ | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | σ_0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 0 | Φ_z | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Φ_M | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0,1 | Φ_z | | 0,24 | 0,43 | 0,55 | 0,57 | 0,51 | 0,53 | 0,47 | 0,34 | 0,17 | 0,26 | 0,47 | 0,59 | 0,61 | 0,54 | 0,56 | 0,5 | 0,37 | 0,19 |
| | Φ_M | | 4,64 | 8,1 | 9,4 | 8,6 | 6,1 | 7,9 | 8,3 | 6,7 | 3,7 | 5,2 | 9 | 10,4 | 9,4 | 6,5 | 8,6 | 9,2 | 7,6 | 4,1 |
| 0,2 | Φ_z | | 0,43 | 0,79 | 1 | 1,06 | 0,97 | 0,97 | 0,85 | 0,62 | 0,31 | 0,47 | 0,85 | 1,08 | 1,13 | 1,02 | 1,03 | 0,91 | 0,67 | 0,34 |
| | Φ_M | | 8 | 14 | 16,6 | 15,5 | 11,5 | 14,2 | 14,4 | 11,6 | 6,3 | 8,9 | 15,6 | 18,3 | 16,8 | 12,1 | 15,4 | 16 | 13 | 7 |
| 0,3 | Φ_z | | 0,55 | 1 | 1,3 | 1,4 | 1,31 | 1,28 | 1,1 | 0,78 | 0,38 | 0,59 | 1,08 | 1,38 | 1,48 | 1,37 | 1,36 | 1,17 | 0,84 | 0,41 |
| | Φ_M | | 9,4 | 16,5 | 19,9 | 19,3 | 15,3 | 17,6 | 17,1 | 13,3 | 7 | 10,3 | 18,1 | 21,8 | 20,8 | 16,1 | 19 | 18,8 | 14,8 | 7,9 |
| 0,4 | Φ_z | | 0,57 | 1,06 | 1,4 | 1,54 | 1,5 | 1,41 | 1,17 | 0,81 | 0,39 | 0,61 | 1,13 | 1,48 | 1,63 | 1,57 | 1,49 | 1,24 | 0,86 | 0,42 |
| | Φ_M | | 8,4 | 15,1 | 19 | 19,5 | 17 | 17,7 | 16 | 11,8 | 5,9 | 9,1 | 16,4 | 20,4 | 20,8 | 17,9 | 18,9 | 17,2 | 12,8 | 6,5 |
| 0,5 | Φ_z | | 0,51 | 0,97 | 1,31 | 1,5 | 1,52 | 1,37 | 1,09 | 0,73 | 0,34 | 0,54 | 1,02 | 1,37 | 1,57 | 1,59 | 1,44 | 1,15 | 0,76 | 0,35 |
| | Φ_M | | 5,7 | 10,6 | 14,4 | 16,4 | 16,5 | 14,8 | 11,7 | 7,7 | 3,5 | 6 | 11,2 | 15,1 | 17,2 | 17,3 | 15,6 | 12,3 | 8 | 3,7 |
| 0,6 | Φ_z | | 0,53 | 0,97 | 1,28 | 1,41 | 1,37 | 1,31 | 1,1 | 0,77 | 0,38 | 0,56 | 1,03 | 1,36 | 1,49 | 1,44 | 1,38 | 1,17 | 0,82 | 0,4 |
| | Φ_M | | 7,1 | 12,7 | 15,8 | 16 | 13,7 | 14,9 | 14 | 10,7 | 5,6 | 7,8 | 13,8 | 17,1 | 17,1 | 14,4 | 16 | 15,1 | 11,7 | 6,2 |
| 0,7 | Φ_z | | 0,47 | 0,85 | 1,1 | 1,17 | 1,09 | 1,1 | 0,97 | 0,71 | 0,37 | 0,5 | 0,91 | 1,17 | 1,24 | 1,15 | 1,17 | 1,04 | 0,77 | 0,39 |
| | Φ_M | | 6,9 | 11,9 | 13,9 | 12,6 | 8,9 | 12,3 | 13,4 | 11,3 | 6,4 | 7,7 | 13,3 | 15,3 | 13,7 | 9,3 | 13,3 | 14,8 | 12,6 | 7,2 |
| 0,8 | Φ_z | | 0,34 | 0,62 | 0,78 | 0,81 | 0,73 | 0,77 | 0,71 | 0,54 | 0,29 | 0,37 | 0,67 | 0,84 | 0,86 | 0,76 | 0,82 | 0,77 | 0,59 | 0,31 |
| | Φ_M | | 6,8 | 11,7 | 13,6 | 12,1 | 8,2 | 11,5 | 12,5 | 10,6 | 6 | 7,6 | 13,1 | 15 | 13,2 | 8,6 | 12,6 | 13,9 | 11,9 | 6,7 |
| 0,9 | Φ_z | | 0,17 | 0,31 | 0,38 | 0,39 | 0,34 | 0,38 | 0,37 | 0,29 | 0,16 | 0,19 | 0,34 | 0,41 | 0,42 | 0,35 | 0,4 | 0,39 | 0,31 | 0,17 |
| | Φ_M | | 6,3 | 11,2 | 13,6 | 13,2 | 10,5 | 11,6 | 10,8 | 8,1 | 4,1 | 7 | 12,3 | 14,8 | 14,2 | 11,1 | 12,5 | 11,9 | 9 | 4,6 |
| 1 | Φ_z | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Φ_M | | 4,9 | 9 | 11,9 | 13,2 | 12,6 | 10,5 | 7,4 | 4 | 1,2 | 5,2 | 9,6 | 12,7 | 14 | 13,4 | 11,2 | 7,9 | 4,2 | 1,2 |

Трехпролетная балка, 1-й пролет

| $\alpha \backslash \alpha_0$ | | $\gamma = 0,1$ | | | | | | | | | $\gamma = 0,05$ | | | | | | | | |
|------------------------------|----------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0,1 | Φ_z | 0,22 | 0,4 | 0,52 | 0,55 | 0,51 | 0,5 | 0,43 | 0,3 | 0,16 | 0,24 | 0,43 | 0,55 | 0,59 | 0,54 | 0,53 | 0,46 | 0,33 | 0,17 |
| | Φ_M | 3,9 | 6,8 | 8,2 | 7,9 | 6,2 | 7,1 | 6,9 | 5,3 | 3 | 4,3 | 7,5 | 9 | 8,5 | 6,5 | 7,7 | 7,5 | 5,9 | 3,3 |
| 0,2 | Φ_z | 0,4 | 0,74 | 0,95 | 1,03 | 0,96 | 0,93 | 0,79 | 0,55 | 0,29 | 0,43 | 0,79 | 1,01 | 1,09 | 1,01 | 0,99 | 0,84 | 0,59 | 0,31 |
| | Φ_M | 6,8 | 12 | 14,6 | 14,3 | 11,5 | 12,9 | 12,2 | 9,3 | 5,1 | 7,5 | 13,2 | 15,9 | 15,4 | 12,1 | 13,8 | 13,3 | 10,3 | 5,7 |
| 0,3 | Φ_z | 0,52 | 0,95 | 1,24 | 1,36 | 1,3 | 1,24 | 1,03 | 0,71 | 0,37 | 0,55 | 1,01 | 1,32 | 1,44 | 1,37 | 1,31 | 1,09 | 0,76 | 0,39 |
| | Φ_M | 8,1 | 14,5 | 18 | 18,1 | 15,3 | 16,2 | 14,8 | 11 | 6 | 8,9 | 15,8 | 19,4 | 19,3 | 16,1 | 17,4 | 16,1 | 12 | 6,6 |
| 0,4 | Φ_z | 0,55 | 1,03 | 1,36 | 1,52 | 1,49 | 1,38 | 1,13 | 0,76 | 0,39 | 0,59 | 1,09 | 1,44 | 1,6 | 1,56 | 1,45 | 1,19 | 0,81 | 0,41 |
| | Φ_M | 7,6 | 13,9 | 17,7 | 18,7 | 17 | 16,8 | 14,5 | 10,2 | 5,4 | 8,2 | 15 | 19 | 19,9 | 17,9 | 17,9 | 15,5 | 11,1 | 5,9 |
| 0,5 | Φ_z | 0,51 | 0,96 | 1,3 | 1,49 | 1,5 | 1,36 | 1,08 | 0,72 | 0,36 | 0,54 | 1,01 | 1,37 | 1,56 | 1,58 | 1,42 | 1,13 | 0,75 | 0,37 |
| | Φ_M | 5,7 | 10,7 | 14,4 | 16,4 | 16,4 | 14,7 | 11,6 | 7,5 | 3,7 | 6 | 11,2 | 15,1 | 17,2 | 17,3 | 15,5 | 12,1 | 7,9 | 3,9 |
| 0,6 | Φ_z | 0,5 | 0,93 | 1,24 | 1,38 | 1,36 | 1,27 | 1,05 | 0,73 | 0,37 | 0,53 | 0,99 | 1,31 | 1,45 | 1,42 | 1,34 | 1,11 | 0,77 | 0,39 |
| | Φ_M | 6,2 | 11,3 | 14,3 | 15 | 13,5 | 13,9 | 12,5 | 9,3 | 4,9 | 6,7 | 12,2 | 15,4 | 15,9 | 14,2 | 14,8 | 13,4 | 10 | 5,4 |
| 0,7 | Φ_z | 0,43 | 0,79 | 1,03 | 1,13 | 1,08 | 1,05 | 0,91 | 0,65 | 0,34 | 0,46 | 0,84 | 1,09 | 1,19 | 1,13 | 1,11 | 0,96 | 0,69 | 0,36 |
| | Φ_M | 5,8 | 10,2 | 12,3 | 11,8 | 9,4 | 11,3 | 11,4 | 9,2 | 5,1 | 6,4 | 11,2 | 13,4 | 12,7 | 9,8 | 12,2 | 12,5 | 10,1 | 5,7 |
| 0,8 | Φ_z | 0,3 | 0,55 | 0,71 | 0,76 | 0,72 | 0,73 | 0,65 | 0,48 | 0,25 | 0,33 | 0,59 | 0,76 | 0,81 | 0,75 | 0,69 | 0,52 | 0,27 | 0,15 |
| | Φ_M | 5,1 | 8,9 | 10,4 | 9,4 | 6,7 | 8,5 | 8,8 | 7,1 | 4,1 | 5,7 | 9,8 | 11,4 | 10,3 | 7 | 9,3 | 9,7 | 7,9 | 4,7 |
| 0,9 | Φ_z | 0,16 | 0,29 | 0,37 | 0,39 | 0,36 | 0,37 | 0,34 | 0,25 | 0,13 | 0,17 | 0,31 | 0,39 | 0,41 | 0,37 | 0,39 | 0,36 | 0,27 | 0,15 |
| | Φ_M | 5,2 | 9,2 | 11,2 | 11,1 | 9 | 9,2 | 8 | 5,6 | 3,2 | 5,7 | 10 | 12,2 | 11,9 | 9,6 | 9,9 | 8,8 | 6,2 | 3,5 |
| 1 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 5,1 | 9,5 | 12,5 | 13,7 | 13,1 | 10,8 | 7,5 | 3,9 | 1,9 | 5,5 | 10,2 | 13,3 | 14,6 | 13,9 | 11,5 | 7,9 | 4,1 | 2 |

Таблица 47

Трехпролетная балка, 2-й пролет

| $\alpha \backslash \alpha_0$ | | $\gamma = 0,1$ | | | | | | | | | $\gamma = 0,05$ | | | | | | | | |
|------------------------------|----------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 3,2 | 6,9 | 10 | 11,9 | 12,1 | 11,9 | 10 | 6,9 | 3,2 | 3,4 | 7,4 | 10,7 | 12,8 | 13,1 | 12,8 | 10,7 | 7,4 | 3,4 |
| 0,1 | Φ_z | 0,14 | 0,26 | 0,33 | 0,35 | 0,32 | 0,35 | 0,33 | 0,26 | 0,14 | 0,15 | 0,28 | 0,36 | 0,38 | 0,34 | 0,38 | 0,36 | 0,28 | 0,15 |
| | Φ_M | 4,1 | 7,4 | 9,3 | 9,2 | 7,5 | 9,2 | 9,3 | 7,4 | 4,1 | 4,5 | 8,2 | 10,2 | 10 | 8 | 10 | 10,2 | 8,2 | 4,5 |
| 0,2 | Φ_z | 0,26 | 0,49 | 0,65 | 0,72 | 0,68 | 0,72 | 0,65 | 0,49 | 0,26 | 0,28 | 0,53 | 0,7 | 0,76 | 0,72 | 0,76 | 0,7 | 0,53 | 0,28 |
| | Φ_M | 4,5 | 7,4 | 8,2 | 6,8 | 3,9 | 6,8 | 8,2 | 7,4 | 4,5 | 5 | 8,3 | 9,1 | 7,5 | 4,1 | 7,5 | 9,1 | 8,3 | 5 |
| 0,3 | Φ_z | 0,33 | 0,65 | 0,9 | 1,01 | 1 | 1,01 | 0,9 | 0,65 | 0,33 | 0,36 | 0,7 | 0,96 | 1,08 | 1,05 | 1,08 | 0,96 | 0,7 | 0,36 |
| | Φ_M | 5,6 | 10,3 | 12,7 | 12,6 | 10,2 | 12,6 | 12,7 | 10,3 | 5,6 | 6,3 | 11,3 | 14 | 13,6 | 10,8 | 13,6 | 14 | 11,3 | 6,3 |
| 0,4 | Φ_z | 0,35 | 0,72 | 1,01 | 1,19 | 1,21 | 1,19 | 1,01 | 0,72 | 0,35 | 0,37 | 0,76 | 1,08 | 1,26 | 1,29 | 1,26 | 1,08 | 0,76 | 0,37 |
| | Φ_M | 5,3 | 10,4 | 13,9 | 15,3 | 14,3 | 15,3 | 13,9 | 10,3 | 5,3 | 5,8 | 11,3 | 15,1 | 16,4 | 15,2 | 16,4 | 15,1 | 11,3 | 5,8 |
| 0,5 | Φ_z | 0,32 | 0,68 | 1 | 1,21 | 1,29 | 1,21 | 1 | 0,68 | 0,32 | 0,34 | 0,72 | 1,05 | 1,29 | 1,37 | 1,29 | 1,05 | 0,72 | 0,34 |
| | Φ_M | 3,7 | 8,1 | 12,1 | 14,8 | 15,8 | 14,8 | 12,1 | 8,1 | 3,7 | 3,9 | 8,6 | 12,8 | 15,7 | 16,8 | 15,7 | 12,8 | 8,6 | 3,9 |
| 0,6 | Φ_z | 0,35 | 0,72 | 1,01 | 1,19 | 1,21 | 1,19 | 1,01 | 0,72 | 0,35 | 0,37 | 0,76 | 1,08 | 1,26 | 1,29 | 1,26 | 1,08 | 0,76 | 0,37 |
| | Φ_M | 5,3 | 10,4 | 13,9 | 15,3 | 14,3 | 15,3 | 13,9 | 10,4 | 5,3 | 5,8 | 11,3 | 15,1 | 16,4 | 15,2 | 16,4 | 15,1 | 11,3 | 5,8 |
| 0,7 | Φ_z | 0,33 | 0,65 | 0,9 | 1,01 | 1 | 1,01 | 0,9 | 0,65 | 0,33 | 0,36 | 0,7 | 0,96 | 1,08 | 1,05 | 1,08 | 0,96 | 0,7 | 0,36 |
| | Φ_M | 5,6 | 10,3 | 12,7 | 12,6 | 10,2 | 12,6 | 12,7 | 10,3 | 5,6 | 6,3 | 11,3 | 14 | 13,6 | 10,8 | 13,6 | 14 | 11,3 | 6,3 |
| 0,8 | Φ_z | 0,26 | 0,49 | 0,65 | 0,72 | 0,68 | 0,72 | 0,65 | 0,49 | 0,26 | 0,28 | 0,53 | 0,7 | 0,76 | 0,72 | 0,76 | 0,7 | 0,53 | 0,28 |
| | Φ_M | 4,5 | 7,4 | 8,2 | 6,8 | 3,9 | 6,8 | 8,2 | 7,4 | 4,5 | 5 | 8,3 | 9,1 | 7,5 | 4,1 | 7,5 | 9,1 | 8,3 | 5 |
| 0,9 | Φ_z | 0,14 | 0,26 | 0,33 | 0,35 | 0,32 | 0,35 | 0,33 | 0,26 | 0,14 | 0,15 | 0,28 | 0,36 | 0,38 | 0,34 | 0,38 | 0,36 | 0,28 | 0,15 |
| | Φ_M | 4,1 | 7,4 | 9,3 | 9,2 | 7,5 | 9,2 | 9,3 | 7,4 | 4,1 | 4,5 | 8,2 | 10,2 | 10 | 8 | 10 | 10,2 | 8,2 | 4,5 |
| 1 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 3,2 | 6,9 | 10 | 11,9 | 12,1 | 11,9 | 10 | 6,9 | 3,2 | 3,4 | 7,4 | 10,7 | 12,8 | 13 | 12,8 | 10,7 | 7,4 | 3,4 |

Четырехпролетная балка, 1-й пролет

| α | α_0 Φ | $\gamma=0,1$ | | | | | | | | | $\gamma=0,05$ | | | | | | | | |
|----------|----------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0,1 | Φ_z | 0,21 | 0,38 | 0,5 | 0,54 | 0,51 | 0,49 | 0,41 | 0,29 | 0,15 | 0,22 | 0,41 | 0,53 | 0,57 | 0,54 | 0,52 | 0,44 | 0,31 | 0,16 |
| | Φ_M | 3,5 | 6,1 | 7,5 | 7,5 | 6,2 | 6,7 | 6,2 | 4,7 | 2,6 | 3,8 | 6,7 | 8,2 | 8 | 6,5 | 7,2 | 6,7 | 5,1 | 2,8 |
| 0,2 | Φ_z | 0,38 | 0,71 | 0,92 | 1,01 | 0,96 | 0,91 | 0,76 | 0,53 | 0,27 | 0,41 | 0,76 | 0,98 | 1,07 | 1,02 | 0,97 | 0,81 | 0,56 | 0,29 |
| | Φ_M | 6,1 | 11 | 13,5 | 13,6 | 11,5 | 12,2 | 11,1 | 8,2 | 4,5 | 6,7 | 11,9 | 14,7 | 14,6 | 12,2 | 13,1 | 12 | 9 | 5 |
| 0,3 | Φ_z | 0,5 | 0,92 | 1,22 | 1,34 | 1,3 | 1,22 | 1 | 0,69 | 0,35 | 0,53 | 0,98 | 1,29 | 1,42 | 1,37 | 1,28 | 1,06 | 0,73 | 0,37 |
| | Φ_M | 7,4 | 13,4 | 16,9 | 17,4 | 15,3 | 15,6 | 13,7 | 9,9 | 5,4 | 8,1 | 14,5 | 18,2 | 18,6 | 16,1 | 16,6 | 14,8 | 10,8 | 5,9 |
| 0,4 | Φ_z | 0,54 | 1,01 | 1,34 | 1,5 | 1,49 | 1,37 | 1,11 | 0,75 | 0,38 | 0,57 | 1,07 | 1,42 | 1,58 | 1,56 | 1,44 | 1,17 | 0,79 | 0,4 |
| | Φ_M | 7,2 | 13,2 | 17,1 | 18,3 | 17,1 | 16,4 | 13,8 | 9,6 | 5 | 7,8 | 14,2 | 18,2 | 19,4 | 17,9 | 17,4 | 14,7 | 10,3 | 5,4 |
| 0,5 | Φ_z | 0,51 | 0,96 | 1,3 | 1,49 | 1,5 | 1,36 | 1,08 | 0,72 | 0,35 | 0,54 | 1,01 | 1,37 | 1,56 | 1,58 | 1,42 | 1,13 | 0,75 | 0,37 |
| | Φ_M | 5,7 | 10,7 | 14,4 | 16,4 | 16,4 | 14,7 | 11,5 | 7,6 | 3,7 | 6 | 11,2 | 15,1 | 17,2 | 17,3 | 15,5 | 12,1 | 7,9 | 3,9 |
| 0,6 | Φ_z | 0,49 | 0,91 | 1,22 | 1,37 | 1,36 | 1,26 | 1,04 | 0,71 | 0,36 | 0,52 | 0,97 | 1,28 | 1,44 | 1,42 | 1,33 | 1,09 | 0,75 | 0,38 |
| | Φ_M | 5,8 | 10,6 | 13,6 | 14,6 | 13,5 | 13,5 | 11,8 | 8,6 | 4,5 | 6,2 | 11,4 | 14,6 | 15,4 | 14,2 | 14,3 | 12,6 | 9,3 | 4,8 |
| 0,7 | Φ_z | 0,41 | 0,76 | 1 | 1,11 | 1,08 | 1,04 | 0,88 | 0,62 | 0,32 | 0,44 | 0,81 | 1,06 | 1,17 | 1,13 | 1,09 | 0,93 | 0,66 | 0,34 |
| | Φ_M | 5,1 | 9,1 | 11,2 | 11,1 | 9,3 | 10,6 | 10,2 | 8 | 4,4 | 5,6 | 9,9 | 12,1 | 11,9 | 9,8 | 11,3 | 11,1 | 8,8 | 4,9 |
| 0,8 | Φ_z | 0,29 | 0,53 | 0,69 | 0,75 | 0,72 | 0,71 | 0,62 | 0,45 | 0,23 | 0,31 | 0,56 | 0,73 | 0,79 | 0,75 | 0,75 | 0,66 | 0,49 | 0,25 |
| | Φ_M | 4,7 | 8,4 | 10,1 | 9,7 | 7,6 | 8,6 | 8,3 | 6,4 | 3,7 | 5,2 | 9,2 | 11 | 10,4 | 8,01 | 9,3 | 9,1 | 7,1 | 4,2 |
| 0,9 | Φ_z | 0,15 | 0,27 | 0,35 | 0,38 | 0,35 | 0,36 | 0,32 | 0,23 | 0,12 | 0,16 | 0,29 | 0,37 | 0,4 | 0,37 | 0,38 | 0,34 | 0,25 | 0,13 |
| | Φ_M | 4,5 | 8 | 9,9 | 9,8 | 8,1 | 7,9 | 6,6 | 4,4 | 2,6 | 4,9 | 8,7 | 10,7 | 10,6 | 8,6 | 8,5 | 7,2 | 4,9 | 2,9 |
| 1 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 5,22 | 9,6 | 12,6 | 13,8 | 13,1 | 10,8 | 7,5 | 4 | 2 | 5,5 | 10,2 | 13,4 | 14,7 | 14 | 11,5 | 7,9 | 4,2 | 2,2 |

Таблица 49

Четырехпролетная балка, 2-й пролет

| α | α_0 Φ | $\gamma=0,1$ | | | | | | | | | $\gamma=0,05$ | | | | | | | | |
|----------|----------------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 3 | 7,1 | 11,2 | 14,1 | 15,3 | 14,4 | 11,6 | 7,6 | 3,4 | 3,2 | 7,6 | 12 | 15,1 | 16,4 | 15,4 | 12,4 | 8,2 | 3,6 |
| 0,1 | Φ_z | 0,13 | 0,24 | 0,32 | 0,34 | 0,32 | 0,32 | 0,28 | 0,2 | 0,1 | 0,14 | 0,26 | 0,34 | 0,36 | 0,34 | 0,34 | 0,3 | 0,22 | 0,12 |
| | Φ_M | 3,6 | 7,1 | 9,6 | 10,6 | 10 | 10,6 | 9,7 | 7,2 | 3,6 | 3,9 | 7,7 | 10,4 | 11,4 | 10,6 | 11,4 | 10,5 | 7,8 | 4 |
| 0,2 | Φ_z | 0,24 | 0,47 | 0,63 | 0,7 | 0,68 | 0,67 | 0,58 | 0,41 | 0,2 | 0,26 | 0,5 | 0,67 | 0,75 | 0,72 | 0,72 | 0,63 | 0,45 | 0,22 |
| | Φ_M | 4,1 | 7,3 | 8,9 | 8,7 | 7 | 8,4 | 8,4 | 6,7 | 3,7 | 4,5 | 8,1 | 9,8 | 9,4 | 7,3 | 9,1 | 9,2 | 7,5 | 4,1 |
| 0,3 | Φ_z | 0,32 | 0,63 | 0,87 | 1 | 0,99 | 0,97 | 0,83 | 0,58 | 0,28 | 0,34 | 0,67 | 0,93 | 1,1 | 1,05 | 1,04 | 0,88 | 0,62 | 0,3 |
| | Φ_M | 5 | 9,3 | 11,8 | 12,1 | 10,3 | 11,4 | 10,6 | 8 | 4 | 5,5 | 10,2 | 12,9 | 13 | 11 | 12,3 | 11,6 | 8,8 | 4,5 |
| 0,4 | Φ_z | 0,34 | 0,7 | 1 | 1,18 | 1,21 | 1,16 | 0,97 | 0,67 | 0,32 | 0,36 | 0,75 | 1,06 | 1,25 | 1,28 | 1,23 | 1,03 | 0,71 | 0,34 |
| | Φ_M | 4,9 | 9,8 | 13,4 | 15 | 14,4 | 14,6 | 12,7 | 9 | 4,3 | 5,4 | 10,6 | 14,4 | 16,1 | 15,3 | 15,6 | 13,6 | 9,7 | 4,7 |
| 0,5 | Φ_z | 0,32 | 0,68 | 0,99 | 1,21 | 1,29 | 1,2 | 0,98 | 0,66 | 0,31 | 0,34 | 0,72 | 1,05 | 1,28 | 1,36 | 1,28 | 1,05 | 0,7 | 0,33 |
| | Φ_M | 3,8 | 8,1 | 12,1 | 14,9 | 15,8 | 14,7 | 11,9 | 8 | 3,6 | 4 | 8,6 | 12,9 | 15,8 | 16,8 | 15,7 | 12,7 | 8,4 | 3,8 |
| 0,6 | Φ_z | 0,32 | 0,67 | 0,97 | 1,16 | 1,2 | 1,17 | 0,98 | 0,69 | 0,33 | 0,34 | 0,72 | 1,04 | 1,23 | 1,28 | 1,24 | 1,04 | 0,73 | 0,36 |
| | Φ_M | 4,4 | 9,1 | 12,7 | 14,5 | 14,2 | 14,7 | 13,1 | 9,6 | 4,8 | 4,8 | 9,8 | 13,7 | 15,5 | 15,1 | 15,8 | 14,1 | 10,4 | 5,2 |
| 0,7 | Φ_z | 0,28 | 0,58 | 0,83 | 0,97 | 0,98 | 0,98 | 0,86 | 0,62 | 0,31 | 0,3 | 0,63 | 0,88 | 1,03 | 1,04 | 1,05 | 0,92 | 0,66 | 0,33 |
| | Φ_M | 4,1 | 7,9 | 10,4 | 11,1 | 10 | 11,7 | 11,5 | 9,1 | 4,9 | 4,5 | 8,7 | 11,4 | 12 | 10,6 | 12,6 | 12,5 | 10 | 5,4 |
| 0,8 | Φ_z | 0,2 | 0,41 | 0,58 | 0,67 | 0,66 | 0,69 | 0,62 | 0,46 | 0,24 | 0,22 | 0,45 | 0,62 | 0,71 | 0,7 | 0,73 | 0,66 | 0,49 | 0,25 |
| | Φ_M | 3,8 | 7,1 | 9,1 | 9,3 | 7,9 | 9,66 | 9,6 | 7,7 | 4,2 | 4,2 | 7,9 | 10 | 10 | 8,3 | 10,4 | 10,6 | 8,6 | 4,7 |
| 0,9 | Φ_z | 0,1 | 0,2 | 0,28 | 0,32 | 0,31 | 0,33 | 0,31 | 0,24 | 0,13 | 0,1 | 0,22 | 0,3 | 0,34 | 0,33 | 0,36 | 0,33 | 0,25 | 0,14 |
| | Φ_M | 3,8 | 7,6 | 10,2 | 11,2 | 10,3 | 10,6 | 9,3 | 6,5 | 3,1 | 4,2 | 8,3 | 11,1 | 12,1 | 11,1 | 11,5 | 10,1 | 7,2 | 3,4 |
| 1 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 3,4 | 7,3 | 10,5 | 12,5 | 12,6 | 11 | 8 | 4,4 | 1,3 | 3,6 | 7,8 | 11,3 | 13,4 | 13,6 | 11,8 | 8,6 | 4,7 | 1,4 |

Пятипролетная балка, 1-й пролет

| α | Φ | $\gamma = 0,1$ | | | | | | | | | $\gamma = 0,05$ | | | | | | | | |
|----------|----------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,1 | Φ_z | 0,2 | 0,37 | 0,49 | 0,53 | 0,51 | 0,48 | 0,4 | 0,28 | 0,14 | 0,22 | 0,4 | 0,52 | 0,56 | 0,54 | 0,51 | 0,42 | 0,3 | 0,15 |
| | Φ_M | 3,2 | 5,8 | 7,1 | 7,2 | 6,2 | 6,4 | 5,8 | 4,3 | 2,3 | 3,5 | 6,3 | 7,7 | 7,7 | 6,5 | 6,9 | 6,3 | 4,7 | 2,5 |
| 0,2 | Φ_z | 0,37 | 0,69 | 0,91 | 1 | 0,96 | 0,9 | 0,75 | 0,52 | 0,26 | 0,4 | 0,74 | 0,96 | 1,05 | 1,01 | 0,95 | 0,79 | 0,55 | 0,27 |
| | Φ_M | 5,8 | 10,4 | 12,9 | 13,2 | 11,5 | 11,8 | 10,6 | 7,7 | 4 | 6,3 | 11,3 | 14 | 14,1 | 12,1 | 12,6 | 11,3 | 8,4 | 4,4 |
| 0,3 | Φ_z | 0,49 | 0,91 | 1,2 | 1,33 | 1,3 | 1,21 | 0,98 | 0,67 | 0,33 | 0,52 | 0,96 | 1,27 | 1,4 | 1,36 | 1,27 | 1,04 | 0,71 | 0,35 |
| | Φ_M | 7 | 12,8 | 16,2 | 17 | 15,3 | 15,1 | 13 | 9,4 | 4,8 | 7,6 | 13,8 | 17,4 | 18,1 | 16,1 | 16,1 | 14 | 10,1 | 5,3 |
| 0,4 | Φ_z | 0,53 | 1 | 1,33 | 1,50 | 1,48 | 1,36 | 1,1 | 0,74 | 0,36 | 0,56 | 1,05 | 1,4 | 1,57 | 1,56 | 1,43 | 1,15 | 0,78 | 0,38 |
| | Φ_M | 7 | 12,8 | 16,6 | 18 | 17 | 16,1 | 13,4 | 9,3 | 4,6 | 7,5 | 13,7 | 17,7 | 19,1 | 17,9 | 17,1 | 14,2 | 9,9 | 5 |
| 0,5 | Φ_z | 0,51 | 0,96 | 1,3 | 1,48 | 1,5 | 1,36 | 1,08 | 0,72 | 0,35 | 0,54 | 1,01 | 1,36 | 1,56 | 1,57 | 1,42 | 1,13 | 0,75 | 0,36 |
| | Φ_M | 5,7 | 10,7 | 14,3 | 16,3 | 16,4 | 14,7 | 11,5 | 7,62 | 3,64 | 6 | 11,2 | 15,1 | 17,2 | 17,2 | 15,4 | 12,1 | 8 | 3,8 |
| 0,6 | Φ_z | 0,48 | 0,9 | 1,21 | 1,36 | 1,36 | 1,26 | 1,03 | 0,7 | 0,35 | 0,51 | 0,95 | 1,27 | 1,43 | 1,42 | 1,32 | 1,08 | 0,74 | 0,36 |
| | Φ_M | 5,6 | 10,2 | 13,2 | 14,3 | 13,5 | 13,3 | 11,4 | 8,2 | 4,18 | 5,9 | 11 | 14,1 | 15,1 | 14,2 | 14 | 12,2 | 8,8 | 4,5 |
| 0,7 | Φ_z | 0,4 | 0,75 | 0,98 | 1,1 | 1,08 | 1,03 | 0,86 | 0,61 | 0,3 | 0,42 | 0,79 | 1,04 | 1,15 | 1,13 | 1,08 | 0,91 | 0,64 | 0,32 |
| | Φ_M | 4,6 | 8,4 | 10,3 | 10,5 | 9,1 | 10 | 9,5 | 7,4 | 4,2 | 5 | 9,1 | 11,1 | 11,2 | 9,6 | 10,7 | 10,2 | 8 | 4,4 |
| 0,8 | Φ_z | 0,28 | 0,52 | 0,67 | 0,74 | 0,72 | 0,7 | 0,61 | 0,44 | 0,22 | 0,3 | 0,55 | 0,72 | 0,78 | 0,75 | 0,74 | 0,64 | 0,47 | 0,24 |
| | Φ_M | 4,2 | 7,5 | 9 | 8,8 | 7,1 | 7,9 | 7,4 | 5,7 | 3,2 | 4,6 | 8,2 | 9,8 | 9,5 | 7,5 | 8,5 | 8 | 6,3 | 3,5 |
| 0,9 | Φ_z | 0,14 | 0,26 | 0,33 | 0,36 | 0,35 | 0,35 | 0,3 | 0,22 | 0,12 | 0,15 | 0,27 | 0,35 | 0,38 | 0,36 | 0,36 | 0,32 | 0,24 | 0,13 |
| | Φ_M | 4,2 | 7,6 | 9,4 | 9,5 | 8 | 7,6 | 6,1 | 4,1 | 2,1 | 4,6 | 8,3 | 10,2 | 10,2 | 8,6 | 8,2 | 6,7 | 4,6 | 2,4 |
| 1 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 5,1 | 9,5 | 12,5 | 13,7 | 13 | 10,7 | 7,4 | 4,2 | 1,8 | 5,5 | 10,1 | 13,3 | 14,6 | 13,8 | 11,4 | 7,9 | 4,4 | 1,9 |

Таблица 51

Пятипролетная балка, 2-й пролет

| α | Φ | $\gamma = 0,1$ | | | | | | | | | $\gamma = 0,05$ | | | | | | | | |
|----------|----------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 2,9 | 6,3 | 10,2 | 13,3 | 14,6 | 14,1 | 11,6 | 7,8 | 3,6 | 3,1 | 6,7 | 11 | 14,2 | 15,7 | 15 | 12,4 | 8,4 | 3,8 |
| 0,1 | Φ_z | 0,12 | 0,23 | 0,31 | 0,34 | 0,33 | 0,33 | 0,29 | 0,21 | 0,1 | 0,13 | 0,25 | 0,33 | 0,36 | 0,35 | 0,35 | 0,31 | 0,22 | 0,11 |
| | Φ_M | 3,2 | 6,1 | 8,6 | 9,8 | 9,7 | 10,4 | 9,5 | 7,1 | 3,7 | 3,5 | 6,6 | 9,3 | 10,5 | 10,3 | 11,1 | 10,2 | 7,7 | 4 |
| 0,2 | Φ_z | 0,23 | 0,45 | 0,61 | 0,69 | 0,67 | 0,66 | 0,56 | 0,4 | 0,19 | 0,25 | 0,48 | 0,65 | 0,73 | 0,71 | 0,7 | 0,6 | 0,42 | 0,21 |
| | Φ_M | 3,6 | 6,2 | 7,7 | 7,8 | 6,6 | 7,9 | 7,8 | 6,3 | 3,5 | 3,9 | 6,8 | 8,4 | 8,4 | 6,9 | 8,5 | 8,6 | 6,9 | 3,8 |
| 0,3 | Φ_z | 0,31 | 0,61 | 0,85 | 0,98 | 0,99 | 0,96 | 0,81 | 0,56 | 0,27 | 0,33 | 0,65 | 0,91 | 1,04 | 1,05 | 1,02 | 0,86 | 0,6 | 0,29 |
| | Φ_M | 4,6 | 8,6 | 11,3 | 12 | 10,9 | 11,7 | 10,7 | 7,9 | 4 | 5 | 9,4 | 12,2 | 12,9 | 11,5 | 12,5 | 11,6 | 8,7 | 4,4 |
| 0,4 | Φ_z | 0,34 | 0,69 | 0,98 | 1,16 | 1,2 | 1,15 | 0,95 | 0,65 | 0,31 | 0,36 | 0,73 | 1,04 | 1,24 | 1,2 | 1,22 | 1,01 | 0,69 | 0,33 |
| | Φ_M | 4,7 | 9,3 | 12,9 | 14,6 | 14,3 | 14,2 | 12,2 | 8,5 | 4,1 | 5,1 | 10,1 | 13,9 | 15,7 | 15,2 | 15,2 | 13,1 | 9,2 | 4,4 |

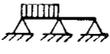
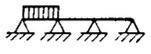
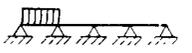
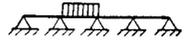
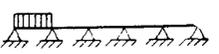
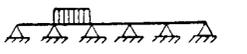
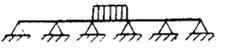
| α | Φ | α_0 | $\gamma = 0,1$ | | | | | | | | | $\gamma = 0,05$ | | | | | | | | |
|----------|----------|------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 0,5 | Φ_z | 0,33 | 0,67 | 0,99 | 1,2 | 1,28 | 1,2 | 0,98 | 0,66 | 0,31 | 0,35 | 0,71 | 1,05 | 1,27 | 1,35 | 1,27 | 1,03 | 0,7 | 0,33 | |
| | Φ_M | 3,9 | 8,1 | 12 | 14,7 | 15,7 | 14,6 | 11,8 | 7,9 | 3,6 | 4,1 | 8,6 | 12,8 | 15,7 | 16,6 | 15,6 | 12,6 | 8,4 | 3,8 | |
| 0,6 | Φ_z | 0,33 | 0,66 | 0,96 | 1,15 | 1,2 | 1,15 | 0,97 | 0,67 | 1,33 | 0,35 | 0,7 | 1,02 | 1,22 | 1,27 | 1,22 | 1,03 | 0,72 | 0,35 | |
| | Φ_M | 4,4 | 8,6 | 12,2 | 14,1 | 14,1 | 14,4 | 12,6 | 9,1 | 4,5 | 4,8 | 9,3 | 13,1 | 15,1 | 15 | 15,4 | 13,6 | 9,8 | 4,9 | |
| 0,7 | Φ_z | 0,29 | 0,56 | 0,81 | 0,95 | 0,98 | 0,97 | 0,84 | 0,6 | 0,3 | 0,31 | 0,6 | 0,86 | 1,01 | 1,03 | 1,03 | 0,89 | 0,64 | 0,32 | |
| | Φ_M | 3,9 | 7,2 | 9,7 | 10,6 | 9,9 | 11,3 | 10,8 | 8,4 | 4,5 | 4,3 | 7,9 | 10,6 | 11,4 | 10,5 | 12,1 | 11,7 | 9,2 | 5 | |
| 0,8 | Φ_z | 0,21 | 0,4 | 0,56 | 0,65 | 0,66 | 0,67 | 0,6 | 0,44 | 0,22 | 0,22 | 0,42 | 0,6 | 0,69 | 0,7 | 0,72 | 0,64 | 0,47 | 0,24 | |
| | Φ_M | 3,1 | 5,4 | 7 | 7,4 | 6,4 | 8 | 8,1 | 6,5 | 3,6 | 3,4 | 6 | 7,8 | 8 | 6,8 | 8,6 | 8,8 | 7,2 | 4 | |
| 0,9 | Φ_z | 0,1 | 0,19 | 0,27 | 0,31 | 0,31 | 0,33 | 0,3 | 0,22 | 0,12 | 0,11 | 0,21 | 0,29 | 0,33 | 0,33 | 0,35 | 0,32 | 0,24 | 0,13 | |
| | Φ_M | 3,1 | 5,8 | 8,1 | 9,1 | 8,8 | 9,2 | 8,3 | 6 | 2,9 | 3,4 | 6,4 | 8,8 | 9,9 | 9,4 | 10 | 9 | 6,5 | 3,2 | |
| 1 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Φ_M | 3,4 | 7,2 | 11,1 | 13,8 | 14,7 | 13,6 | 10,7 | 6,7 | 2,8 | 3,6 | 7,7 | 11,9 | 14,8 | 15,8 | 14,6 | 11,4 | 7,2 | 3 | |

Таблица 52

Пятипролетная балка, 3-й пролет

| α | Φ | α_0 | $\gamma = 0,1$ | | | | | | | | | $\gamma = 0,05$ | | | | | | | | |
|----------|----------|------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Φ_M | 3,2 | 7 | 10,2 | 12,1 | 12,3 | 12,1 | 10,2 | 7 | 3,2 | 3,5 | 7,5 | 11 | 13,1 | 13,3 | 13,1 | 11 | 7,5 | 3,5 | |
| 0,1 | Φ_z | 0,12 | 0,23 | 0,3 | 0,33 | 0,31 | 0,33 | 0,3 | 0,23 | 0,12 | 0,13 | 0,24 | 0,32 | 0,35 | 0,33 | 0,35 | 0,32 | 0,24 | 0,13 | |
| | Φ_M | 3 | 5,7 | 7,2 | 7,4 | 6,2 | 7,4 | 7,2 | 5,7 | 3 | 3,4 | 6,2 | 7,9 | 8 | 6,7 | 8 | 7,9 | 6,2 | 3,4 | |
| 0,2 | Φ_z | 0,23 | 0,44 | 0,6 | 0,67 | 0,66 | 0,67 | 0,6 | 0,44 | 0,23 | 0,24 | 0,47 | 0,64 | 0,72 | 0,69 | 0,72 | 0,64 | 0,47 | 0,24 | |
| | Φ_M | 3,6 | 6,1 | 7,1 | 6,5 | 4,6 | 6,5 | 7,1 | 6,1 | 3,6 | 4 | 6,8 | 7,8 | 7 | 4,9 | 7 | 7,8 | 6,7 | 4 | |
| 0,3 | Φ_z | 0,3 | 0,6 | 0,83 | 0,96 | 0,97 | 0,96 | 0,83 | 0,6 | 0,3 | 0,32 | 0,64 | 0,89 | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 0,89 | 0,64 | 0,32 | |
| | Φ_M | 4,6 | 8,5 | 10,9 | 11,3 | 10 | 11,3 | 10,9 | 8,5 | 4,6 | 5 | 9,3 | 11,8 | 12,2 | 10,6 | 12,2 | 11,8 | 9,3 | 5 | |
| 0,4 | Φ_z | 0,33 | 0,67 | 0,96 | 1,15 | 1,18 | 1,15 | 0,96 | 0,67 | 0,33 | 0,35 | 0,72 | 1,03 | 1,22 | 1,26 | 1,22 | 1,03 | 0,72 | 0,35 | |
| | Φ_M | 4,6 | 9,2 | 12,7 | 14,4 | 14,1 | 14,4 | 12,7 | 9,2 | 4,6 | 4,9 | 9,9 | 13,6 | 15,4 | 15 | 15,4 | 13,6 | 9,9 | 4,9 | |
| 0,5 | Φ_z | 0,31 | 0,66 | 0,97 | 1,18 | 1,26 | 1,18 | 0,97 | 0,66 | 0,31 | 0,33 | 0,69 | 1,03 | 1,26 | 1,34 | 1,26 | 1,03 | 0,69 | 0,33 | |
| | Φ_M | 3,6 | 7,9 | 11,8 | 14,6 | 15,5 | 14,5 | 11,8 | 7,9 | 3,6 | 3,8 | 8,4 | 12,6 | 15,5 | 16,5 | 15,5 | 12,6 | 8,4 | 3,8 | |
| 0,6 | Φ_z | 0,33 | 0,67 | 0,96 | 1,15 | 1,18 | 1,15 | 0,96 | 0,67 | 0,33 | 0,35 | 0,72 | 1,03 | 1,22 | 1,26 | 1,22 | 1,03 | 0,72 | 0,35 | |
| | Φ_M | 4,6 | 9,2 | 12,7 | 14,4 | 14,1 | 14,4 | 12,7 | 9,2 | 4,6 | 4,9 | 9,9 | 13,6 | 15,4 | 15 | 15,4 | 13,6 | 9,9 | 4,9 | |
| 0,7 | Φ_z | 0,3 | 0,6 | 0,83 | 0,96 | 0,97 | 0,96 | 0,83 | 0,6 | 0,3 | 0,32 | 0,64 | 0,89 | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 0,89 | 0,64 | 0,32 | |
| | Φ_M | 4,6 | 8,5 | 10,9 | 11,3 | 10 | 11,3 | 10,9 | 8,5 | 4,6 | 5 | 9,3 | 11,8 | 12,2 | 10,6 | 12,2 | 11,8 | 9,3 | 5 | |
| 0,8 | Φ_z | 0,23 | 0,44 | 0,6 | 0,67 | 0,66 | 0,67 | 0,6 | 0,44 | 0,23 | 0,24 | 0,47 | 0,64 | 0,72 | 0,69 | 0,72 | 0,64 | 0,47 | 0,24 | |
| | Φ_M | 3,6 | 6,1 | 7,1 | 6,5 | 4,6 | 6,5 | 7,1 | 6,1 | 3,6 | 4 | 6,8 | 7,8 | 7 | 4,9 | 7 | 7,8 | 6,8 | 4 | |
| 0,9 | Φ_z | 0,12 | 0,23 | 0,3 | 0,33 | 0,31 | 0,33 | 0,3 | 0,23 | 0,12 | 0,13 | 0,24 | 0,32 | 0,35 | 0,33 | 0,35 | 0,32 | 0,24 | 0,13 | |
| | Φ_M | 3 | 5,7 | 7,2 | 7,4 | 6,2 | 7,4 | 7,2 | 5,7 | 3 | 3,4 | 6,2 | 7,9 | 8 | 6,7 | 8 | 7,9 | 6,2 | 3,4 | |
| 1 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Φ_M | 3,2 | 7 | 10,2 | 12,1 | 12,3 | 12,1 | 10,2 | 7 | 3,2 | 3,5 | 7,5 | 11 | 13,1 | 13,2 | 13,1 | 11 | 7,5 | 3,5 | |

II. Равномерно распределенный импульс

| Число пролетов | γ | $\Phi(\alpha)$ | Значения α | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
|  | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,32 | 0,6 | 0,81 | 0,93 | 0,94 | 0,85 | 0,68 | 0,46 | 0,21 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 3,8 | 7 | 9,4 | 10,5 | 10,2 | 8,5 | 5,6 | 5,1 | 6,4 | 7,5 |
| | 0,05 | Φ_z | 0 | 0,33 | 0,63 | 0,85 | 0,97 | 0,99 | 0,89 | 0,71 | 0,48 | 0,22 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 4 | 7,4 | 9,9 | 11 | 10,7 | 8,9 | 5,8 | 5,4 | 6,7 | 8 |
|  | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,32 | 0,59 | 0,8 | 0,92 | 0,93 | 0,84 | 0,67 | 0,45 | 0,22 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 3,8 | 7,1 | 9,4 | 10,5 | 10,1 | 8,4 | 5,9 | 4,1 | 5,4 | 7,8 |
| | 0,05 | Φ_z | 0 | 0,33 | 0,62 | 0,84 | 0,97 | 0,98 | 0,88 | 0,7 | 0,47 | 0,23 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 4 | 7,4 | 9,9 | 11 | 10,7 | 8,8 | 6,1 | 4,3 | 5,7 | 8,3 |
|  | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,19 | 0,41 | 0,6 | 0,73 | 0,78 | 0,73 | 0,6 | 0,41 | 0,19 | 0 |
| | | Φ_M | 6,9 | 4,4 | 2,5 | 6,1 | 8,5 | 9,4 | 8,5 | 6,1 | 2,5 | 4,4 | 6,9 |
| | 0,05 | Φ_z | 0 | 0,2 | 0,43 | 0,63 | 0,77 | 0,82 | 0,77 | 0,63 | 0,43 | 0,2 | 0 |
| | | Φ_M | 7,4 | 4,7 | 2,6 | 6,5 | 9 | 9,9 | 9 | 6,5 | 2,6 | 4,7 | 7,4 |
|  | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,32 | 0,59 | 0,8 | 0,92 | 0,93 | 0,84 | 0,67 | 0,45 | 0,22 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 3,8 | 7,1 | 9,4 | 10,5 | 10,1 | 8,4 | 5,8 | 4,6 | 4,8 | 7,8 |
| | 0,05 | Φ_z | 0 | 0,33 | 0,62 | 0,84 | 0,96 | 0,98 | 0,88 | 0,7 | 0,47 | 0,23 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 4 | 7,4 | 9,9 | 11 | 10,7 | 8,8 | 6,1 | 4,9 | 5,1 | 8,3 |
|  | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,19 | 0,41 | 0,6 | 0,73 | 0,77 | 0,72 | 0,59 | 0,4 | 0,19 | 0 |
| | | Φ_M | 8,8 | 5,9 | 4,2 | 6,2 | 8,6 | 9,3 | 8,5 | 6 | 4,7 | 6 | 7,1 |
| | 0,05 | Φ_z | 0 | 0,2 | 0,43 | 0,63 | 0,77 | 0,81 | 0,76 | 0,63 | 0,42 | 0,2 | 0 |
| | | Φ_M | 9,4 | 6,3 | 4,5 | 6,5 | 9,1 | 9,9 | 9 | 6,3 | 5 | 6,4 | 7,7 |
|  | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,32 | 0,59 | 0,8 | 0,92 | 0,93 | 0,84 | 0,67 | 0,45 | 0,22 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 3,8 | 7 | 9,4 | 10,5 | 10,1 | 8,4 | 5,7 | 4,4 | 4,8 | 7,7 |
| | 0,05 | Φ_z | 0 | 0,33 | 0,62 | 0,84 | 0,96 | 0,98 | 0,88 | 0,7 | 0,47 | 0,23 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 4 | 7,4 | 9,9 | 11 | 10,6 | 8,8 | 6 | 4,6 | 5,1 | 8,2 |
|  | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,2 | 0,4 | 0,59 | 0,72 | 0,76 | 0,72 | 0,59 | 0,4 | 0,19 | 0 |
| | | Φ_M | 8,4 | 5,7 | 4 | 6,5 | 8,5 | 9,3 | 8,4 | 6 | 3,8 | 5,1 | 8,4 |
| | 0,05 | Φ_z | 0 | 0,21 | 0,43 | 0,63 | 0,76 | 0,81 | 0,76 | 0,62 | 0,42 | 0,2 | 0 |
| | | Φ_M | 9 | 6,1 | 4,2 | 6,9 | 9 | 9,8 | 8,9 | 6,3 | 4,1 | 5,4 | 9 |
|  | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,19 | 0,4 | 0,58 | 0,71 | 0,75 | 0,71 | 0,58 | 0,4 | 0,19 | 0 |
| | | Φ_M | 6,9 | 3,5 | 2,8 | 6 | 8,3 | 9,2 | 8,3 | 6 | 2,8 | 3,5 | 6,9 |
| | 0,05 | Φ_z | 0 | 0,2 | 0,42 | 0,62 | 0,75 | 0,8 | 0,75 | 0,62 | 0,42 | 0,2 | 0 |
| | | Φ_M | 7,5 | 3,8 | 3 | 6,3 | 8,9 | 9,7 | 8,9 | 6,3 | 3 | 3,8 | 7,4 |

В. ОДНОПРОЛЕТНЫЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ПЛИТЫ
Сосредоточенный импульс

Таблица 54

1) Плита, свободно опертая по контуру $\gamma=0,1$; $\eta=1$

| β_0 | β | α Φ | 0,1 | | | | | 0,25 | | | | | 0,4 | | | | | 0,5 | | | | | |
|-----------|---------|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | |
| | | | Φ_z | Φ_M | Φ_z |
| 0,1 | 0,1 | Φ_z | 1,15 | 1,29 | 1,27 | 1,22 | 1 | 1,22 | 1,78 | 1,89 | 1,72 | 1,5 | 1,22 | 1,75 | 1,87 | 2,05 | 1,71 | 1 | 1,34 | 1,5 | 1,71 | 2,12 | |
| | | Φ_M | 134 | 99,5 | 112 | 94 | 89,8 | 91,6 | 94,7 | 102 | 72,6 | 87,1 | 94 | 101 | 88,7 | 108 | 62,9 | 89,8 | 69,6 | 80,5 | 62,9 | 123 | |
| | 0,2 | Φ_z | 1,29 | 1,5 | 1,5 | 1,44 | 1,18 | 1,44 | 2,16 | 2,32 | 2,15 | 1,85 | 1,44 | 2,13 | 2,34 | 2,57 | 2,18 | 1,18 | 1,66 | 1,89 | 2,18 | 2,64 | |
| | | Φ_M | 135 | 102 | 113 | 95,9 | 90,2 | 93,6 | 99 | 105 | 75,7 | 88,1 | 95,9 | 104 | 91,3 | 110 | 64,9 | 90,2 | 71,7 | 80,8 | 64,9 | 125 | |
| | 0,3 | Φ_z | 1,27 | 1,5 | 1,5 | 1,45 | 1,19 | 1,44 | 2,17 | 2,35 | 2,19 | 1,91 | 1,45 | 2,16 | 2,39 | 2,62 | 2,25 | 1,19 | 1,7 | 1,95 | 2,25 | 2,7 | |
| | | Φ_M | 134 | 102 | 113 | 96 | 90,3 | 93,9 | 99,8 | 107 | 76,9 | 89 | 96 | 105 | 92,5 | 111 | 66,2 | 90,3 | 72,3 | 82 | 66,2 | 126 | |
| | 0,4 | Φ_z | 1,22 | 1,44 | 1,44 | 1,40 | 1,15 | 1,39 | 2,11 | 2,28 | 2,14 | 1,87 | 1,4 | 2,1 | 2,33 | 2,57 | 2,21 | 1,15 | 1,66 | 1,91 | 2,21 | 2,64 | |
| | | Φ_M | 125 | 95,6 | 105 | 89,6 | 84 | 87,6 | 93,3 | 99,5 | 71,9 | 82,9 | 89,5 | 98 | 86,4 | 104 | 61,8 | 84 | 67,5 | 76,2 | 61,8 | 117 | |
| | 0,5 | Φ_z | 1 | 1,18 | 1,19 | 1,15 | 0,96 | 1,14 | 1,73 | 1,89 | 1,77 | 1,56 | 1,15 | 1,73 | 1,94 | 2,13 | 1,85 | 0,96 | 1,38 | 1,6 | 1,85 | 2,2 | |
| | | Φ_M | 105 | 80,1 | 88,6 | 75,2 | 70,8 | 73,6 | 78,3 | 83,9 | 60,7 | 70,1 | 75,2 | 82,5 | 73,1 | 87,9 | 52,6 | 70,8 | 56,9 | 64,8 | 52,6 | 99,2 | |
| 0,25 | 0,1 | Φ_z | 1,22 | 1,44 | 1,44 | 1,39 | 1,14 | 1,39 | 2,1 | 2,27 | 2,12 | 1,84 | 1,39 | 2,08 | 2,3 | 2,53 | 2,17 | 1,14 | 1,64 | 1,88 | 2,17 | 2,6 | |
| | | Φ_M | 125 | 95,8 | 105 | 89,6 | 83,9 | 87,6 | 93,4 | 99,3 | 71,7 | 82,5 | 89,6 | 97,9 | 86,1 | 104 | 61,4 | 83,9 | 67,4 | 75,7 | 61,4 | 117 | |
| | 0,2 | Φ_z | 1,78 | 2,16 | 2,17 | 2,11 | 1,73 | 2,1 | 3,21 | 3,5 | 3,29 | 2,86 | 2,11 | 3,2 | 3,59 | 3,93 | 3,42 | 1,73 | 2,54 | 2,94 | 3,42 | 4,05 | |
| | | Φ_M | 170 | 132 | 143 | 123 | 114 | 121 | 131 | 138 | 100 | 113 | 123 | 136 | 120 | 143 | 85,5 | 114 | 93,5 | 103 | 85,5 | 160 | |
| | 0,3 | Φ_z | 1,89 | 2,32 | 2,35 | 2,28 | 1,89 | 2,27 | 3,5 | 3,84 | 3,64 | 3,18 | 2,28 | 3,5 | 3,97 | 4,36 | 3,83 | 1,89 | 2,81 | 3,29 | 3,83 | 4,49 | |
| | | Φ_M | 177 | 139 | 150 | 129 | 120 | 127 | 139 | 146 | 107 | 120 | 129 | 144 | 127 | 152 | 91,7 | 120 | 99,1 | 109 | 91,7 | 169 | |
| | 0,4 | Φ_z | 1,72 | 2,15 | 2,19 | 2,14 | 1,77 | 2,12 | 3,29 | 3,64 | 3,48 | 3,05 | 2,14 | 3,32 | 3,8 | 4,18 | 3,71 | 1,77 | 2,69 | 3,18 | 3,71 | 4,31 | |
| | | Φ_M | 154 | 122 | 131 | 113 | 104 | 111 | 123 | 129 | 95,6 | 105 | 113 | 127 | 113 | 134 | 81,6 | 104 | 87,5 | 95,8 | 81,6 | 148 | |
| | 0,5 | Φ_z | 1,5 | 1,86 | 1,91 | 1,87 | 1,56 | 1,84 | 2,86 | 3,18 | 3,05 | 2,68 | 1,87 | 2,9 | 3,33 | 3,67 | 3,27 | 1,56 | 2,36 | 2,81 | 3,27 | 3,79 | |
| | | Φ_M | 139 | 110 | 119 | 102 | 94,5 | 101 | 111 | 117 | 86,4 | 95,7 | 102 | 114 | 102 | 122 | 74,5 | 94,5 | 79,1 | 88,1 | 74,5 | 135 | |
| 0,4 | 0,1 | Φ_z | 1,22 | 1,44 | 1,45 | 1,4 | 1,15 | 1,39 | 2,11 | 2,28 | 2,14 | 1,87 | 1,4 | 2,1 | 2,33 | 2,57 | 2,21 | 1,15 | 1,66 | 1,91 | 2,21 | 2,64 | |
| | | Φ_M | 125 | 95,6 | 105 | 89,6 | 84 | 87,6 | 93,3 | 99,5 | 71,9 | 82,9 | 89,6 | 98 | 86,4 | 104 | 61,8 | 84 | 67,5 | 76,2 | 61,8 | 117 | |
| | 0,2 | Φ_z | 1,75 | 2,13 | 2,16 | 2,1 | 1,73 | 2,08 | 3,2 | 3,5 | 3,32 | 2,9 | 2,1 | 3,2 | 3,62 | 3,98 | 3,49 | 1,73 | 2,57 | 3 | 3,49 | 4,1 | |
| | | Φ_M | 167 | 130 | 141 | 121 | 112 | 119 | 129 | 136 | 99,8 | 112 | 121 | 134 | 119 | 142 | 85,5 | 112 | 92,5 | 103 | 85,5 | 159 | |
| | 0,3 | Φ_z | 1,87 | 2,34 | 2,39 | 2,33 | 1,94 | 2,3 | 3,59 | 3,97 | 3,8 | 3,33 | 2,33 | 3,62 | 4,15 | 4,57 | 4,05 | 1,94 | 2,93 | 3,48 | 4,06 | 4,71 | |
| | | Φ_M | 169 | 134 | 145 | 125 | 115 | 123 | 135 | 142 | 105 | 116 | 125 | 140 | 124 | 148 | 90,2 | 115 | 96,4 | 106 | 90,2 | 164 | |
| | 0,4 | Φ_z | 2,06 | 2,57 | 2,62 | 2,57 | 2,13 | 2,53 | 3,93 | 4,36 | 4,18 | 3,67 | 2,57 | 3,98 | 4,57 | 5,03 | 4,47 | 2,13 | 3,23 | 3,84 | 4,47 | 5,19 | |
| | | Φ_M | 189 | 149 | 161 | 139 | 128 | 137 | 150 | 159 | 117 | 129 | 139 | 155 | 139 | 165 | 101 | 128 | 107 | 119 | 101 | 183 | |
| | 0,5 | Φ_z | 1,71 | 2,18 | 2,25 | 2,21 | 1,85 | 2,17 | 3,42 | 3,83 | 3,7 | 3,27 | 2,21 | 3,49 | 4,05 | 4,47 | 4,02 | 1,85 | 2,87 | 3,44 | 4,02 | 4,62 | |
| | | Φ_M | 145 | 117 | 125 | 109 | 99 | 107 | 120 | 126 | 94,5 | 102 | 109 | 123 | 111 | 130 | 81,1 | 99 | 85,3 | 93,3 | 81,1 | 144 | |
| 0,5 | 0,1 | Φ_z | 1 | 1,18 | 1,19 | 1,15 | 0,96 | 1,14 | 1,73 | 1,89 | 1,77 | 1,56 | 1,15 | 1,73 | 1,94 | 2,13 | 1,85 | 0,96 | 1,38 | 1,6 | 1,85 | 2,2 | |
| | | Φ_M | 105 | 80,1 | 88,6 | 75,2 | 70,8 | 73,6 | 78,3 | 83,9 | 60,7 | 70,1 | 75,2 | 82,5 | 73,1 | 87,9 | 52,5 | 70,8 | 56,9 | 64,8 | 52,6 | 99,2 | |
| | 0,2 | Φ_z | 1,34 | 1,66 | 1,7 | 1,66 | 1,38 | 1,64 | 2,54 | 2,81 | 2,69 | 2,36 | 1,66 | 2,57 | 2,93 | 3,23 | 2,87 | 1,38 | 2,08 | 2,46 | 2,87 | 3,34 | |
| | | Φ_M | 124 | 97,7 | 106 | 90,9 | 84 | 89,3 | 97,9 | 103 | 76,2 | 84,6 | 90,9 | 101 | 90,2 | 107 | 65,4 | 84 | 70 | 77,6 | 65,4 | 120 | |
| | 0,3 | Φ_z | 1,5 | 1,89 | 1,95 | 1,91 | 1,6 | 1,88 | 2,94 | 3,29 | 3,18 | 2,81 | 1,91 | 3 | 3,48 | 3,84 | 3,44 | 1,60 | 2,46 | 2,95 | 3,44 | 3,97 | |
| | | Φ_M | 134 | 107 | 116 | 99,7 | 91,6 | 98,3 | 109 | 115 | 86 | 93,7 | 99,7 | 112 | 101 | 120 | 74,1 | 91,6 | 77,9 | 86,4 | 74,1 | 133 | |
| | 0,4 | Φ_z | 1,71 | 2,18 | 2,25 | 2,21 | 1,85 | 2,17 | 3,42 | 3,83 | 3,7 | 3,27 | 2,21 | 3,49 | 4,06 | 4,47 | 4,02 | 1,85 | 2,87 | 3,44 | 4,02 | 4,62 | |
| | | Φ_M | 145 | 117 | 125 | 109 | 99 | 107 | 120 | 126 | 94,5 | 102 | 109 | 123 | 111 | 130 | 81,1 | 99 | 85,3 | 93,3 | 81,1 | 144 | |
| | 0,5 | Φ_z | 2,12 | 2,64 | 2,7 | 2,64 | 2,2 | 2,6 | 4,05 | 4,49 | 4,31 | 3,79 | 2,64 | 4,1 | 4,71 | 5,19 | 4,62 | 2,2 | 3,34 | 3,97 | 4,62 | 5,37 | |
| | | Φ_M | 197 | 155 | 168 | 145 | 134 | 142 | 156 | 165 | 122 | 135 | 145 | 162 | 145 | 172 | 105 | 134 | 112 | 125 | 105 | 191 | |

2) Плита, свободно опертая по контуру $\gamma=0,1$; $\eta=1/2$

| β_0 | α_0 | | 0,1 | | | | | 0,25 | | | | | 0,4 | | | | | 0,5 | | | | |
|-----------|------------|----------|----------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|
| | β | Φ | α | | | | |
| | | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| 0,1 | 0,1 | Φ_z | 1,38 | 1,82 | 1,83 | 1,8 | 1,46 | 1,79 | 2,85 | 3,14 | 3,02 | 2,59 | 1,8 | 2,85 | 3,28 | 3,58 | 3,21 | 1,46 | 2,3 | 2,71 | 3,21 | 3,66 |
| | | Φ_M | 112 | 90,9 | 97,9 | 89,9 | 76,6 | 88 | 107 | 106 | 84,2 | 82,2 | 89,9 | 105 | 95,1 | 110 | 71,3 | 76,6 | 74,2 | 72,6 | 71,3 | 116 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,27 | 1,73 | 1,78 | 1,77 | 1,46 | 1,74 | 2,82 | 3,17 | 3,1 | 2,7 | 1,77 | 2,87 | 3,38 | 3,71 | 3,39 | 1,46 | 2,37 | 2,87 | 3,39 | 3,81 |
| | | Φ_M | 93,8 | 85,6 | 83,4 | 76,9 | 64,8 | 75,8 | 94,5 | 93,6 | 75,4 | 71,7 | 76,9 | 92 | 84,3 | 96,3 | 64,2 | 64,8 | 65 | 63,8 | 64,2 | 101 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,33 | 1,79 | 1,84 | 1,82 | 1,51 | 1,79 | 2,89 | 3,24 | 3,16 | 2,75 | 1,82 | 2,94 | 3,45 | 3,78 | 3,45 | 1,51 | 2,43 | 2,91 | 3,45 | 3,89 |
| | | Φ_M | 103 | 92,5 | 90,7 | 83,4 | 70,8 | 81,9 | 101 | 100 | 80,5 | 77,7 | 83,4 | 99,1 | 90,5 | 104 | 68,9 | 70,8 | 70,1 | 69,2 | 68,9 | 110 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,19 | 1,62 | 1,67 | 1,66 | 1,38 | 1,63 | 2,65 | 2,98 | 2,93 | 2,55 | 1,66 | 2,7 | 3,19 | 3,5 | 3,21 | 1,38 | 2,24 | 2,71 | 3,21 | 3,61 |
| | | Φ_M | 88,6 | 80,7 | 78,7 | 72,6 | 61,3 | 71,5 | 88,9 | 88,2 | 71,1 | 67,9 | 72,6 | 86,8 | 79,7 | 91,1 | 60,9 | 61,3 | 61,5 | 60,5 | 60,9 | 96 |
| | 0,5 | Φ_z | 1,05 | 1,41 | 1,44 | 1,43 | 1,18 | 1,41 | 2,27 | 2,54 | 2,48 | 2,16 | 1,43 | 2,3 | 2,7 | 2,96 | 2,7 | 1,18 | 1,9 | 2,28 | 2,7 | 3,05 |
| | | Φ_M | 81,6 | 73,4 | 71,9 | 66,2 | 56,3 | 64,9 | 79,9 | 79,4 | 63,7 | 61,6 | 66,2 | 78,5 | 71,7 | 82,3 | 54,5 | 56,3 | 55,6 | 54,8 | 54,5 | 87,1 |
| 0,25 | 0,1 | Φ_z | 1,19 | 1,63 | 1,68 | 1,67 | 1,39 | 1,64 | 2,66 | 2,99 | 2,94 | 2,57 | 1,67 | 2,72 | 3,21 | 3,52 | 3,23 | 1,39 | 2,25 | 2,73 | 3,23 | 3,63 |
| | | Φ_M | 88,6 | 80,7 | 78,8 | 72,6 | 61,4 | 71,5 | 89 | 88,5 | 71,3 | 68 | 72,6 | 86,9 | 79,9 | 91,3 | 61,1 | 61,4 | 61,6 | 60,7 | 61,1 | 96,2 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,51 | 2,13 | 2,24 | 2,24 | 1,88 | 2,17 | 3,58 | 4,09 | 4,07 | 3,59 | 2,24 | 3,71 | 4,45 | 4,91 | 4,57 | 1,88 | 3,13 | 3,86 | 4,57 | 5,08 |
| | | Φ_M | 104 | 97,1 | 94,4 | 87,3 | 73,2 | 86,5 | 110 | 109 | 89,2 | 83,3 | 87,3 | 106 | 99,3 | 112 | 77 | 73,2 | 75,7 | 75 | 77 | 118 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,63 | 2,27 | 2,39 | 2,4 | 2,02 | 2,32 | 3,81 | 4,36 | 4,35 | 3,85 | 2,4 | 3,96 | 4,76 | 5,25 | 4,89 | 2,02 | 3,35 | 4,14 | 4,89 | 5,44 |
| | | Φ_M | 113 | 105 | 102 | 94,5 | 79,5 | 93,4 | 118 | 118 | 96,2 | 90,5 | 94,5 | 115 | 107 | 122 | 83,5 | 79,5 | 81,9 | 81,6 | 83,5 | 128 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,36 | 1,93 | 2,05 | 2,07 | 1,76 | 1,98 | 3,29 | 3,8 | 3,82 | 3,41 | 2,07 | 3,46 | 4,19 | 4,64 | 4,36 | 1,76 | 2,96 | 3,68 | 4,36 | 4,82 |
| | | Φ_M | 89,2 | 83,9 | 81,7 | 75,7 | 63,3 | 75,1 | 96,2 | 96,2 | 79,2 | 73,5 | 75,7 | 93,3 | 88 | 99,4 | 69,2 | 63,3 | 66,7 | 66,7 | 69,2 | 104 |
| | 0,5 | Φ_z | 1,31 | 1,82 | 1,91 | 1,91 | 1,62 | 1,85 | 3,03 | 3,47 | 3,46 | 3,07 | 1,91 | 3,16 | 3,79 | 4,18 | 3,89 | 1,62 | 2,62 | 3,29 | 3,89 | 4,34 |
| | | Φ_M | 92,8 | 85,3 | 83,5 | 77,1 | 65,1 | 76 | 95,6 | 95,5 | 77,8 | 73,8 | 77,1 | 93,5 | 87,1 | 99,2 | 67,8 | 65,1 | 66,7 | 66,6 | 67,8 | 104 |
| 0,4 | 0,1 | Φ_z | 1,19 | 1,62 | 1,67 | 1,66 | 1,38 | 1,63 | 2,65 | 2,98 | 2,93 | 2,55 | 1,66 | 2,71 | 3,19 | 3,5 | 3,21 | 1,38 | 2,24 | 2,71 | 3,21 | 3,61 |
| | | Φ_M | 88,6 | 80,7 | 78,7 | 72,6 | 61,3 | 71,5 | 88,9 | 88,2 | 71,1 | 67,9 | 72,6 | 86,8 | 79,7 | 91,1 | 60,9 | 61,3 | 61,5 | 60,5 | 60,9 | 96 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,53 | 2,13 | 2,23 | 2,23 | 1,87 | 2,16 | 3,55 | 4,05 | 4,03 | 3,55 | 2,23 | 3,68 | 4,4 | 4,85 | 4,51 | 1,87 | 3,10 | 3,81 | 4,51 | 5,02 |
| | | Φ_M | 107 | 99 | 96,5 | 89,1 | 75 | 88,1 | 111 | 111 | 90,2 | 84,9 | 89,1 | 108 | 101 | 114 | 77,9 | 75 | 77 | 76,3 | 77,9 | 120 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,53 | 2,15 | 2,28 | 2,3 | 1,95 | 2,21 | 3,65 | 4,2 | 4,21 | 3,75 | 2,3 | 3,82 | 4,62 | 5,11 | 4,79 | 1,95 | 3,26 | 4,05 | 4,79 | 5,3 |
| | | Φ_M | 103 | 96,2 | 93,8 | 86,8 | 72,8 | 85,8 | 109 | 109 | 89,7 | 83,9 | 86,8 | 106 | 99,8 | 113 | 78,3 | 72,8 | 76 | 76 | 78,3 | 119 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,73 | 2,42 | 2,56 | 2,57 | 2,17 | 2,48 | 4,08 | 4,68 | 4,68 | 4,16 | 2,57 | 4,26 | 5,13 | 5,67 | 5,3 | 2,17 | 3,62 | 4,48 | 5,3 | 5,88 |
| | | Φ_M | 119 | 111 | 108 | 99,9 | 84,1 | 98,6 | 125 | 125 | 102 | 96,1 | 99,9 | 122 | 114 | 129 | 89 | 84,1 | 87 | 86,8 | 88,9 | 136 |
| | 0,5 | Φ_z | 1,28 | 1,84 | 1,97 | 2 | 1,71 | 1,90 | 3,16 | 3,68 | 3,72 | 3,34 | 2 | 3,35 | 4,09 | 4,54 | 4,29 | 1,71 | 2,90 | 3,63 | 4,29 | 4,73 |
| | | Φ_M | 82,5 | 78 | 76,1 | 70,5 | 59,1 | 69,9 | 90 | 90,3 | 74,8 | 69,4 | 70,6 | 87,5 | 83,1 | 93,9 | 66 | 59,1 | 62,9 | 63,4 | 66 | 98,1 |
| 0,5 | 0,1 | Φ_z | 1,05 | 1,41 | 1,44 | 1,43 | 1,18 | 1,41 | 2,27 | 2,54 | 2,48 | 2,16 | 1,43 | 2,3 | 2,7 | 2,96 | 2,7 | 1,18 | 1,9 | 2,28 | 2,7 | 3,05 |
| | | Φ_M | 81,6 | 73,4 | 71,9 | 66,2 | 56,3 | 64,9 | 79,9 | 79,4 | 63,7 | 61,6 | 66,2 | 78,5 | 71,7 | 82,3 | 54,5 | 56,3 | 55,6 | 54,8 | 54,5 | 87,1 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,12 | 1,57 | 1,66 | 1,67 | 1,41 | 1,61 | 2,65 | 3,04 | 3,04 | 2,69 | 1,67 | 2,76 | 3,33 | 3,67 | 3,43 | 1,41 | 2,35 | 2,9 | 3,43 | 3,81 |
| | | Φ_M | 76,9 | 71,5 | 69,6 | 64,4 | 54,1 | 63,7 | 80,8 | 80,6 | 66 | 61,8 | 64,4 | 78,6 | 73,5 | 83,4 | 57,3 | 54,1 | 56,1 | 55,8 | 57,3 | 87,5 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,27 | 1,77 | 1,87 | 1,88 | 1,6 | 1,81 | 2,93 | 3,42 | 3,43 | 3,05 | 1,88 | 3,12 | 3,76 | 4,16 | 3,89 | 1,6 | 2,66 | 3,29 | 3,89 | 4,32 |
| | | Φ_M | 89,4 | 82,3 | 80,8 | 74,6 | 63,1 | 73,4 | 92,5 | 92,8 | 75,8 | 72 | 74,6 | 90,7 | 84,9 | 96,7 | 66,5 | 63,1 | 64,9 | 65,2 | 66,5 | 102 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,28 | 1,84 | 1,97 | 1,99 | 1,71 | 1,9 | 3,16 | 3,68 | 3,72 | 3,34 | 2 | 3,35 | 4,09 | 4,54 | 4,29 | 1,71 | 2,9 | 3,63 | 4,29 | 4,73 |
| | | Φ_M | 82,5 | 78 | 76,1 | 70,6 | 59,1 | 70 | 90 | 90,3 | 74,8 | 69,4 | 70,5 | 87,5 | 83,1 | 98,9 | 66 | 59,1 | 62,9 | 63,4 | 66 | 98,1 |
| | 0,5 | Φ_z | 1,85 | 2,57 | 2,7 | 2,71 | 2,29 | 2,61 | 4,29 | 4,91 | 4,89 | 4,34 | 2,71 | 4,47 | 5,35 | 5,91 | 5,51 | 2,29 | 3,78 | 4,66 | 5,51 | 6,13 |
| | | Φ_M | 131 | 121 | 118 | 109 | 92,1 | 107 | 135 | 135 | 110 | 104 | 109 | 132 | 123 | 140 | 95,8 | 92,1 | 94,3 | 94,2 | 95,8 | 148 |

3) Плита, свободно опертая по контуру $\gamma=0,1; \eta=1/3$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,1 | Φ_z | 1,66 | 2,32 | 2,41 | 2,4 | 1,99 | 2,35 | 3,86 | 4,38 | 4,33 | 3,77 | 2,4 | 3,96 | 4,72 | 5,17 | 4,78 | 1,99 | 3,3 | 4,03 | 4,78 | 5,33 |
| | Φ_M | 114 | 109 | 104 | 97 | 80 | 96,2 | 124 | 122 | 100 | 91,4 | 97 | 119 | 110 | 124 | 85,4 | 80 | 84,5 | 81,3 | 85,4 | 129 |
| 0,2 | Φ_z | 1,38 | 1,99 | 2,11 | 2,13 | 1,8 | 2,05 | 3,41 | 3,94 | 3,96 | 3,51 | 2,13 | 3,57 | 4,33 | 4,78 | 4,5 | 1,8 | 3,05 | 3,79 | 4,5 | 4,96 |
| | Φ_M | 88,1 | 85,7 | 81,6 | 76,6 | 62,9 | 76,3 | 99,9 | 98,9 | 82,4 | 74,3 | 76,6 | 95,7 | 90,6 | 102 | 71,6 | 62,9 | 68,6 | 67 | 71,6 | 105 |
| 0,3 | Φ_z | 1,53 | 2,16 | 2,27 | 2,28 | 1,91 | 2,21 | 3,65 | 4,18 | 4,17 | 3,67 | 2,28 | 3,79 | 4,55 | 5,02 | 4,68 | 1,91 | 3,2 | 3,95 | 4,68 | 5,19 |
| | Φ_M | 102 | 97,8 | 93,3 | 87,4 | 72,1 | 86,7 | 112 | 111 | 91,8 | 83,7 | 87,4 | 108 | 101 | 114 | 79,3 | 72,1 | 77,2 | 74,9 | 79,3 | 118 |
| 0,4 | Φ_z | 1,31 | 1,88 | 1,99 | 2 | 1,69 | 1,93 | 3,21 | 3,7 | 3,71 | 3,28 | 2 | 3,35 | 4,06 | 4,48 | 4,21 | 1,69 | 2,86 | 3,55 | 4,21 | 4,64 |
| | Φ_M | 84,3 | 81,7 | 77,9 | 73 | 60 | 72,6 | 95 | 93,9 | 78,2 | 70,7 | 73 | 91,1 | 86 | 96,5 | 67,8 | 60 | 65,2 | 63,7 | 67,8 | 100 |
| 0,5 | Φ_z | 1,21 | 1,71 | 1,79 | 1,8 | 1,51 | 1,75 | 2,89 | 3,3 | 3,28 | 2,88 | 1,8 | 2,98 | 3,58 | 3,95 | 3,67 | 1,51 | 2,52 | 3,1 | 3,67 | 4,08 |
| | Φ_M | 81,7 | 78,2 | 74,6 | 69,8 | 57,6 | 69,3 | 89,7 | 88,3 | 73,1 | 66,7 | 69,8 | 86,2 | 80,6 | 90,8 | 63 | 57,6 | 61,5 | 59,6 | 63 | 94,3 |
| 0,1 | Φ_z | 1,32 | 1,89 | 2 | 2,01 | 1,7 | 1,94 | 3,22 | 3,72 | 3,73 | 3,31 | 2,01 | 3,37 | 4,08 | 4,51 | 4,24 | 1,7 | 2,88 | 3,57 | 4,24 | 4,68 |
| | Φ_M | 85 | 82,3 | 78,5 | 73,6 | 60,6 | 73,2 | 95,6 | 94,5 | 78,7 | 71,3 | 73,6 | 91,8 | 86,7 | 97,3 | 68,5 | 60,6 | 65,7 | 64,3 | 68,5 | 101 |
| 0,2 | Φ_z | 1,55 | 2,27 | 2,45 | 2,49 | 2,14 | 2,37 | 3,98 | 4,66 | 4,74 | 4,26 | 2,49 | 4,24 | 5,21 | 5,78 | 5,49 | 2,14 | 3,68 | 4,64 | 5,49 | 6,02 |
| | Φ_M | 93 | 91,8 | 87,7 | 82,4 | 67,6 | 82,2 | 109 | 109 | 91,7 | 82,2 | 82,4 | 105 | 101 | 112 | 81 | 67,6 | 75,6 | 75,1 | 81 | 116 |
| 0,3 | Φ_z | 1,7 | 2,46 | 2,65 | 2,69 | 2,3 | 2,56 | 4,28 | 5 | 5,06 | 4,54 | 2,69 | 4,54 | 5,56 | 6,17 | 5,85 | 2,3 | 3,93 | 4,94 | 5,85 | 6,42 |
| | Φ_M | 105 | 102 | 97,8 | 91,9 | 75,5 | 91,3 | 120 | 120 | 101 | 90,9 | 91,9 | 116 | 111 | 124 | 88,9 | 75,5 | 83,6 | 82,8 | 88,9 | 129 |
| 0,4 | Φ_z | 1,34 | 1,97 | 2,15 | 2,19 | 1,9 | 2,07 | 3,49 | 4,11 | 4,2 | 3,8 | 2,19 | 3,75 | 4,63 | 5,15 | 4,92 | 1,9 | 3,28 | 4,16 | 4,92 | 5,38 |
| | Φ_M | 78,1 | 77,5 | 74,2 | 69,8 | 57,3 | 69,6 | 92,9 | 93 | 78,8 | 70,6 | 69,8 | 89,3 | 86,5 | 96,6 | 70,4 | 57,3 | 64,8 | 64,9 | 70,4 | 99,8 |
| 0,5 | Φ_z | 1,39 | 2 | 2,14 | 2,17 | 1,85 | 2,07 | 3,46 | 4,02 | 4,06 | 3,62 | 2,17 | 3,65 | 4,45 | 4,93 | 4,66 | 1,85 | 3,14 | 3,93 | 4,66 | 5,12 |
| | Φ_M | 87,7 | 85,2 | 81,5 | 76,5 | 63 | 76 | 99,7 | 99 | 82,9 | 75,1 | 76,5 | 95,9 | 91,2 | 102 | 72,8 | 63 | 69,1 | 68,1 | 72,8 | 106 |
| 0,1 | Φ_z | 1,31 | 1,88 | 1,99 | 2 | 1,69 | 1,93 | 3,21 | 3,7 | 3,71 | 3,28 | 2 | 3,35 | 4,06 | 4,48 | 4,21 | 1,69 | 2,86 | 3,55 | 4,21 | 4,64 |
| | Φ_M | 84,3 | 81,7 | 77,9 | 73 | 60 | 72,6 | 95 | 93,9 | 78,2 | 70,7 | 73 | 91,1 | 86 | 96,5 | 67,8 | 60 | 65,2 | 63,7 | 67,8 | 100 |
| 0,2 | Φ_z | 1,59 | 2,31 | 2,48 | 2,52 | 2,15 | 2,4 | 4,02 | 4,69 | 4,74 | 4,25 | 2,52 | 4,26 | 5,21 | 5,77 | 5,47 | 2,15 | 3,68 | 4,62 | 5,47 | 6 |
| | Φ_M | 98 | 96 | 91,7 | 86,1 | 70,7 | 85,7 | 113 | 113 | 94,5 | 85 | 86,1 | 109 | 104 | 116 | 83,1 | 70,7 | 78,3 | 77,3 | 83,1 | 120 |
| 0,3 | Φ_z | 1,54 | 2,26 | 2,44 | 2,49 | 2,14 | 2,35 | 3,96 | 4,64 | 4,73 | 4,26 | 2,49 | 4,23 | 5,2 | 5,77 | 5,5 | 2,14 | 3,68 | 4,64 | 5,5 | 6,02 |
| | Φ_M | 92,6 | 91,2 | 87,2 | 82 | 67,4 | 81,7 | 108 | 108 | 91,3 | 82 | 82 | 104 | 100 | 112 | 81 | 67,4 | 75,4 | 75,1 | 81 | 116 |
| 0,4 | Φ_z | 1,78 | 2,59 | 2,79 | 2,83 | 2,43 | 2,7 | 4,52 | 5,28 | 5,35 | 4,8 | 2,83 | 4,8 | 5,88 | 6,52 | 6,19 | 2,43 | 4,16 | 5,23 | 6,19 | 6,79 |
| | Φ_M | 109 | 107 | 102 | 96,1 | 79 | 95,6 | 126 | 126 | 106 | 95,3 | 96,1 | 121 | 116 | 130 | 93,4 | 78,9 | 87,6 | 86,8 | 93,4 | 135 |
| 0,5 | Φ_z | 1,24 | 1,84 | 2,01 | 2,05 | 1,78 | 1,93 | 3,26 | 3,85 | 3,95 | 3,58 | 2,05 | 3,52 | 4,35 | 4,85 | 4,64 | 1,78 | 3,09 | 3,92 | 4,64 | 5,07 |
| | Φ_M | 71,9 | 71,5 | 68,5 | 64,5 | 53 | 64,2 | 85,9 | 86,1 | 73,2 | 65,6 | 64,5 | 82,7 | 80,3 | 89,7 | 65,6 | 63 | 60,2 | 60,5 | 65,6 | 92,7 |
| 0,1 | Φ_z | 1,21 | 1,71 | 1,79 | 1,8 | 1,51 | 1,75 | 2,89 | 3,3 | 3,28 | 2,88 | 1,8 | 2,98 | 3,58 | 3,95 | 3,67 | 1,51 | 2,52 | 3,1 | 3,67 | 4,08 |
| | Φ_M | 81,7 | 78,2 | 74,6 | 69,8 | 57,6 | 69,3 | 89,7 | 88,3 | 73,1 | 66,7 | 69,8 | 86,2 | 80,6 | 90,8 | 63 | 57,6 | 61,5 | 59,6 | 63 | 94,3 |
| 0,2 | Φ_z | 1,15 | 1,67 | 1,8 | 1,83 | 1,57 | 1,74 | 2,92 | 3,42 | 3,47 | 3,12 | 1,83 | 3,11 | 3,82 | 4,23 | 4,02 | 1,57 | 2,7 | 3,4 | 4,02 | 4,41 |
| | Φ_M | 69,2 | 68,1 | 65 | 61,1 | 50,2 | 60,9 | 80,7 | 80,4 | 67,7 | 60,8 | 61,1 | 77,5 | 74,4 | 83,2 | 59,8 | 50,2 | 55,9 | 55,5 | 59,8 | 86 |
| 0,3 | Φ_z | 1,35 | 1,94 | 2,08 | 2,1 | 1,8 | 2,01 | 3,35 | 3,89 | 3,94 | 3,52 | 2,1 | 3,54 | 4,32 | 4,79 | 4,53 | 1,8 | 3,06 | 3,82 | 4,53 | 4,98 |
| | Φ_M | 85,4 | 82,9 | 79,3 | 74,5 | 61,4 | 73,9 | 96,8 | 96,2 | 80,6 | 73,2 | 74,5 | 93,3 | 88,8 | 99,8 | 71 | 61,8 | 67,3 | 66,5 | 71 | 104 |
| 0,4 | Φ_z | 1,24 | 1,84 | 2,01 | 2,05 | 1,78 | 1,93 | 3,26 | 3,85 | 3,95 | 3,58 | 2,05 | 3,52 | 4,35 | 4,85 | 4,64 | 1,78 | 3,09 | 3,92 | 4,64 | 5,07 |
| | Φ_M | 71,9 | 71,5 | 68,5 | 64,5 | 52,9 | 64,2 | 85,9 | 86,1 | 73,2 | 65,6 | 64,5 | 82,7 | 80,3 | 89,7 | 65,6 | 53 | 60,2 | 60,5 | 65,6 | 92,8 |
| 0,5 | Φ_z | 1,96 | 2,83 | 3,03 | 3,07 | 2,61 | 2,93 | 4,89 | 5,68 | 5,74 | 5,12 | 3,07 | 5,16 | 6,3 | 6,97 | 6,58 | 2,61 | 4,45 | 5,56 | 6,58 | 7,25 |
| | Φ_M | 124 | 121 | 115 | 108 | 89,1 | 107 | 141 | 140 | 117 | 106 | 108 | 136 | 129 | 145 | 103 | 89,1 | 97,7 | 96,3 | 103 | 150 |

4) Плита, свободно опертая по контуру $\gamma=0,1$, $\eta=1/4$

| β_0 | | α_0 | | 0,1 | | | | | 0,25 | | | | | 0,4 | | | | | 0,5 | | | | |
|-----------|-----|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | | | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| 0,1 | 0,1 | Φ_z | 1,87 | 2,7 | 2,86 | 2,88 | 2,44 | 2,78 | 4,64 | 5,35 | 5,38 | 4,76 | 2,88 | 4,85 | 5,88 | 6,49 | 6,11 | 2,44 | 4,13 | 5,15 | 6,11 | 6,73 | |
| | | Φ_M | 117 | 115 | 109 | 103 | 83,8 | 103 | 136 | 134 | 112 | 99,8 | 103 | 129 | 123 | 137 | 97,1 | 83,8 | 92,7 | 89,9 | 97,1 | 141 | |
| | 0,2 | Φ_z | 1,48 | 2,18 | 2,35 | 2,39 | 2,06 | 2,27 | 3,83 | 4,49 | 4,57 | 4,1 | 2,39 | 4,08 | 5,02 | 5,57 | 5,3 | 2,06 | 3,54 | 4,48 | 5,3 | 5,8 | |
| | | Φ_M | 86,9 | 86,9 | 82,4 | 77,8 | 63,4 | 77,8 | 104 | 104 | 87,9 | 77,9 | 77,8 | 99,6 | 96,1 | 107 | 77,7 | 63,4 | 72 | 71,2 | 77,7 | 110 | |
| | 0,3 | Φ_z | 1,68 | 2,45 | 2,62 | 2,65 | 2,25 | 2,53 | 4,24 | 4,93 | 4,97 | 4,43 | 2,65 | 4,47 | 5,46 | 6,03 | 5,7 | 2,25 | 3,84 | 4,81 | 5,7 | 6,27 | |
| | | Φ_M | 104 | 102 | 97 | 91,5 | 74,6 | 91,2 | 121 | 120 | 101 | 89,9 | 91,5 | 116 | 110 | 123 | 88,2 | 74,6 | 83,2 | 81,4 | 88,2 | 127 | |
| | 0,4 | Φ_z | 1,41 | 2,07 | 2,23 | 2,26 | 1,94 | 2,15 | 3,62 | 4,24 | 4,3 | 3,86 | 2,26 | 3,85 | 4,73 | 5,24 | 4,98 | 1,94 | 3,34 | 4,21 | 4,98 | 5,46 | |
| | | Φ_M | 83,6 | 83,4 | 79,1 | 74,7 | 60,8 | 74,6 | 99,7 | 99 | 83,8 | 74,4 | 74,7 | 95,3 | 91,7 | 102 | 73,9 | 60,8 | 68,8 | 67,8 | 73,9 | 105 | |
| | 0,5 | Φ_z | 1,34 | 1,95 | 2,08 | 2,1 | 1,79 | 2,02 | 3,37 | 3,91 | 3,95 | 3,51 | 2,1 | 3,55 | 4,33 | 4,78 | 4,51 | 1,79 | 3,05 | 3,81 | 4,51 | 4,96 | |
| | | Φ_M | 83,2 | 82,2 | 77,8 | 73,4 | 59,8 | 73,2 | 97 | 95,9 | 80,6 | 71,9 | 73,4 | 92,6 | 88,2 | 98,6 | 70,3 | 59,8 | 66,6 | 65 | 70,3 | 102 | |
| 0,25 | 0,1 | Φ_z | 1,42 | 2,08 | 2,24 | 2,28 | 1,95 | 2,17 | 3,64 | 4,26 | 4,32 | 3,88 | 2,28 | 3,87 | 4,75 | 5,27 | 5 | 1,95 | 3,35 | 4,22 | 5 | 5,48 | |
| | | Φ_M | 84,9 | 84,5 | 80,2 | 75,7 | 61,7 | 75,5 | 101 | 100 | 84,7 | 75,3 | 75,7 | 96,5 | 92,7 | 103 | 74,7 | 61,7 | 69,7 | 68,6 | 74,7 | 107 | |
| | 0,2 | Φ_z | 1,59 | 2,38 | 2,61 | 2,67 | 2,32 | 2,5 | 4,25 | 5,03 | 5,17 | 4,69 | 2,67 | 4,59 | 5,7 | 6,34 | 6,09 | 2,32 | 4,04 | 5,14 | 6,09 | 6,64 | |
| | | Φ_M | 89,4 | 90,4 | 86,1 | 81,5 | 66,4 | 81,3 | 1,1 | 110 | 94,3 | 83,5 | 81,5 | 106 | 103 | 115 | 84,7 | 66,4 | 76,9 | 77,1 | 84,7 | 118 | |
| | 0,3 | Φ_z | 1,77 | 2,63 | 2,86 | 2,92 | 2,52 | 2,75 | 4,65 | 5,48 | 5,6 | 5,06 | 2,92 | 4,99 | 6,17 | 6,85 | 6,56 | 2,52 | 4,37 | 5,54 | 6,56 | 7,16 | |
| | | Φ_M | 103 | 103 | 97,9 | 92,5 | 75,5 | 92,3 | 124 | 124 | 105 | 93,7 | 92,5 | 119 | 115 | 129 | 94,1 | 75,5 | 86,4 | 86 | 94,1 | 132 | |
| | 0,4 | Φ_z | 1,35 | 2,02 | 2,23 | 2,29 | 2 | 2,14 | 3,64 | 4,32 | 4,46 | 4,06 | 2,29 | 3,95 | 4,92 | 5,49 | 5,28 | 2 | 3,49 | 4,47 | 5,28 | 5,75 | |
| | | Φ_M | 74,5 | 75,6 | 72,1 | 68,3 | 55,7 | 68,1 | 92,5 | 92,8 | 79,8 | 70,6 | 68,3 | 88,8 | 87,2 | 97 | 72,1 | 55,7 | 65 | 65,5 | 72,1 | 99,9 | |
| | 0,5 | Φ_z | 1,47 | 2,07 | 2,35 | 2,39 | 2,06 | 2,26 | 3,82 | 4,48 | 4,56 | 4,11 | 2,39 | 4,07 | 5,02 | 5,57 | 5,31 | 2,06 | 3,55 | 4,48 | 5,31 | 5,81 | |
| | | Φ_M | 87 | 86,9 | 82,5 | 77,9 | 63,6 | 77,7 | 104 | 104 | 87,9 | 78,2 | 78 | 99,7 | 96,1 | 107 | 77,9 | 63,6 | 72,2 | 71,5 | 77,9 | 111 | |
| 0,4 | 0,1 | Φ_z | 1,41 | 2,07 | 2,23 | 2,26 | 1,94 | 2,15 | 3,62 | 4,24 | 4,3 | 3,86 | 2,26 | 3,85 | 4,73 | 5,24 | 4,98 | 1,94 | 3,34 | 4,21 | 4,98 | 5,46 | |
| | | Φ_M | 83,6 | 83,4 | 79,1 | 74,7 | 60,8 | 74,6 | 99,7 | 99 | 83,8 | 74,4 | 74,7 | 95,3 | 91,7 | 102 | 73,9 | 60,8 | 68,8 | 67,8 | 73,9 | 105 | |
| | 0,2 | Φ_z | 1,66 | 2,46 | 2,68 | 2,74 | 2,37 | 2,58 | 4,37 | 5,15 | 5,27 | 4,76 | 2,74 | 4,69 | 5,8 | 6,45 | 6,17 | 2,37 | 4,11 | 5,21 | 6,17 | 6,74 | |
| | | Φ_M | 95,5 | 96 | 91,3 | 86,3 | 70,3 | 86,1 | 116 | 116 | 98,6 | 87,5 | 86,3 | 111 | 108 | 120 | 88 | 70,3 | 80,7 | 80,4 | 88 | 124 | |
| | 0,3 | Φ_z | 1,58 | 2,36 | 2,58 | 2,64 | 2,3 | 2,48 | 4,21 | 4,98 | 5,11 | 4,64 | 2,64 | 4,54 | 5,64 | 6,27 | 6,02 | 2,3 | 4 | 5,09 | 6,02 | 6,56 | |
| | | Φ_M | 89,5 | 90,3 | 86 | 81,3 | 66,3 | 81,1 | 110 | 110 | 93,8 | 83,2 | 81,3 | 105 | 103 | 114 | 84,3 | 66,3 | 76,7 | 76,8 | 84,3 | 118 | |
| | 0,4 | Φ_z | 1,85 | 2,75 | 3 | 3,06 | 2,65 | 2,88 | 4,88 | 5,75 | 5,89 | 5,33 | 3,06 | 5,24 | 6,48 | 7,21 | 6,9 | 2,65 | 4,59 | 5,83 | 6,9 | 7,53 | |
| | | Φ_M | 106 | 107 | 102 | 96,2 | 78,4 | 96 | 129 | 129 | 110 | 97,6 | 96,2 | 124 | 120 | 134 | 98,3 | 78,4 | 90 | 89,7 | 98,3 | 138 | |
| | 0,5 | Φ_z | 1,24 | 1,87 | 2,06 | 2,12 | 1,86 | 1,98 | 3,37 | 4,01 | 4,13 | 3,77 | 2,12 | 3,66 | 4,56 | 5,09 | 4,91 | 1,86 | 3,24 | 4,15 | 4,91 | 5,34 | |
| | | Φ_M | 68,4 | 69,5 | 66,3 | 62,9 | 51,3 | 62,7 | 85,1 | 85,6 | 73,6 | 65,2 | 62,9 | 81,9 | 80,5 | 89,5 | 66,7 | 51,3 | 60 | 60,6 | 66,7 | 92,2 | |
| 0,5 | 0,1 | Φ_z | 1,34 | 1,95 | 2,08 | 2,1 | 1,79 | 2,02 | 3,37 | 3,91 | 3,95 | 3,51 | 2,1 | 3,55 | 4,33 | 4,78 | 4,51 | 1,79 | 3,05 | 3,81 | 4,51 | 4,96 | |
| | | Φ_M | 63,2 | 82,2 | 77,8 | 73,4 | 59,8 | 73,2 | 97 | 95,9 | 80,6 | 71,9 | 73,4 | 92,6 | 88,2 | 98,6 | 70,3 | 59,8 | 66,6 | 65 | 70,3 | 102 | |
| | 0,2 | Φ_z | 1,18 | 1,76 | 1,92 | 1,97 | 1,71 | 1,85 | 3,13 | 3,7 | 3,8 | 3,44 | 1,97 | 3,37 | 4,18 | 4,66 | 4,46 | 1,7 | 2,96 | 3,77 | 4,47 | 4,87 | |
| | | Φ_M | 66,8 | 67,4 | 64,2 | 60,7 | 49,4 | 60,6 | 81,8 | 81,8 | 70 | 61,9 | 60,7 | 78,4 | 76,4 | 85,1 | 62,7 | 49,4 | 57,1 | 57,1 | 62,6 | 87,6 | |
| | 0,3 | Φ_z | 1,43 | 2,11 | 2,27 | 2,32 | 1,99 | 2,2 | 3,7 | 4,33 | 4,41 | 3,97 | 2,32 | 3,94 | 4,85 | 5,38 | 5,12 | 1,99 | 3,43 | 4,33 | 5,12 | 5,61 | |
| | | Φ_M | 85,5 | 85,1 | 80,8 | 76,3 | 62,3 | 76,1 | 102 | 101 | 85,7 | 76,4 | 76,3 | 97,4 | 93,8 | 105 | 75,9 | 62,3 | 70,5 | 69,7 | 75,9 | 108 | |
| | 0,4 | Φ_z | 1,24 | 1,87 | 2,06 | 2,12 | 1,86 | 1,98 | 3,37 | 4,01 | 4,13 | 3,77 | 2,12 | 3,66 | 4,56 | 5,09 | 4,91 | 1,86 | 3,24 | 4,15 | 4,91 | 5,34 | |
| | | Φ_M | 68,4 | 69,5 | 66,3 | 62,9 | 51,3 | 62,7 | 85,1 | 85,6 | 73,6 | 65,2 | 62,9 | 81,9 | 80,6 | 89,5 | 66,7 | 51,3 | 60 | 60,6 | 66,7 | 92,2 | |
| | 0,5 | Φ_z | 2,08 | 3,07 | 3,32 | 3,38 | 2,91 | 3,2 | 5,4 | 6,33 | 6,45 | 5,81 | 3,38 | 5,76 | 7,09 | 7,87 | 7,5 | 2,91 | 5,02 | 7,34 | 7,5 | 8,21 | |
| | | Φ_M | 123 | 123 | 117 | 110 | 90 | 110 | 147 | 146 | 124 | 111 | 110 | 141 | 136 | 152 | 110 | 89,9 | 102 | 101 | 110 | 156 | |

5) Плита, свободно опертая по контуру $\gamma=0,05, \eta=1$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,1 | Φ_z | 1,75 | 0,79 | 1,82 | 1,69 | 1,43 | 1,69 | 2,32 | 2,48 | 2,18 | 1,98 | 1,69 | 2,31 | 2,41 | 2,68 | 2,13 | 1,43 | 1,75 | 1,96 | 2,13 | 2,81 |
| | Φ_M | 230 | 151 | 190 | 147 | 155 | 147 | 132 | 159 | 100 | 141 | 147 | 151 | 130 | 163 | 87,6 | 155 | 100 | 137 | 87,6 | 200 |
| 0,2 | Φ_z | 1,79 | 1,91 | 1,95 | 1,83 | 1,54 | 1,83 | 2,61 | 2,8 | 2,53 | 2,26 | 1,83 | 2,59 | 2,78 | 3,08 | 2,53 | 1,54 | 1,99 | 2,27 | 2,53 | 3,2 |
| | Φ_M | 209 | 141 | 173 | 136 | 140 | 136 | 126 | 147 | 95 | 129 | 136 | 141 | 121 | 151 | 82 | 140 | 94 | 124 | 82 | 182 |
| 0,3 | Φ_z | 1,82 | 1,95 | 1,99 | 1,87 | 1,58 | 1,86 | 2,66 | 2,88 | 2,61 | 2,35 | 1,87 | 2,66 | 2,87 | 3,19 | 2,63 | 1,58 | 2,06 | 2,37 | 2,63 | 3,32 |
| | Φ_M | 220 | 147 | 183 | 143 | 148 | 143 | 133 | 156 | 101 | 137 | 143 | 148 | 129 | 160 | 87,6 | 148 | 99,2 | 132 | 87,6 | 193 |
| 0,4 | Φ_z | 1,69 | 1,83 | 1,87 | 1,77 | 1,49 | 1,76 | 2,53 | 2,74 | 2,5 | 2,25 | 1,77 | 2,53 | 2,75 | 3,05 | 2,54 | 1,49 | 1,97 | 2,28 | 2,54 | 3,18 |
| | Φ_M | 196 | 132 | 163 | 128 | 132 | 128 | 120 | 140 | 90,6 | 122 | 128 | 133 | 115 | 143 | 78,6 | 132 | 89,1 | 117 | 78,6 | 173 |
| 0,5 | Φ_z | 1,43 | 1,54 | 1,58 | 1,49 | 1,27 | 1,48 | 2,12 | 2,31 | 2,1 | 1,91 | 1,49 | 2,14 | 2,32 | 2,58 | 2,15 | 1,27 | 1,67 | 1,93 | 2,15 | 2,7 |
| | Φ_M | 173 | 116 | 144 | 113 | 117 | 113 | 105 | 124 | 79,9 | 108 | 113 | 117 | 102 | 127 | 69,9 | 117 | 78,6 | 105 | 69,9 | 153 |
| 0,1 | Φ_z | 1,69 | 1,83 | 1,86 | 1,76 | 1,48 | 1,75 | 2,52 | 2,72 | 2,47 | 2,21 | 1,76 | 2,51 | 2,72 | 3,01 | 2,5 | 1,48 | 1,95 | 2,24 | 2,5 | 3,13 |
| | Φ_M | 196 | 133 | 163 | 128 | 132 | 128 | 120 | 140 | 90,7 | 122 | 128 | 133 | 115 | 143 | 78,4 | 132 | 89,2 | 117 | 78,4 | 172 |
| 0,2 | Φ_z | 2,32 | 2,61 | 2,66 | 2,53 | 2,12 | 2,52 | 3,7 | 4,03 | 3,71 | 3,3 | 2,53 | 3,7 | 4,07 | 4,5 | 3,8 | 2,12 | 2,9 | 3,36 | 3,8 | 4,66 |
| | Φ_M | 248 | 172 | 207 | 164 | 167 | 164 | 158 | 180 | 119 | 155 | 164 | 173 | 150 | 185 | 102 | 167 | 116 | 148 | 102 | 220 |
| 0,3 | Φ_z | 2,48 | 2,8 | 2,88 | 2,74 | 2,31 | 2,72 | 4,03 | 4,41 | 4,09 | 3,65 | 2,74 | 4,05 | 4,49 | 4,97 | 4,24 | 2,3 | 3,2 | 3,74 | 4,24 | 5,16 |
| | Φ_M | 265 | 184 | 221 | 176 | 178 | 177 | 170 | 195 | 129 | 167 | 176 | 186 | 162 | 199 | 111 | 178 | 125 | 160 | 111 | 237 |
| 0,4 | Φ_z | 2,18 | 2,53 | 2,61 | 2,5 | 2,1 | 2,47 | 3,71 | 4,09 | 3,84 | 3,42 | 2,5 | 3,75 | 4,21 | 4,65 | 4,03 | 2,1 | 2,99 | 3,53 | 4,03 | 4,83 |
| | Φ_M | 219 | 155 | 184 | 148 | 148 | 148 | 145 | 164 | 111 | 140 | 148 | 157 | 138 | 168 | 95,2 | 148 | 106 | 133 | 95,2 | 198 |
| 0,5 | Φ_z | 1,98 | 2,26 | 2,35 | 2,25 | 1,91 | 2,21 | 3,3 | 3,65 | 3,42 | 3,07 | 2,25 | 3,35 | 3,76 | 4,17 | 3,61 | 1,91 | 2,68 | 3,18 | 3,61 | 4,34 |
| | Φ_M | 213 | 148 | 179 | 142 | 144 | 142 | 138 | 158 | 106 | 136 | 142 | 150 | 132 | 162 | 91,7 | 144 | 101 | 130 | 91,7 | 192 |
| 0,1 | Φ_z | 1,69 | 1,83 | 1,87 | 1,77 | 1,49 | 1,76 | 2,53 | 2,74 | 2,5 | 2,25 | 1,77 | 2,53 | 2,75 | 3,05 | 2,54 | 1,49 | 1,97 | 2,28 | 2,54 | 3,18 |
| | Φ_M | 196 | 132 | 163 | 128 | 132 | 128 | 120 | 140 | 90,6 | 122 | 128 | 133 | 115 | 143 | 78,6 | 132 | 89,1 | 117 | 78,6 | 173 |
| 0,2 | Φ_z | 2,31 | 2,59 | 2,66 | 2,53 | 2,14 | 2,51 | 3,7 | 4,05 | 3,75 | 3,35 | 2,53 | 3,73 | 4,12 | 4,56 | 3,88 | 2,14 | 2,94 | 3,44 | 3,88 | 4,74 |
| | Φ_M | 249 | 172 | 208 | 165 | 168 | 165 | 158 | 182 | 120 | 157 | 165 | 174 | 151 | 186 | 104 | 168 | 117 | 150 | 104 | 222 |
| 0,3 | Φ_z | 2,41 | 2,78 | 2,87 | 2,75 | 2,32 | 2,72 | 4,07 | 4,49 | 4,21 | 3,76 | 2,75 | 4,12 | 4,62 | 5,12 | 4,43 | 2,32 | 3,29 | 3,89 | 4,43 | 5,32 |
| | Φ_M | 247 | 174 | 207 | 166 | 167 | 166 | 163 | 185 | 124 | 158 | 166 | 176 | 155 | 189 | 107 | 167 | 119 | 150 | 107 | 223 |
| 0,4 | Φ_z | 2,68 | 3,08 | 3,19 | 3,05 | 2,58 | 3,01 | 4,5 | 4,97 | 4,65 | 4,17 | 3,05 | 4,56 | 5,12 | 5,67 | 4,91 | 2,58 | 3,65 | 4,31 | 4,9 | 5,9 |
| | Φ_M | 281 | 196 | 236 | 188 | 189 | 188 | 183 | 209 | 140 | 179 | 188 | 199 | 175 | 214 | 121 | 189 | 134 | 171 | 121 | 254 |
| 0,5 | Φ_z | 2,13 | 2,53 | 2,63 | 2,54 | 2,15 | 2,5 | 3,8 | 4,24 | 4,03 | 3,61 | 2,54 | 3,88 | 4,43 | 4,91 | 4,32 | 2,15 | 3,15 | 3,77 | 4,32 | 5,1 |
| | Φ_M | 206 | 148 | 174 | 140 | 132 | 141 | 141 | 158 | 108 | 134 | 140 | 151 | 133 | 162 | 93,5 | 139 | 102 | 127 | 93,5 | 189 |
| 0,1 | Φ_z | 1,43 | 1,54 | 1,58 | 1,49 | 1,27 | 1,48 | 2,12 | 2,31 | 2,1 | 1,91 | 1,49 | 2,14 | 2,32 | 2,58 | 2,15 | 1,27 | 1,67 | 1,93 | 2,15 | 2,7 |
| | Φ_M | 173 | 116 | 144 | 113 | 117 | 113 | 105 | 124 | 79,9 | 108 | 113 | 117 | 102 | 127 | 69,8 | 117 | 78,6 | 105 | 69,9 | 153 |
| 0,2 | Φ_z | 1,75 | 1,99 | 2,06 | 1,97 | 1,67 | 1,95 | 2,9 | 3,2 | 2,99 | 2,68 | 1,97 | 2,94 | 3,29 | 3,65 | 3,15 | 1,67 | 2,35 | 2,77 | 3,15 | 3,79 |
| | Φ_M | 182 | 127 | 153 | 122 | 123 | 122 | 118 | 135 | 90,3 | 116 | 122 | 129 | 113 | 139 | 78,1 | 123 | 86,9 | 111 | 78,1 | 164 |
| 0,3 | Φ_z | 1,96 | 2,27 | 2,37 | 2,28 | 1,93 | 2,24 | 3,36 | 3,74 | 3,53 | 3,18 | 2,28 | 3,44 | 3,89 | 4,31 | 3,77 | 1,93 | 2,77 | 3,31 | 3,77 | 4,49 |
| | Φ_M | 205 | 144 | 173 | 138 | 139 | 139 | 136 | 156 | 105 | 133 | 138 | 148 | 130 | 159 | 91,2 | 139 | 99,7 | 128 | 91,2 | 188 |
| 0,4 | Φ_z | 2,13 | 2,53 | 2,63 | 2,54 | 2,15 | 2,5 | 3,8 | 4,24 | 4,03 | 3,61 | 2,54 | 3,88 | 4,43 | 4,9 | 4,32 | 2,15 | 3,15 | 3,77 | 4,32 | 5,1 |
| | Φ_M | 206 | 147 | 174 | 140 | 139 | 141 | 141 | 158 | 108 | 134 | 140 | 151 | 133 | 162 | 98,5 | 139 | 102 | 127 | 93,5 | 189 |
| 0,5 | Φ_z | 2,81 | 3,2 | 3,32 | 3,18 | 2,7 | 3,13 | 4,66 | 5,16 | 4,83 | 4,34 | 3,18 | 4,74 | 5,32 | 5,9 | 5,1 | 2,7 | 3,79 | 4,49 | 5,1 | 6,14 |
| | Φ_M | 301 | 209 | 253 | 201 | 203 | 201 | 195 | 224 | 149 | 192 | 201 | 213 | 187 | 229 | 130 | 203 | 143 | 184 | 130 | 272 |

6) Плита, свободно опертая по контуру $\gamma=0,05$, $\tau=1/2$

| β_0 | β | Φ | α_0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------|----------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | 0,1 | | | | | 0,25 | | | | | 0,4 | | | | | 0,5 | | | | |
| | | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| 0,1 | 0,1 | Φ_z | 1,99 | 2,37 | 2,4 | 2,31 | 1,92 | 2,3 | 3,5 | 3,81 | 3,58 | 3,13 | 2,31 | 3,49 | 3,9 | 4,29 | 3,72 | 1,92 | 2,77 | 3,22 | 3,72 | 4,42 |
| | | Φ_M | 194 | 146 | 163 | 136 | 130 | 135 | 140 | 152 | 107 | 126 | 136 | 148 | 130 | 157 | 91,5 | 130 | 101 | 117 | 91,5 | 179 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,73 | 2,14 | 2,2 | 2,15 | 1,8 | 2,12 | 3,3 | 3,67 | 3,51 | 3,1 | 2,15 | 3,35 | 3,84 | 4,24 | 3,77 | 1,8 | 2,72 | 3,24 | 3,77 | 4,38 |
| | | Φ_M | 153 | 118 | 131 | 110 | 104 | 109 | 118 | 126 | 91,5 | 103 | 110 | 123 | 109 | 130 | 78,3 | 104 | 84,1 | 95,6 | 78,3 | 146 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,87 | 2,28 | 2,34 | 2,28 | 1,91 | 2,24 | 3,46 | 3,83 | 3,65 | 3,23 | 2,28 | 3,5 | 4 | 4,41 | 3,9 | 1,91 | 2,84 | 3,36 | 3,9 | 4,57 |
| | | Φ_M | 174 | 133 | 148 | 124 | 118 | 123 | 130 | 140 | 101 | 116 | 124 | 137 | 121 | 145 | 86,5 | 118 | 93,7 | 108 | 86,5 | 165 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,63 | 2,02 | 2,08 | 2,03 | 1,7 | 2 | 3,11 | 3,46 | 3,32 | 2,94 | 2,03 | 3,16 | 3,64 | 4,01 | 3,58 | 1,7 | 2,58 | 3,08 | 3,58 | 4,16 |
| | | Φ_M | 146 | 112 | 124 | 105 | 98,9 | 104 | 112 | 120 | 86,8 | 98,6 | 105 | 116 | 104 | 124 | 74,5 | 98,9 | 80 | 91,3 | 74,5 | 139 |
| | 0,5 | Φ_z | 1,49 | 1,8 | 1,85 | 1,8 | 1,5 | 1,77 | 2,72 | 3,01 | 2,87 | 2,54 | 1,8 | 2,76 | 3,14 | 3,47 | 3,06 | 1,5 | 2,23 | 2,64 | 3,06 | 3,59 |
| | | Φ_M | 139 | 106 | 118 | 99,1 | 94,1 | 97,9 | 103 | 112 | 79,9 | 92,8 | 99,1 | 109 | 96,2 | 115 | 68,8 | 94,1 | 74,6 | 86,1 | 68,8 | 131 |
| 0,25 | 0,1 | Φ_z | 1,64 | 2,03 | 2,09 | 2,04 | 1,71 | 2,01 | 3,12 | 3,48 | 3,34 | 2,96 | 2,04 | 3,18 | 3,66 | 4,04 | 3,6 | 1,71 | 2,6 | 3,1 | 3,6 | 4,18 |
| | | Φ_M | 147 | 113 | 125 | 106 | 99,6 | 105 | 112 | 121 | 84,7 | 99,3 | 106 | 117 | 104 | 125 | 75,2 | 99,6 | 80,6 | 92,1 | 75,2 | 140 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,99 | 2,56 | 2,68 | 2,64 | 2,23 | 2,57 | 4,07 | 4,61 | 4,50 | 4 | 2,64 | 4,2 | 4,93 | 5,45 | 4,96 | 2,23 | 3,49 | 4,25 | 4,96 | 5,66 |
| | | Φ_M | 165 | 130 | 142 | 121 | 113 | 121 | 133 | 142 | 105 | 115 | 121 | 137 | 124 | 146 | 90,8 | 113 | 94,8 | 107 | 90,8 | 163 |
| | 0,3 | Φ_z | 2,16 | 2,76 | 2,89 | 2,85 | 2,41 | 2,76 | 4,37 | 4,95 | 4,83 | 4,32 | 2,85 | 4,52 | 5,3 | 5,87 | 5,34 | 2,41 | 3,76 | 4,58 | 5,34 | 6,11 |
| | | Φ_M | 183 | 143 | 158 | 134 | 125 | 133 | 146 | 156 | 115 | 128 | 134 | 151 | 136 | 161 | 100 | 125 | 104 | 119 | 100 | 181 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,75 | 2,28 | 2,42 | 2,4 | 2,05 | 2,31 | 3,7 | 4,23 | 4,17 | 3,75 | 2,4 | 3,87 | 4,59 | 5,09 | 4,68 | 2,05 | 3,26 | 4,01 | 4,68 | 5,3 |
| | | Φ_M | 139 | 111 | 121 | 104 | 96 | 103 | 115 | 123 | 92,3 | 100 | 104 | 119 | 108 | 127 | 80,6 | 96 | 82,5 | 93,3 | 80,6 | 141 |
| | 0,5 | Φ_z | 1,76 | 2,23 | 2,33 | 2,3 | 1,95 | 2,23 | 3,51 | 3,97 | 3,87 | 3,47 | 2,3 | 3,63 | 4,25 | 4,71 | 4,27 | 1,95 | 3,02 | 3,67 | 4,27 | 4,9 |
| | | Φ_M | 152 | 118 | 131 | 111 | 104 | 110 | 119 | 128 | 94,2 | 106 | 111 | 124 | 112 | 133 | 82,1 | 104 | 86,1 | 98,7 | 82,1 | 150 |
| 0,4 | 0,1 | Φ_z | 1,63 | 2,02 | 2,08 | 2,03 | 1,7 | 2 | 3,11 | 3,46 | 3,32 | 2,94 | 2,03 | 3,16 | 3,64 | 4,01 | 3,58 | 1,7 | 2,58 | 3,08 | 3,58 | 4,16 |
| | | Φ_M | 146 | 112 | 124 | 105 | 98,9 | 104 | 112 | 120 | 86,8 | 98,6 | 105 | 116 | 104 | 124 | 74,5 | 98,9 | 80 | 91,3 | 74,5 | 139 |
| | 0,2 | Φ_z | 2,03 | 2,58 | 2,69 | 2,65 | 2,24 | 2,58 | 4,07 | 4,6 | 4,48 | 3,99 | 2,65 | 4,2 | 4,91 | 5,44 | 4,93 | 2,24 | 3,48 | 4,23 | 4,93 | 5,64 |
| | | Φ_M | 172 | 135 | 148 | 126 | 117 | 125 | 137 | 146 | 108 | 119 | 126 | 141 | 127 | 151 | 93,1 | 117 | 97,8 | 111 | 93,1 | 169 |
| | 0,3 | Φ_z | 2 | 2,58 | 2,72 | 2,69 | 2,29 | 2,6 | 4,14 | 4,72 | 4,64 | 4,16 | 2,69 | 4,32 | 5,1 | 5,65 | 5,18 | 2,29 | 3,62 | 4,44 | 5,18 | 5,89 |
| | | Φ_M | 164 | 130 | 142 | 121 | 112 | 120 | 133 | 142 | 106 | 116 | 121 | 137 | 125 | 147 | 92,3 | 112 | 95,3 | 108 | 92,3 | 164 |
| | 0,4 | Φ_z | 2,29 | 2,93 | 3,08 | 3,04 | 2,59 | 2,94 | 4,66 | 5,29 | 5,19 | 4,65 | 3,04 | 4,85 | 5,7 | 6,32 | 5,76 | 2,59 | 4,05 | 4,94 | 5,76 | 6,57 |
| | | Φ_M | 192 | 151 | 165 | 141 | 131 | 140 | 153 | 164 | 122 | 135 | 141 | 159 | 144 | 170 | 106 | 131 | 110 | 126 | 106 | 190 |
| | 0,5 | Φ_z | 1,65 | 2,16 | 2,3 | 2,3 | 1,97 | 2,2 | 3,54 | 4,07 | 4,05 | 3,66 | 2,3 | 3,73 | 4,46 | 4,96 | 4,59 | 1,97 | 3,17 | 3,93 | 4,59 | 5,17 |
| | | Φ_M | 128 | 103 | 112 | 96,4 | 89,1 | 95,7 | 108 | 115 | 86,8 | 93,7 | 96,4 | 111 | 102 | 119 | 76,4 | 89,1 | 77,4 | 87,8 | 76,4 | 132 |
| 0,5 | 0,1 | Φ_z | 1,49 | 1,8 | 1,85 | 1,8 | 1,5 | 1,77 | 2,72 | 3,01 | 2,87 | 2,54 | 1,8 | 2,76 | 3,14 | 3,47 | 3,06 | 1,5 | 2,23 | 2,64 | 3,06 | 3,59 |
| | | Φ_M | 139 | 106 | 118 | 99,1 | 94,1 | 97,9 | 103 | 112 | 79,9 | 92,8 | 99,1 | 109 | 96,2 | 116 | 68,8 | 94,1 | 74,6 | 86,1 | 68,8 | 131 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,47 | 1,89 | 1,99 | 1,96 | 1,67 | 1,9 | 3,02 | 3,43 | 3,35 | 3 | 1,96 | 3,13 | 3,68 | 4,08 | 3,72 | 1,67 | 2,61 | 3,19 | 3,72 | 4,24 |
| | | Φ_M | 122 | 96,4 | 106 | 89,9 | 83,7 | 89,2 | 98,5 | 105 | 78,0 | 85,9 | 89,9 | 102 | 92 | 109 | 67,8 | 83,7 | 70,5 | 80 | 67,8 | 121 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,72 | 2,17 | 2,28 | 2,26 | 1,93 | 2,18 | 3,44 | 3,91 | 3,83 | 3,45 | 2,26 | 3,59 | 4,21 | 4,68 | 4,26 | 1,93 | 3 | 3,66 | 4,26 | 4,87 |
| | | Φ_M | 148 | 115 | 127 | 108 | 102 | 107 | 116 | 125 | 92,1 | 104 | 108 | 121 | 110 | 130 | 80,7 | 102 | 84,1 | 96,9 | 80,7 | 146 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,64 | 2,16 | 2,3 | 2,3 | 1,97 | 2,2 | 3,54 | 4,07 | 4,05 | 3,66 | 2,3 | 3,73 | 4,46 | 4,96 | 4,59 | 1,97 | 3,17 | 3,93 | 4,59 | 5,17 |
| | | Φ_M | 128 | 103 | 112 | 96,4 | 89,1 | 95,7 | 108 | 115 | 86,8 | 93,7 | 96,4 | 111 | 102 | 119 | 76,4 | 89,1 | 77,4 | 87,8 | 76,4 | 132 |
| | 0,5 | Φ_z | 2,49 | 3,15 | 3,3 | 3,25 | 2,76 | 3,15 | 4,96 | 5,61 | 5,47 | 4,9 | 3,25 | 5,14 | 6,01 | 6,66 | 6,04 | 2,76 | 4,27 | 5,19 | 6,04 | 6,93 |
| | | Φ_M | 216 | 168 | 185 | 157 | 147 | 155 | 169 | 181 | 133 | 150 | 157 | 176 | 158 | 188 | 116 | 147 | 122 | 140 | 116 | 212 |

7) Плита, свободно опертая по контуру $\gamma=0,05$, $\eta=1/3$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,1 | Φ_z | 2,28 | 2,9 | 3 | 2,94 | 2,46 | 2,89 | 4,55 | 5,09 | 4,92 | 4,33 | 2,94 | 4,64 | 5,38 | 5,93 | 5,33 | 2,46 | 3,8 | 4,56 | 5,33 | 6,13 |
| | Φ_M | 193 | 154 | 166 | 143 | 131 | 141 | 157 | 165 | 122 | 133 | 143 | 161 | 144 | 170 | 105 | 131 | 111 | 123 | 105 | 189 |
| 0,2 | Φ_z | 1,83 | 2,41 | 2,53 | 2,51 | 2,13 | 2,43 | 3,9 | 4,45 | 4,38 | 3,91 | 2,51 | 4,06 | 4,81 | 5,32 | 4,89 | 2,13 | 3,4 | 4,17 | 4,89 | 5,53 |
| | Φ_M | 144 | 117 | 126 | 109 | 99,1 | 108 | 123 | 129 | 98 | 104 | 109 | 125 | 114 | 133 | 85 | 99,1 | 87,1 | 96,2 | 85 | 147 |
| 0,3 | Φ_z | 2,07 | 2,67 | 2,78 | 2,75 | 2,32 | 2,68 | 4,25 | 4,8 | 4,68 | 4,16 | 2,75 | 4,38 | 5,14 | 5,68 | 5,16 | 2,32 | 3,64 | 4,41 | 5,16 | 5,89 |
| | Φ_M | 171 | 137 | 148 | 127 | 117 | 126 | 141 | 149 | 111 | 120 | 127 | 145 | 131 | 154 | 96,2 | 117 | 100 | 111 | 96,2 | 170 |
| 0,4 | Φ_z | 1,74 | 2,28 | 2,4 | 2,38 | 2,02 | 2,3 | 3,68 | 4,19 | 4,12 | 3,68 | 2,38 | 3,82 | 4,52 | 5 | 4,59 | 2,01 | 3,2 | 3,92 | 4,59 | 5,2 |
| | Φ_M | 138 | 113 | 121 | 104 | 95,2 | 103 | 117 | 123 | 93,3 | 99,5 | 104 | 120 | 109 | 128 | 80,9 | 95,2 | 83,2 | 92 | 80,9 | 141 |
| 0,5 | Φ_z | 1,65 | 2,12 | 2,21 | 2,18 | 1,83 | 2,12 | 3,37 | 3,8 | 3,7 | 3,28 | 2,18 | 3,46 | 4,05 | 4,48 | 4,06 | 1,83 | 2,87 | 3,28 | 4,06 | 4,64 |
| | Φ_M | 137 | 110 | 118 | 102 | 93,7 | 101 | 113 | 119 | 88,9 | 96,3 | 102 | 116 | 104 | 123 | 76,6 | 93,7 | 80,2 | 88,9 | 76,6 | 136 |
| 0,1 | Φ_z | 1,76 | 2,3 | 2,41 | 2,39 | 2,03 | 2,32 | 3,71 | 4,22 | 4,15 | 3,71 | 2,39 | 3,85 | 4,55 | 5,04 | 4,62 | 2,03 | 3,23 | 3,95 | 4,62 | 5,24 |
| | Φ_M | 140 | 114 | 122 | 106 | 96,6 | 105 | 118 | 125 | 94,3 | 101 | 106 | 121 | 110 | 129 | 82 | 96,6 | 84,3 | 93,4 | 81,9 | 143 |
| 0,2 | Φ_z | 2 | 2,69 | 2,88 | 2,88 | 2,43 | 2,75 | 4,47 | 5,17 | 5,16 | 4,66 | 2,88 | 4,73 | 5,69 | 6,32 | 5,89 | 2,48 | 4,04 | 5,02 | 5,89 | 6,59 |
| | Φ_M | 149 | 123 | 132 | 115 | 104 | 114 | 132 | 139 | 107 | 112 | 115 | 134 | 124 | 144 | 94,3 | 104 | 94 | 104 | 94,3 | 158 |
| 0,3 | Φ_z | 2,22 | 2,95 | 3,14 | 3,14 | 2,69 | 3 | 4,86 | 5,59 | 5,56 | 5,02 | 3,14 | 5,12 | 6,12 | 6,8 | 6,31 | 2,69 | 4,35 | 5,39 | 6,31 | 7,09 |
| | Φ_M | 170 | 140 | 150 | 130 | 118 | 129 | 147 | 156 | 119 | 126 | 130 | 150 | 139 | 162 | 105 | 118 | 105 | 117 | 105 | 178 |
| 0,4 | Φ_z | 1,71 | 2,32 | 2,5 | 2,51 | 2,17 | 2,38 | 3,9 | 4,53 | 4,56 | 4,14 | 2,51 | 4,15 | 5,02 | 5,59 | 5,25 | 2,17 | 3,57 | 4,47 | 5,25 | 5,85 |
| | Φ_M | 124 | 104 | 110 | 96,3 | 87,2 | 95,7 | 112 | 118 | 91,5 | 94,9 | 96,3 | 113 | 106 | 123 | 81,2 | 87,2 | 80 | 88,9 | 81,2 | 134 |
| 0,5 | Φ_z | 1,84 | 2,42 | 2,57 | 2,56 | 2,18 | 2,46 | 3,95 | 4,53 | 4,48 | 4,03 | 2,56 | 4,14 | 4,93 | 5,47 | 5,05 | 2,18 | 3,5 | 4,32 | 5,05 | 5,7 |
| | Φ_M | 144 | 117 | 126 | 109 | 99,7 | 108 | 123 | 130 | 98,8 | 105 | 109 | 126 | 115 | 135 | 86,5 | 99,7 | 87,9 | 97,7 | 86,5 | 149 |
| 0,1 | Φ_z | 1,74 | 2,28 | 2,4 | 2,38 | 2,01 | 2,3 | 3,68 | 4,19 | 4,12 | 3,68 | 2,38 | 3,82 | 4,52 | 5 | 4,59 | 2,01 | 3,2 | 3,92 | 4,59 | 5,2 |
| | Φ_M | 138 | 113 | 121 | 104 | 95,2 | 103 | 117 | 123 | 93,3 | 99,5 | 104 | 120 | 109 | 128 | 80,9 | 95,2 | 83,2 | 92 | 80,9 | 141 |
| 0,2 | Φ_z | 2,08 | 2,77 | 2,94 | 2,94 | 2,51 | 2,82 | 4,55 | 5,24 | 5,21 | 4,69 | 2,94 | 4,79 | 5,73 | 6,36 | 5,89 | 2,51 | 4,06 | 5,03 | 5,89 | 6,63 |
| | Φ_M | 159 | 130 | 139 | 121 | 110 | 120 | 138 | 146 | 111 | 117 | 121 | 140 | 129 | 151 | 97,6 | 110 | 98,4 | 104 | 97,6 | 166 |
| 0,3 | Φ_z | 2 | 2,68 | 2,87 | 2,88 | 2,48 | 2,74 | 4,46 | 5,16 | 5,16 | 4,67 | 2,88 | 4,72 | 5,68 | 6,32 | 5,89 | 2,48 | 4,04 | 5,03 | 5,89 | 6,6 |
| | Φ_M | 149 | 123 | 132 | 114 | 104 | 114 | 131 | 139 | 107 | 112 | 114 | 134 | 124 | 144 | 94,4 | 104 | 94 | 109 | 94,4 | 158 |
| 0,4 | Φ_z | 2,33 | 3,1 | 3,3 | 3,3 | 2,83 | 3,16 | 5,12 | 5,89 | 5,87 | 5,29 | 3,3 | 5,39 | 6,46 | 7,18 | 6,67 | 2,83 | 4,59 | 5,69 | 6,67 | 7,49 |
| | Φ_M | 177 | 145 | 156 | 135 | 123 | 134 | 154 | 163 | 125 | 131 | 135 | 157 | 145 | 169 | 110 | 123 | 110 | 122 | 110 | 185 |
| 0,5 | Φ_z | 1,58 | 2,16 | 2,33 | 2,35 | 2,04 | 2,22 | 3,64 | 4,24 | 4,27 | 3,89 | 2,35 | 3,89 | 4,72 | 5,26 | 4,94 | 2,04 | 3,36 | 4,21 | 4,94 | 5,5 |
| | Φ_M | 114 | 95,4 | 102 | 88,8 | 80,4 | 88,2 | 103 | 109 | 84,8 | 87,9 | 88,8 | 105 | 97,9 | 114 | 75,6 | 80,4 | 74,1 | 82,5 | 75,6 | 124 |
| 0,1 | Φ_z | 1,65 | 2,12 | 2,21 | 2,18 | 1,83 | 2,12 | 3,37 | 3,8 | 3,7 | 3,28 | 2,18 | 3,46 | 4,05 | 4,48 | 4,06 | 1,83 | 2,87 | 3,48 | 4,06 | 4,64 |
| | Φ_M | 137 | 110 | 118 | 102 | 93,7 | 101 | 113 | 119 | 88,9 | 96,3 | 102 | 116 | 104 | 123 | 76,6 | 93,7 | 80,2 | 88,9 | 76,6 | 136 |
| 0,2 | Φ_z | 1,48 | 1,99 | 2,12 | 2,12 | 1,82 | 2,03 | 3,29 | 3,8 | 3,79 | 3,42 | 2,12 | 3,48 | 4,18 | 4,64 | 4,32 | 1,82 | 2,97 | 3,69 | 4,32 | 4,84 |
| | Φ_M | 111 | 91,9 | 98,1 | 85,3 | 77,4 | 84,7 | 97,8 | 103 | 79,3 | 83 | 85,3 | 99,5 | 91,9 | 107 | 69,8 | 77,4 | 69,8 | 77 | 69,8 | 117 |
| 0,3 | Φ_z | 1,79 | 2,36 | 2,5 | 2,49 | 2,13 | 2,39 | 3,84 | 4,4 | 4,36 | 3,93 | 2,49 | 4,03 | 4,8 | 5,33 | 4,92 | 2,13 | 3,41 | 4,2 | 4,92 | 5,55 |
| | Φ_M | 141 | 115 | 124 | 107 | 97,8 | 106 | 120 | 127 | 96,4 | 103 | 107 | 123 | 113 | 132 | 84,6 | 97,8 | 86,1 | 95,9 | 80,6 | 106 |
| 0,4 | Φ_z | 1,58 | 2,16 | 2,33 | 2,35 | 2,04 | 2,22 | 3,64 | 4,24 | 4,27 | 3,89 | 2,35 | 3,89 | 4,72 | 5,26 | 4,94 | 2,04 | 3,36 | 4,21 | 4,94 | 5,5 |
| | Φ_M | 114 | 95,4 | 102 | 88,8 | 80,4 | 88,2 | 103 | 109 | 84,8 | 87,9 | 88,8 | 105 | 97,9 | 114 | 75,6 | 80,4 | 74,1 | 82,5 | 75,6 | 120 |
| 0,5 | Φ_z | 2,6 | 3,43 | 3,63 | 3,62 | 3,09 | 3,47 | 5,59 | 6,4 | 6,34 | 5,7 | 3,62 | 5,86 | 6,97 | 7,74 | 7,14 | 3,09 | 4,95 | 6,1 | 7,14 | 8,06 |
| | Φ_M | 204 | 166 | 178 | 154 | 141 | 153 | 174 | 184 | 140 | 149 | 154 | 178 | 163 | 191 | 122 | 141 | 124 | 138 | 122 | 210 |

8) Плита, свободно опертая по контуру $\gamma=0,05$, $\eta=1,4$

| β_0 | α_0 | | 0,1 | | | | | 0,25 | | | | | 0,4 | | | | | 0,5 | | | | |
|-----------|------------|----------|----------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|
| | β | Φ | α | | | | |
| | | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| 0,1 | 0,1 | Φ_z | 2,49 | 3,29 | 3,46 | 3,43 | 2,9 | 3,32 | 5,33 | 6,08 | 5,98 | 5,33 | 3,43 | 5,54 | 6,56 | 7,26 | 6,67 | 2,9 | 4,64 | 5,69 | 6,67 | 7,54 |
| | | Φ_M | 195 | 160 | 170 | 148 | 134 | 147 | 168 | 176 | 134 | 141 | 148 | 171 | 156 | 182 | 116 | 134 | 119 | 130 | 116 | 200 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,92 | 2,59 | 2,77 | 2,78 | 2,39 | 2,65 | 4,32 | 5 | 5 | 4,51 | 2,78 | 4,57 | 5,5 | 6,11 | 5,7 | 2,39 | 3,9 | 4,86 | 5,7 | 6,37 |
| | | Φ_M | 141 | 118 | 125 | 109 | 98,6 | 109 | 127 | 133 | 103 | 107 | 109 | 128 | 119 | 138 | 90,9 | 98,6 | 90,3 | 99,4 | 90,9 | 151 |
| | 0,3 | Φ_z | 2,23 | 2,96 | 3,14 | 3,12 | 2,66 | 3,01 | 4,85 | 5,56 | 5,51 | 4,93 | 3,12 | 5,08 | 6,05 | 6,71 | 6,19 | 2,66 | 4,29 | 5,28 | 6,19 | 6,98 |
| | | Φ_M | 171 | 142 | 150 | 131 | 119 | 130 | 150 | 157 | 120 | 126 | 131 | 152 | 139 | 163 | 105 | 119 | 106 | 117 | 105 | 178 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,84 | 2,47 | 2,64 | 2,64 | 2,26 | 2,52 | 4,1 | 4,73 | 4,72 | 4,25 | 2,64 | 4,32 | 5,19 | 5,77 | 5,37 | 2,26 | 3,69 | 4,58 | 5,37 | 6,01 |
| | | Φ_M | 137 | 114 | 121 | 105 | 95,1 | 105 | 122 | 128 | 98,8 | 102 | 105 | 123 | 114 | 133 | 86,8 | 95,1 | 86,7 | 95,3 | 86,8 | 145 |
| | 0,5 | Φ_z | 1,79 | 2,37 | 2,5 | 2,49 | 2,12 | 2,4 | 3,87 | 4,42 | 4,38 | 3,91 | 2,49 | 4,04 | 4,81 | 5,32 | 4,91 | 2,12 | 3,4 | 4,19 | 4,91 | 5,54 |
| | | Φ_M | 138 | 114 | 121 | 105 | 95,3 | 104 | 120 | 126 | 96,2 | 101 | 105 | 122 | 112 | 130 | 83,8 | 95,3 | 85,2 | 93,5 | 83,8 | 143 |
| 0,25 | 0,1 | Φ_z | 1,86 | 2,5 | 2,66 | 2,66 | 2,28 | 2,55 | 4,14 | 4,77 | 4,75 | 4,28 | 2,66 | 4,36 | 5,23 | 5,81 | 5,4 | 2,28 | 3,7 | 4 | 5,4 | 4,05 |
| | | Φ_M | 139 | 116 | 123 | 107 | 96,9 | 106 | 123 | 130 | 100 | 104 | 107 | 125 | 116 | 135 | 88 | 96,9 | 88 | 96,9 | 88 | 147 |
| | 0,2 | Φ_z | 2,03 | 2,79 | 3,02 | 3,05 | 2,65 | 2,88 | 4,74 | 5,54 | 5,6 | 5,1 | 3,05 | 5,08 | 6,18 | 6,88 | 6,49 | 2,65 | 4,4 | 5,53 | 6,49 | 7,21 |
| | | Φ_M | 143 | 122 | 129 | 113 | 101 | 112 | 132 | 140 | 109 | 112 | 113 | 134 | 126 | 146 | 97,7 | 101 | 95 | 105 | 97,7 | 158 |
| | 0,3 | Φ_z | 2,3 | 3,12 | 3,35 | 3,37 | 2,91 | 3,2 | 5,23 | 6,08 | 6,11 | 5,54 | 3,37 | 5,57 | 6,73 | 7,5 | 7,03 | 2,91 | 4,79 | 6 | 7,03 | 7,84 |
| | | Φ_M | 167 | 140 | 148 | 130 | 117 | 129 | 151 | 159 | 124 | 128 | 130 | 153 | 143 | 166 | 110 | 117 | 108 | 119 | 110 | 181 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,71 | 2,37 | 2,57 | 2,61 | 2,27 | 2,45 | 4,04 | 4,74 | 4,81 | 4,4 | 2,61 | 4,35 | 5,32 | 5,93 | 5,61 | 2,28 | 3,79 | 4,78 | 5,61 | 6,22 |
| | | Φ_M | 119 | 101 | 107 | 94,2 | 84,5 | 93,4 | 111 | 117 | 92,2 | 94,2 | 94,2 | 112 | 106 | 123 | 82,8 | 84,5 | 79,9 | 88,6 | 82,8 | 133 |
| | 0,5 | Φ_z | 1,92 | 2,59 | 2,77 | 2,78 | 2,39 | 2,65 | 4,32 | 5 | 5 | 4,52 | 2,78 | 4,57 | 5,5 | 6,12 | 5,71 | 2,39 | 3,91 | 4,87 | 5,71 | 6,39 |
| | | Φ_M | 142 | 119 | 126 | 110 | 99,5 | 109 | 127 | 134 | 104 | 108 | 110 | 129 | 120 | 140 | 91,4 | 99,5 | 90,9 | 100 | 91,4 | 152 |
| 0,4 | 0,1 | Φ_z | 1,84 | 2,47 | 2,64 | 2,64 | 2,26 | 2,52 | 4,1 | 4,73 | 4,72 | 4,25 | 2,64 | 4,32 | 5,19 | 5,77 | 5,37 | 2,26 | 3,69 | 4,58 | 5,37 | 6,01 |
| | | Φ_M | 137 | 114 | 121 | 105 | 95,1 | 105 | 122 | 128 | 98,8 | 102 | 105 | 123 | 114 | 133 | 86,6 | 95,1 | 86,7 | 95,3 | 86,8 | 145 |
| | 0,2 | Φ_z | 2,14 | 2,92 | 3,14 | 3,16 | 2,73 | 3 | 4,91 | 5,71 | 5,74 | 5,2 | 3,16 | 5,22 | 6,32 | 7,04 | 6,6 | 2,73 | 4,5 | 5,63 | 6,60 | 7,36 |
| | | Φ_M | 154 | 130 | 138 | 121 | 109 | 120 | 141 | 148 | 115 | 119 | 121 | 142 | 133 | 154 | 102 | 109 | 101 | 111 | 102 | 168 |
| | 0,3 | Φ_z | 2,03 | 2,78 | 3,01 | 3,03 | 2,63 | 2,86 | 4,71 | 5,49 | 5,54 | 5,05 | 3,03 | 5,03 | 6,12 | 6,82 | 6,42 | 2,63 | 4,36 | 5,47 | 6,42 | 7,14 |
| | | Φ_M | 144 | 122 | 129 | 113 | 102 | 112 | 132 | 139 | 109 | 112 | 113 | 134 | 126 | 146 | 97,5 | 102 | 95 | 105 | 97,5 | 159 |
| | 0,4 | Φ_z | 2,39 | 3,25 | 3,5 | 3,53 | 3,05 | 3,34 | 5,48 | 6,37 | 6,41 | 5,82 | 3,53 | 5,83 | 7,06 | 7,87 | 7,38 | 3,05 | 5,03 | 6,29 | 7,38 | 8,22 |
| | | Φ_M | 172 | 145 | 154 | 134 | 121 | 133 | 157 | 165 | 129 | 132 | 134 | 159 | 148 | 172 | 114 | 121 | 112 | 124 | 114 | 187 |
| | 0,5 | Φ_z | 1,58 | 2,19 | 2,38 | 2,41 | 2,1 | 2,26 | 3,74 | 4,39 | 4,46 | 4,08 | 2,41 | 4,03 | 4,93 | 5,5 | 5,21 | 2,1 | 3,52 | 4,44 | 5,21 | 5,77 |
| | | Φ_M | 109 | 93 | 98,5 | 86,6 | 77,8 | 85,9 | 102 | 108 | 85 | 86,8 | 86,6 | 103 | 97,7 | 113 | 76,5 | 77,8 | 73,7 | 81,7 | 76,5 | 123 |
| 0,5 | 0,1 | Φ_z | 1,79 | 2,37 | 2,5 | 2,49 | 2,12 | 2,4 | 3,87 | 4,42 | 4,38 | 3,91 | 2,49 | 4,04 | 4,81 | 5,32 | 4,91 | 2,12 | 3,4 | 4,19 | 4,91 | 5,54 |
| | | Φ_M | 138 | 114 | 121 | 105 | 95,3 | 104 | 120 | 126 | 96,2 | 101 | 105 | 122 | 112 | 130 | 83,8 | 95,3 | 85,2 | 93,5 | 83,8 | 143 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,51 | 2,07 | 2,24 | 2,26 | 1,95 | 2,13 | 3,5 | 4,08 | 4,12 | 3,75 | 2,26 | 3,74 | 4,54 | 5,06 | 4,76 | 1,95 | 3,23 | 4,06 | 4,76 | 5,3 |
| | | Φ_M | 108 | 90,8 | 96,2 | 84,4 | 75,8 | 83,7 | 98,7 | 104 | 81,3 | 83,5 | 84,4 | 100 | 93,6 | 108 | 72,5 | 75,8 | 70,8 | 78,2 | 72,5 | 118 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,88 | 2,53 | 2,7 | 2,71 | 2,32 | 2,58 | 4,2 | 4,85 | 4,84 | 4,38 | 2,71 | 4,44 | 5,33 | 5,93 | 5,52 | 2,32 | 3,79 | 4,71 | 5,52 | 6,19 |
| | | Φ_M | 140 | 117 | 124 | 108 | 98 | 107 | 125 | 131 | 101 | 106 | 108 | 127 | 117 | 137 | 89,4 | 98 | 89,2 | 98,3 | 89,4 | 149 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,58 | 2,19 | 2,38 | 2,41 | 2,1 | 2,26 | 3,74 | 4,39 | 4,46 | 4,08 | 2,41 | 4,03 | 4,93 | 5,5 | 5,21 | 2,1 | 3,52 | 4,44 | 5,21 | 5,77 |
| | | Φ_M | 109 | 93 | 98,5 | 86,6 | 77,8 | 85,9 | 102 | 108 | 85 | 86,8 | 86,6 | 103 | 97,7 | 113 | 76,5 | 77,8 | 73,7 | 81,7 | 76,5 | 123 |
| | 0,5 | Φ_z | 2,72 | 3,67 | 3,92 | 3,94 | 3,38 | 3,75 | 6,11 | 7,06 | 7,07 | 6,39 | 3,94 | 6,46 | 7,78 | 8,65 | 8,07 | 3,38 | 5,53 | 6,88 | 8,07 | 9,03 |
| | | Φ_M | 201 | 168 | 178 | 156 | 141 | 154 | 180 | 190 | 146 | 152 | 156 | 183 | 169 | 197 | 129 | 141 | 129 | 142 | 129 | 215 |

1) Плита, двумя краями, параллельными оси y , свободно опертая, двумя другими защемленная: $\gamma=0,1$, $\eta=1$

| β_0 | | α_0 | | 0,1 | | | | | 0,25 | | | | | 0,4 | | | | | 0,5 | | | | | | | | |
|-----------|--------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|---|---|---|---|
| | | | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | | | | |
| β | Φ | α | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,1 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0,1 | Φ_M | 52,7 | 51,1 | 51,5 | 47,4 | 40,4 | 47,3 | 62,7 | 65,5 | 55,8 | 51,6 | 47,4 | 61,8 | 61,9 | 69,5 | 52,3 | 40,4 | 45,6 | 49,6 | 52,3 | 73 | | | | | |
| | | Φ_z | 0,89 | 0,87 | 0,88 | 0,81 | 0,69 | 0,81 | 1,08 | 1,13 | 0,97 | 0,89 | 0,81 | 1,06 | 1,07 | 1,2 | 0,91 | 0,69 | 0,79 | 0,86 | 0,91 | 1,26 | | | | | |
| | 0,2 | Φ_M | 115 | 71,9 | 93,1 | 71 | 76,3 | 70,2 | 58,8 | 71,8 | 42,8 | 66,5 | 71 | 69,3 | 57,9 | 75,1 | 37 | 76,3 | 45,6 | 64,4 | 37 | 94 | | | | | |
| | | Φ_z | 1,36 | 1,39 | 1,39 | 1,29 | 1,08 | 1,29 | 1,78 | 1,86 | 1,62 | 1,46 | 1,29 | 1,74 | 1,78 | 1,98 | 1,55 | 1,08 | 1,3 | 1,42 | 1,55 | 2,07 | | | | | |
| | 0,3 | Φ_M | 178 | 118 | 146 | 115 | 119 | 114 | 103 | 121 | 76,8 | 108 | 115 | 117 | 99,7 | 126 | 66,6 | 119 | 78,1 | 103 | 66,6 | 152 | | | | | |
| | | Φ_z | 1,25 | 1,31 | 1,31 | 1,22 | 1,02 | 1,23 | 1,71 | 1,81 | 1,59 | 1,42 | 1,22 | 1,68 | 1,75 | 1,94 | 1,54 | 1,02 | 1,27 | 1,4 | 1,54 | 2,01 | | | | | |
| | 0,4 | Φ_M | 162 | 110 | 133 | 106 | 108 | 105 | 98,3 | 113 | 73,8 | 99,6 | 106 | 110 | 94,3 | 118 | 64 | 108 | 73,6 | 94,8 | 64 | 141 | | | | | |
| | | Φ_z | 1,16 | 1,22 | 1,23 | 1,15 | 0,96 | 1,15 | 1,62 | 1,71 | 1,52 | 1,35 | 1,15 | 1,59 | 1,67 | 1,85 | 1,48 | 0,96 | 1,2 | 1,34 | 1,48 | 1,92 | | | | | |
| | 0,5 | Φ_M | 146 | 100 | 121 | 96,5 | 98 | 95,6 | 90,2 | 104 | 67,9 | 90,6 | 96,5 | 100 | 86,4 | 108 | 58,7 | 98 | 67,3 | 86,2 | 58,7 | 128 | | | | | |
| Φ_z | | 0,98 | 1,02 | 1,03 | 0,96 | 0,81 | 0,97 | 1,35 | 1,44 | 1,27 | 1,14 | 0,96 | 1,33 | 1,4 | 1,55 | 1,24 | 0,81 | 1,01 | 1,13 | 1,24 | 1,61 | | | | | | |
| | | Φ_M | 120 | 79,2 | 98,4 | 76,9 | 79,8 | 84,1 | 79,2 | 91,5 | 60 | 80,2 | 84,7 | 88,1 | 76,4 | 95 | 52,2 | 86,4 | 59,2 | 76,7 | 52,2 | 113 | | | | | |
| 0,25 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0,1 | Φ_M | 62,7 | 64,5 | 64,4 | 60 | 50,2 | 60,3 | 83,3 | 87,4 | 76,5 | 68,6 | 60 | 81,6 | 84,1 | 93,3 | 73,2 | 50,2 | 61,1 | 66,9 | 73,2 | 97 | | | | | |
| | | Φ_z | 1,23 | 1,29 | 1,28 | 1,2 | 1 | 1,21 | 1,68 | 1,77 | 1,56 | 1,39 | 1,2 | 1,65 | 1,71 | 1,89 | 1,50 | 1 | 1,24 | 1,36 | 1,5 | 1,96 | | | | | |
| | 0,2 | Φ_M | 135 | 84 | 107 | 82,6 | 88,2 | 80,7 | 66,5 | 80,2 | 46,5 | 75,1 | 82,6 | 79,1 | 64,3 | 84,6 | 40 | 88,2 | 52,1 | 71,5 | 40 | 106 | | | | | |
| | | Φ_z | 2,71 | 2,9 | 2,89 | 2,71 | 2,25 | 2,73 | 3,87 | 4,09 | 3,64 | 3,21 | 2,71 | 3,79 | 3,98 | 4,39 | 3,53 | 2,25 | 2,86 | 3,17 | 3,53 | 4,54 | | | | | |
| | 0,3 | Φ_M | 315 | 215 | 258 | 206 | 209 | 203 | 189 | 215 | 139 | 189 | 206 | 210 | 178 | 223 | 118 | 209 | 140 | 178 | 118 | 267 | | | | | |
| | | Φ_z | 3,02 | 3,32 | 3,32 | 3,13 | 2,59 | 3,16 | 4,56 | 4,84 | 4,37 | 3,82 | 3,13 | 4,46 | 4,76 | 5,24 | 4,30 | 2,59 | 3,41 | 3,81 | 4,3 | 5,41 | | | | | |
| | 0,4 | Φ_M | 339 | 237 | 280 | 226 | 225 | 224 | 216 | 242 | 160 | 208 | 226 | 235 | 201 | 249 | 136 | 225 | 158 | 195 | 136 | 294 | | | | | |
| | | Φ_z | 2,84 | 3,17 | 3,18 | 3,01 | 2,48 | 3,03 | 4,43 | 4,73 | 4,3 | 3,76 | 3,01 | 4,35 | 4,69 | 5,16 | 4,28 | 2,48 | 3,34 | 3,77 | 4,28 | 5,31 | | | | | |
| | 0,5 | Φ_M | 311 | 221 | 258 | 210 | 207 | 208 | 204 | 227 | 152 | 193 | 210 | 220 | 190 | 233 | 129 | 207 | 148 | 181 | 129 | 274 | | | | | |
| Φ_z | | 2,31 | 2,6 | 2,61 | 2,48 | 2,05 | 2,49 | 3,65 | 3,93 | 3,59 | 3,14 | 2,48 | 3,61 | 3,92 | 4,31 | 3,61 | 2,05 | 2,79 | 3,18 | 3,61 | 4,45 | | | | | | |
| | | Φ_M | 254 | 181 | 211 | 171 | 170 | 170 | 168 | 187 | 126 | 159 | 171 | 181 | 157 | 192 | 107 | 170 | 122 | 149 | 107 | 225 | | | | | |
| 0,4 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0,1 | Φ_M | 58,9 | 60,2 | 61,1 | 57 | 47,8 | 57,2 | 79,4 | 83,8 | 73,7 | 66,7 | 57 | 78,1 | 81,1 | 90 | 71,2 | 47,8 | 58,7 | 64,9 | 71,2 | 93,6 | | | | | |
| | | Φ_z | 1,16 | 1,22 | 1,23 | 1,15 | 0,96 | 1,15 | 1,62 | 1,71 | 1,52 | 1,35 | 1,15 | 1,59 | 1,67 | 1,85 | 1,48 | 0,96 | 1,2 | 1,34 | 1,48 | 1,92 | | | | | |
| | 0,2 | Φ_M | 125 | 78,6 | 100 | 77,7 | 83 | 75,7 | 63,2 | 76,4 | 45,5 | 72,2 | 77,7 | 75,4 | 62,3 | 81,6 | 40,3 | 83 | 50,4 | 69,1 | 40,3 | 102 | | | | | |
| | | Φ_z | 2,57 | 2,81 | 2,81 | 2,65 | 2,19 | 2,66 | 3,83 | 4,08 | 3,67 | 3,23 | 2,65 | 3,76 | 4,01 | 4,42 | 3,62 | 2,19 | 2,87 | 3,22 | 3,62 | 4,57 | | | | | |
| | 0,3 | Φ_M | 290 | 199 | 238 | 190 | 192 | 188 | 177 | 201 | 130 | 174 | 190 | 196 | 166 | 207 | 110 | 192 | 130 | 164 | 110 | 247 | | | | | |
| | | Φ_z | 3,1 | 3,51 | 3,52 | 3,34 | 2,75 | 3,37 | 4,96 | 5,32 | 4,86 | 4,23 | 3,34 | 4,87 | 5,3 | 5,81 | 4,86 | 2,75 | 3,76 | 4,27 | 4,86 | 5,98 | | | | | |
| | 0,4 | Φ_M | 328 | 234 | 271 | 221 | 218 | 219 | 216 | 239 | 161 | 203 | 221 | 233 | 200 | 245 | 135 | 218 | 156 | 189 | 135 | 287 | | | | | |
| | | Φ_z | 3,56 | 4,05 | 4,07 | 3,87 | 3,19 | 3,89 | 5,75 | 6,19 | 5,67 | 4,95 | 3,87 | 5,67 | 6,19 | 6,79 | 5,71 | 3,19 | 4,39 | 5,01 | 5,71 | 6,99 | | | | | |
| | 0,5 | Φ_M | 379 | 272 | 316 | 258 | 253 | 256 | 254 | 281 | 191 | 238 | 258 | 273 | 236 | 288 | 161 | 253 | 184 | 222 | 161 | 336 | | | | | |
| Φ_z | | 2,86 | 3,36 | 3,39 | 3,24 | 2,67 | 3,26 | 4,9 | 5,32 | 4,93 | 4,28 | 3,24 | 4,85 | 5,37 | 5,89 | 5,03 | 2,67 | 3,79 | 4,38 | 5,03 | 6,05 | | | | | | |
| | | Φ_M | 284 | 209 | 238 | 196 | 189 | 195 | 199 | 217 | 150 | 180 | 196 | 210 | 182 | 221 | 125 | 189 | 142 | 167 | 125 | 255 | | | | | |

| β_0 | | α_0 | | 0,1 | | | | | 0,25 | | | | | 0,4 | | | | | 0,5 | | | | |
|-----------|----------|------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| 0,5 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | | Φ_M | 52,7 | 53,7 | 54,2 | 50,4 | 42,5 | 50,4 | 69,2 | 73,2 | 64,2 | 58,2 | 50,4 | 68,4 | 70,8 | 78,8 | 62 | 42,5 | 51,4 | 57 | 62 | 82,2 |
| | 0,1 | Φ_z | 0,98 | 1,02 | 1,03 | 0,96 | 0,81 | 0,97 | 1,35 | 1,44 | 1,27 | 1,14 | 0,96 | 1,33 | 1,4 | 1,55 | 1,24 | 0,81 | 1,01 | 1,13 | 1,24 | 1,61 | |
| | | | Φ_M | 112 | 70,4 | 90,1 | 69,9 | 74,7 | 68,2 | 57,9 | 70,5 | 43,2 | 66,6 | 69,9 | 69 | 58,3 | 75,7 | 39,3 | 74,7 | 46,7 | 64,5 | 39,3 | 94,2 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,99 | 2,2 | 2,21 | 2,09 | 1,73 | 2,1 | 3,03 | 3,25 | 2,94 | 2,59 | 2,09 | 2,99 | 3,22 | 3,55 | 2,93 | 1,73 | 2,3 | 2,6 | 2,93 | 3,66 | |
| | | | Φ_M | 223 | 153 | 183 | 146 | 147 | 145 | 137 | 155 | 100 | 134 | 146 | 150 | 128 | 159 | 84,4 | 147 | 100 | 126 | 84,4 | 189 |
| | 0,3 | Φ_z | 2,58 | 2,94 | 2,97 | 2,82 | 2,33 | 2,83 | 4,19 | 4,52 | 4,15 | 3,63 | 2,82 | 4,14 | 4,53 | 4,98 | 4,19 | 2,33 | 3,21 | 3,69 | 4,19 | 5,13 | |
| | | | Φ_M | 277 | 198 | 231 | 187 | 185 | 186 | 184 | 205 | 138 | 173 | 187 | 198 | 171 | 209 | 116 | 185 | 133 | 162 | 116 | 245 |
| | 0,4 | Φ_z | 2,86 | 3,36 | 3,39 | 3,24 | 2,67 | 3,26 | 4,9 | 5,32 | 4,93 | 4,28 | 3,24 | 4,85 | 5,37 | 5,89 | 5,03 | 2,67 | 3,79 | 4,38 | 5,03 | 6,05 | |
| | | | Φ_M | 283 | 208 | 237 | 195 | 189 | 194 | 198 | 216 | 149 | 179 | 195 | 209 | 182 | 220 | 125 | 189 | 141 | 166 | 125 | 254 |
| 0,5 | Φ_z | 3,72 | 4,25 | 4,08 | 4,08 | 3,37 | 4,1 | 6,06 | 6,55 | 6,01 | 5,25 | 4,08 | 5,99 | 6,56 | 7,21 | 6,08 | 3,37 | 4,65 | 5,34 | 6,08 | 7,43 | | |
| | | Φ_M | 400 | 287 | 334 | 272 | 267 | 270 | 269 | 299 | 203 | 252 | 272 | 289 | 251 | 306 | 172 | 267 | 195 | 236 | 172 | 357 | |

2) Плита, двумя краями, параллельными оси y , свободно опертая, двумя другими заземленная: $\gamma = 0,1$, $\eta = 1/2$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,1 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | | Φ_M | 12,5 | 15,4 | 15 | 14,5 | 11,6 | 14,8 | 22,6 | 24 | 22,4 | 18,8 | 14,5 | 21,9 | 24,1 | 26,2 | 22,4 | 11,6 | 17 | 19 | 22,4 |
| | 0,1 | Φ_z | 0,81 | 1 | 0,98 | 0,95 | 0,76 | 0,96 | 1,48 | 1,59 | 1,48 | 1,25 | 0,95 | 1,44 | 1,6 | 1,74 | 1,5 | 0,76 | 1,13 | 1,27 | 1,5 | 1,77 |
| | | | Φ_M | 72,6 | 59,6 | 60,4 | 54,1 | 47,8 | 52,3 | 58,9 | 58,6 | 43,8 | 46,9 | 54,1 | 59,5 | 51,1 | 60,7 | 35,8 | 47,8 | 41 | 40,6 | 35,8 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,09 | 1,39 | 1,38 | 1,35 | 1,09 | 1,36 | 2,12 | 2,3 | 2,18 | 1,85 | 1,35 | 2,09 | 2,36 | 2,57 | 2,25 | 1,09 | 1,66 | 1,91 | 2,25 | 2,62 |
| | | | Φ_M | 94,7 | 80,5 | 80,8 | 72,9 | 63,6 | 71,2 | 83,3 | 83,1 | 63,9 | 65,4 | 72,9 | 83 | 73,4 | 85,8 | 53,4 | 63,6 | 57,8 | 57,5 | 53,4 |
| | 0,3 | Φ_z | 0,98 | 1,25 | 1,25 | 1,23 | 1 | 1,23 | 1,93 | 2,11 | 2,01 | 1,72 | 1,23 | 1,91 | 2,18 | 2,38 | 2,11 | 1 | 1,53 | 1,79 | 2,11 | 2,44 |
| | | | Φ_M | 84,4 | 72,2 | 72,6 | 65,5 | 57,1 | 64 | 75,4 | 75,5 | 58,6 | 59,5 | 65,5 | 75,2 | 67,2 | 78,3 | 49,5 | 57,1 | 52,6 | 52,8 | 49,5 |
| | 0,4 | Φ_z | 0,87 | 1,12 | 1,13 | 1,11 | 0,9 | 1,1 | 1,74 | 1,91 | 1,84 | 1,58 | 1,11 | 1,74 | 1,99 | 2,18 | 1,94 | 0,9 | 1,4 | 1,64 | 1,94 | 2,23 |
| | | | Φ_M | 73,1 | 63,1 | 63,2 | 57,2 | 49,6 | 55,9 | 66,4 | 66,4 | 51,8 | 52,1 | 57,2 | 66 | 59,1 | 68,7 | 43,8 | 49,6 | 46,2 | 46,3 | 43,8 |
| 0,5 | Φ_z | 0,78 | 1 | 1 | 0,98 | 0,8 | 0,98 | 1,53 | 1,67 | 1,59 | 1,37 | 0,98 | 1,52 | 1,73 | 1,89 | 1,67 | 0,80 | 1,22 | 1,41 | 1,67 | 1,93 | |
| | | Φ_M | 69,3 | 59 | 59,5 | 53,7 | 47 | 52,3 | 61,4 | 61,6 | 47,8 | 48,9 | 53,7 | 61,5 | 54,9 | 64,2 | 40,5 | 47 | 43,1 | 43,5 | 40,5 | 69,2 |
| 0,25 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | | Φ_M | 12,3 | 15,7 | 15,7 | 15,3 | 12,4 | 15,4 | 24,1 | 26,3 | 25 | 21,3 | 15,3 | 23,8 | 27 | 29,5 | 26 | 12,4 | 19 | 22 | 26 |
| | 0,1 | Φ_z | 0,93 | 1,2 | 1,2 | 1,18 | 0,96 | 1,18 | 1,86 | 2,03 | 1,94 | 1,66 | 1,18 | 1,84 | 2,11 | 2,3 | 2,04 | 0,96 | 1,48 | 1,73 | 2,04 | 2,35 |
| | | | Φ_M | 73,7 | 61,8 | 61,8 | 55,5 | 48,4 | 54,2 | 62,3 | 61,4 | 46,1 | 47,6 | 55,5 | 61,8 | 53,1 | 62,3 | 36,9 | 48,4 | 42,3 | 41 | 36,9 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,86 | 2,46 | 2,5 | 2,46 | 2,01 | 2,44 | 3,9 | 4,33 | 4,18 | 3,6 | 2,46 | 3,92 | 4,54 | 4,97 | 4,47 | 2,01 | 3,18 | 3,79 | 4,47 | 5,1 |
| | | | Φ_M | 147 | 128 | 127 | 116 | 99,5 | 114 | 136 | 136 | 106 | 105 | 116 | 134 | 120 | 139 | 88,7 | 99,5 | 93,6 | 92,8 | 88,7 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,95 | 2,61 | 2,69 | 2,66 | 2,2 | 2,62 | 4,22 | 4,74 | 4,63 | 4,03 | 2,66 | 4,29 | 5,04 | 5,53 | 5,04 | 2,2 | 3,54 | 4,27 | 5,04 | 5,7 |
| | | | Φ_M | 148 | 131 | 131 | 119 | 102 | 117 | 142 | 142 | 113 | 110 | 119 | 140 | 127 | 146 | 95,6 | 102 | 98,1 | 98,2 | 95,6 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,77 | 2,39 | 2,48 | 2,46 | 2,05 | 2,41 | 3,91 | 4,41 | 4,33 | 3,79 | 2,46 | 4 | 4,73 | 5,2 | 4,77 | 2,05 | 3,33 | 4,04 | 4,77 | 5,37 |
| | | | Φ_M | 132 | 118 | 117 | 106 | 91,1 | 105 | 129 | 129 | 103 | 99,7 | 106 | 126 | 116 | 133 | 87,9 | 91,1 | 89 | 89,5 | 87,9 |
| 0,5 | Φ_z | 1,46 | 1,97 | 2,04 | 2,03 | 1,69 | 1,98 | 3,2 | 3,61 | 3,55 | 3,12 | 2,03 | 3,28 | 3,88 | 4,27 | 3,91 | 1,69 | 2,73 | 3,31 | 3,91 | 4,41 | |
| | | Φ_M | 111 | 98,4 | 98,1 | 89,2 | 76,7 | 87,8 | 107 | 108 | 85,5 | 83,7 | 89,2 | 106 | 96,7 | 111 | 73,5 | 76,7 | 74,5 | 75,2 | 73,5 | 118 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,4 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 11,5 | 14,8 | 14,7 | 14,4 | 11,7 | 14,5 | 22,7 | 24,7 | 23,5 | 20,1 | 14,4 | 22,4 | 25,5 | 27,8 | 24,6 | 11,7 | 17,9 | 20,8 | 24,6 | 28,5 |
| | 0,1 | Φ_z | 0,87 | 1,12 | 1,13 | 1,11 | 0,9 | 1,1 | 1,74 | 1,91 | 1,84 | 1,58 | 1,11 | 1,74 | 1,99 | 2,18 | 1,94 | 0,9 | 1,4 | 1,64 | 1,94 | 2,23 |
| | | Φ_M | 69,2 | 57,9 | 57,9 | 52 | 45,4 | 50,8 | 58,2 | 57,4 | 43,1 | 44,7 | 52 | 57,8 | 49,7 | 58,4 | 34,5 | 45,4 | 39,6 | 38,4 | 34,5 | 63,2 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,73 | 2,29 | 2,35 | 2,32 | 1,91 | 2,29 | 3,67 | 4,09 | 3,98 | 3,45 | 2,32 | 3,71 | 4,33 | 4,75 | 4,3 | 1,91 | 3,04 | 3,65 | 4,3 | 4,89 |
| | | Φ_M | 135 | 118 | 117 | 106 | 91,7 | 105 | 126 | 125 | 98,2 | 97,3 | 106 | 124 | 112 | 129 | 82,7 | 91,7 | 86,6 | 86,4 | 82,7 | 138 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,87 | 2,55 | 2,66 | 2,65 | 2,22 | 2,58 | 4,21 | 4,78 | 4,72 | 4,15 | 2,65 | 4,34 | 5,16 | 5,68 | 5,24 | 2,22 | 3,63 | 4,44 | 5,24 | 5,87 |
| | | Φ_M | 136 | 122 | 121 | 110 | 94,2 | 109 | 134 | 135 | 107 | 104 | 110 | 132 | 121 | 139 | 92,1 | 94,2 | 92,7 | 93,4 | 92,1 | 147 |
| | 0,4 | Φ_z | 2,17 | 2,95 | 3,08 | 3,07 | 2,57 | 2,99 | 4,86 | 5,52 | 5,45 | 4,8 | 3,07 | 5,01 | 5,96 | 6,57 | 6,06 | 2,57 | 4,2 | 5,13 | 6,06 | 6,79 |
| | | Φ_M | 160 | 143 | 142 | 130 | 111 | 128 | 157 | 158 | 126 | 122 | 130 | 155 | 142 | 163 | 109 | 111 | 109 | 110 | 109 | 173 |
| 0,5 | Φ_z | 1,6 | 2,23 | 2,36 | 2,38 | 2,02 | 2,28 | 3,76 | 4,33 | 4,34 | 3,87 | 2,38 | 3,94 | 4,76 | 5,26 | 4,92 | 2,02 | 3,36 | 4,17 | 4,92 | 5,47 | |
| | Φ_M | 110 | 100 | 99,7 | 91,1 | 77,6 | 90,2 | 113 | 114 | 92,2 | 88 | 91,1 | 111 | 103 | 118 | 80,4 | 77,6 | 78,6 | 80,1 | 80,4 | 124 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,5 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 11,4 | 14,3 | 14,1 | 13,8 | 11,1 | 13,8 | 21,4 | 23,2 | 21,9 | 18,7 | 13,8 | 21,1 | 23,7 | 25,8 | 22,5 | 11,1 | 16,7 | 19,1 | 22,5 | 26,4 |
| | 0,1 | Φ_z | 0,78 | 1 | 1 | 0,98 | 0,8 | 0,98 | 1,53 | 1,67 | 1,59 | 1,37 | 0,98 | 1,52 | 1,73 | 1,89 | 1,67 | 0,8 | 1,22 | 1,42 | 1,67 | 1,93 |
| | | Φ_M | 65,9 | 54,6 | 55,1 | 49,3 | 43,4 | 47,9 | 54,5 | 54 | 40,4 | 42,6 | 49,3 | 54,6 | 46,9 | 55,5 | 32,7 | 43,4 | 37,5 | 36,9 | 32,7 | 60,2 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,34 | 1,77 | 1,82 | 1,8 | 1,49 | 1,77 | 2,84 | 3,17 | 3,09 | 2,7 | 1,8 | 2,88 | 3,37 | 3,7 | 3,36 | 1,49 | 2,37 | 2,85 | 3,36 | 3,81 |
| | | Φ_M | 104 | 91 | 90,8 | 82,3 | 71,1 | 80,8 | 96,9 | 96,9 | 75,9 | 75,4 | 82,3 | 95,8 | 86,3 | 99,8 | 64,2 | 71,1 | 67,1 | 67,1 | 64,2 | 107 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,63 | 2,2 | 2,28 | 2,28 | 1,91 | 2,21 | 3,59 | 4,06 | 4 | 3,53 | 2,28 | 3,7 | 4,38 | 4,83 | 4,44 | 1,91 | 3,09 | 3,76 | 4,44 | 4,99 |
| | | Φ_M | 124 | 110 | 110 | 99,5 | 85,8 | 97,8 | 119 | 120 | 95 | 93,5 | 99,5 | 118 | 108 | 124 | 81,9 | 85,8 | 83 | 84,2 | 81,9 | 132 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,6 | 2,23 | 2,36 | 2,38 | 2,02 | 2,28 | 3,76 | 4,33 | 4,34 | 3,87 | 2,38 | 3,94 | 4,76 | 5,26 | 4,92 | 2,02 | 3,36 | 4,17 | 4,92 | 5,47 |
| | | Φ_M | 110 | 100 | 99,7 | 91,1 | 77,6 | 90,1 | 113 | 114 | 92,1 | 87,9 | 91,1 | 110 | 103 | 118 | 80,3 | 77,6 | 78,5 | 80 | 80,3 | 124 |
| 0,5 | Φ_z | 2,31 | 3,13 | 3,26 | 3,25 | 2,73 | 3,16 | 5,13 | 5,82 | 5,74 | 5,07 | 3,25 | 5,29 | 6,28 | 6,93 | 6,38 | 2,73 | 4,44 | 5,41 | 6,38 | 7,17 | |
| | Φ_M | 174 | 154 | 154 | 140 | 120 | 138 | 168 | 170 | 135 | 132 | 140 | 166 | 153 | 176 | 117 | 120 | 118 | 120 | 117 | 187 | |

3) Плита, двумя краями, параллельными оси y , свободно опертая, двумя другими защемленная: $\gamma = 0,1$, $\eta = 1/3$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,10 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 6,65 | 8,95 | 9,02 | 8,87 | 7,19 | 8,89 | 14,3 | 15,8 | 15,2 | 12,9 | 8,87 | 14,2 | 16,5 | 17,9 | 16,1 | 7,19 | 11,5 | 13,6 | 16,1 | 18,3 |
| | 0,1 | Φ_z | 0,95 | 1,28 | 1,3 | 1,28 | 1,04 | 1,28 | 2,06 | 2,28 | 2,21 | 1,89 | 1,28 | 2,06 | 2,39 | 2,61 | 2,36 | 1,04 | 1,67 | 1,99 | 2,36 | 2,67 |
| | | Φ_M | 70 | 64 | 61,2 | 56,7 | 47,3 | 56 | 69,5 | 67,5 | 53,9 | 50,7 | 56,7 | 66,9 | 60 | 68,4 | 44,3 | 47,3 | 46,8 | 43,9 | 44,3 | 71,8 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,2 | 1,65 | 1,7 | 1,69 | 1,39 | 1,66 | 2,71 | 3,05 | 2,99 | 2,59 | 1,69 | 2,75 | 3,25 | 3,56 | 3,27 | 1,39 | 2,27 | 2,75 | 3,27 | 3,66 |
| | | Φ_M | 85,1 | 79,6 | 76,2 | 70,9 | 58,8 | 70,2 | 89,1 | 87,4 | 71 | 65,7 | 70,9 | 85,7 | 78,7 | 89,1 | 59,9 | 58,8 | 60,5 | 58 | 59,9 | 92,9 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,07 | 1,47 | 1,52 | 1,51 | 1,25 | 1,49 | 2,42 | 2,73 | 2,69 | 2,33 | 1,51 | 2,47 | 2,92 | 3,21 | 2,95 | 1,25 | 2,05 | 2,49 | 2,95 | 3,3 |
| | | Φ_M | 76,3 | 71,4 | 68,5 | 63,7 | 53 | 63,1 | 80,2 | 78,8 | 64,3 | 59,6 | 63,7 | 77,3 | 71,3 | 80,8 | 54,7 | 53 | 54,8 | 52,9 | 54,7 | 84,3 |
| | 0,4 | Φ_z | 0,92 | 1,28 | 1,33 | 1,32 | 1,1 | 1,3 | 2,13 | 2,41 | 2,38 | 2,07 | 1,32 | 2,18 | 2,59 | 2,85 | 2,63 | 1,10 | 1,82 | 2,22 | 2,63 | 2,93 |
| | | Φ_M | 64,1 | 60,5 | 58 | 54 | 44,8 | 53,5 | 68,5 | 67,4 | 55,2 | 50,9 | 54 | 65,9 | 61,1 | 69 | 47,1 | 44,8 | 46,8 | 45,3 | 47,1 | 71,9 |
| 0,5 | Φ_z | 0,87 | 1,2 | 1,23 | 1,22 | 1,01 | 1,21 | 1,96 | 2,2 | 2,15 | 1,86 | 1,22 | 1,99 | 2,34 | 2,56 | 2,35 | 1,01 | 1,64 | 1,98 | 2,35 | 2,64 | |
| | Φ_M | 63,8 | 59,5 | 57,1 | 53,1 | 44,2 | 52,5 | 66,4 | 65,2 | 53,1 | 49,4 | 53,1 | 64,1 | 58,9 | 66,9 | 45,1 | 44,2 | 45,4 | 43,8 | 45,1 | 69,9 | |

| β_0 | | α_0 | 0,1 | | | | | 0,25 | | | | | 0,4 | | | | | 0,5 | | | | |
|-----------|----------|------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | α | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| 0,25 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 5,91 | 8,18 | 8,45 | 8,4 | 6,94 | 8,26 | 13,5 | 15,2 | 15 | 13 | 8,4 | 13,7 | 16,3 | 17,8 | 16,4 | 6,94 | 11,4 | 13,8 | 16,4 | 18,4 |
| | 0,1 | Φ_z | 0,98 | 1,36 | 1,42 | 1,41 | 1,17 | 1,39 | 2,27 | 2,57 | 2,54 | 2,22 | 1,41 | 2,33 | 2,77 | 3,04 | 2,81 | 1,17 | 1,94 | 2,37 | 2,81 | 3,14 |
| | | Φ_M | 66,1 | 61,5 | 58,7 | 5,45 | 45,1 | 54,1 | 68,3 | 66,6 | 53,6 | 49,6 | 54,5 | 65,4 | 59,4 | 67,3 | 44,4 | 45,1 | 45,8 | 43,3 | 44,5 | 70,1 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,87 | 2,66 | 2,8 | 2,8 | 2,36 | 2,72 | 4,5 | 5,15 | 5,14 | 4,53 | 2,8 | 4,67 | 5,62 | 6,19 | 5,78 | 2,36 | 3,95 | 4,88 | 5,78 | 6,41 |
| | | Φ_M | 123 | 118 | 113 | 105 | 86,8 | 105 | 135 | 133 | 110 | 100 | 105 | 130 | 121 | 136 | 94,2 | 86,8 | 92,1 | 89,7 | 94,2 | 142 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,9 | 2,71 | 2,89 | 2,91 | 2,47 | 2,8 | 4,65 | 5,37 | 5,4 | 4,8 | 2,91 | 4,88 | 5,92 | 6,54 | 6,15 | 2,47 | 4,17 | 5,19 | 6,15 | 6,78 |
| | | Φ_M | 122 | 117 | 112 | 105 | 86,7 | 104 | 136 | 135 | 112 | 102 | 105 | 131 | 124 | 139 | 97,5 | 86,7 | 93,5 | 92,2 | 97,5 | 144 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,69 | 2,43 | 2,6 | 2,62 | 2,23 | 2,51 | 4,19 | 4,86 | 4,9 | 4,37 | 2,62 | 4,41 | 5,37 | 5,95 | 5,61 | 2,23 | 3,79 | 4,74 | 5,61 | 6,18 |
| | | Φ_M | 107 | 103 | 99,3 | 92,8 | 76,6 | 92,3 | 121 | 120 | 100 | 90,9 | 92,8 | 116 | 110 | 124 | 87,6 | 76,6 | 83,3 | 82,5 | 87,6 | 129 |
| 0,5 | Φ_z | 1,42 | 2,03 | 2,15 | 2,17 | 1,84 | 2,09 | 3,47 | 4,01 | 4,03 | 3,58 | 2,17 | 3,64 | 4,42 | 4,88 | 4,59 | 1,84 | 3,11 | 3,88 | 4,59 | 5,07 | |
| | Φ_M | 92 | 88,3 | 84,8 | 79,3 | 65,6 | 78,7 | 102 | 102 | 84,5 | 77,1 | 79,3 | 98,6 | 93,2 | 105 | 73,7 | 65,5 | 70,7 | 69,8 | 73,7 | 109 | |
| 0,40 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 5,57 | 7,71 | 7,95 | 7,9 | 6,52 | 7,78 | 12,7 | 14,3 | 14 | 12,2 | 7,9 | 12,9 | 15,3 | 16,7 | 15,4 | 6,52 | 10,7 | 13 | 15,4 | 17,2 |
| | 0,1 | Φ_z | 0,92 | 1,28 | 1,33 | 1,32 | 1,1 | 1,3 | 2,13 | 2,41 | 2,38 | 2,07 | 1,32 | 2,18 | 2,59 | 2,85 | 2,63 | 1,1 | 1,82 | 2,22 | 2,63 | 2,93 |
| | | Φ_M | 62,3 | 57,9 | 55,3 | 51,3 | 42,5 | 50,9 | 64,2 | 62,6 | 50,4 | 46,6 | 51,3 | 61,5 | 55,8 | 63,2 | 41,8 | 42,5 | 43,1 | 40,8 | 41,8 | 66 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,73 | 2,45 | 2,59 | 2,6 | 2,19 | 2,51 | 4,16 | 4,77 | 4,77 | 4,21 | 2,6 | 4,32 | 5,22 | 5,75 | 5,38 | 2,19 | 3,67 | 4,54 | 5,38 | 5,95 |
| | | Φ_M | 114 | 109 | 104 | 97 | 80,2 | 96,4 | 124 | 123 | 101 | 92,6 | 97 | 120 | 112 | 126 | 87,1 | 80,2 | 85,1 | 83 | 87,1 | 131 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,76 | 2,54 | 2,73 | 2,76 | 2,36 | 2,63 | 4,4 | 5,13 | 5,19 | 4,65 | 2,76 | 4,66 | 5,7 | 6,32 | 5,98 | 2,36 | 4,03 | 5,05 | 5,98 | 6,57 |
| | | Φ_M | 109 | 106 | 102 | 95,3 | 78,7 | 94,8 | 124 | 124 | 103 | 93,9 | 95,3 | 120 | 114 | 128 | 91 | 7,87 | 86 | 85,5 | 91 | 133 |
| | 0,4 | Φ_z | 2,06 | 2,97 | 3,17 | 3,21 | 2,74 | 3,07 | 5,12 | 5,95 | 6,01 | 5,37 | 3,21 | 5,41 | 6,59 | 7,3 | 6,9 | 2,74 | 4,66 | 5,83 | 6,9 | 7,59 |
| | | Φ_M | 130 | 126 | 121 | 113 | 93,6 | 112 | 147 | 146 | 122 | 111 | 113 | 142 | 135 | 151 | 107 | 93,6 | 102 | 101 | 107 | 157 |
| 0,5 | Φ_z | 1,44 | 2,11 | 2,29 | 2,33 | 2,01 | 2,2 | 3,7 | 4,35 | 4,44 | 4,02 | 2,33 | 3,97 | 4,89 | 5,44 | 5,19 | 2,01 | 3,47 | 4,38 | 5,19 | 5,68 | |
| | Φ_M | 86,4 | 84,5 | 81,4 | 76,3 | 63 | 75,9 | 100 | 101 | 84,8 | 76,8 | 76,3 | 96,8 | 93,4 | 105 | 75,7 | 63 | 70,2 | 70,6 | 75,7 | 109 | |
| 0,50 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 5,86 | 7,95 | 8,09 | 7,99 | 6,54 | 7,95 | 12,8 | 14,3 | 13,9 | 11,9 | 7,99 | 12,9 | 15,1 | 16,5 | 14,9 | 6,54 | 10,5 | 12,6 | 14,9 | 16,9 |
| | 0,1 | Φ_z | 0,87 | 1,2 | 1,23 | 1,22 | 1,01 | 1,21 | 1,96 | 2,2 | 2,15 | 1,86 | 1,22 | 1,99 | 2,34 | 2,56 | 2,35 | 1,01 | 1,64 | 1,98 | 2,35 | 2,64 |
| | | Φ_M | 62,2 | 57,2 | 54,7 | 50,8 | 42,3 | 50,2 | 62,7 | 61 | 48,9 | 45,8 | 50,8 | 60,3 | 54,4 | 61,9 | 40,5 | 42,3 | 42,2 | 39,9 | 40,5 | 64,8 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,34 | 1,9 | 2 | 2,01 | 1,69 | 1,94 | 3,21 | 3,68 | 3,68 | 3,25 | 2,01 | 3,34 | 4,02 | 4,44 | 4,14 | 1,69 | 2,83 | 3,5 | 4,14 | 4,59 |
| | | Φ_M | 89 | 84,5 | 81,1 | 75,6 | 62,6 | 75,1 | 96,7 | 95,5 | 78,6 | 72,1 | 75,6 | 93 | 86,9 | 98 | 67,8 | 62,6 | 66,2 | 64,6 | 67,6 | 102 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,6 | 2,28 | 2,42 | 2,44 | 2,07 | 2,34 | 3,89 | 4,49 | 4,51 | 4,01 | 2,44 | 4,08 | 4,94 | 5,46 | 5,13 | 2,07 | 3,49 | 4,34 | 5,13 | 5,67 |
| | | Φ_M | 105 | 101 | 96,7 | 90,3 | 74,9 | 89,5 | 116 | 115 | 95,3 | 87,5 | 90,3 | 112 | 105 | 119 | 83,1 | 74,9 | 80,1 | 79 | 83,1 | 124 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,44 | 2,11 | 2,29 | 2,33 | 2,01 | 2,2 | 3,7 | 4,35 | 4,44 | 4,02 | 2,33 | 3,97 | 4,89 | 5,44 | 5,19 | 2,01 | 3,47 | 4,38 | 5,19 | 5,68 |
| | | Φ_M | 86,4 | 84,5 | 81,4 | 76,3 | 63 | 75,9 | 100 | 101 | 84,8 | 76,8 | 76,3 | 96,8 | 93,4 | 105 | 75,6 | 63 | 70,1 | 70,6 | 75,6 | 109 |
| 0,5 | Φ_z | 2,24 | 3,2 | 3,4 | 3,44 | 2,92 | 3,29 | 5,48 | 6,34 | 6,39 | 5,69 | 3,44 | 5,77 | 7 | 7,75 | 7,3 | 2,92 | 4,95 | 6,16 | 7,3 | 8,05 | |
| | Φ_M | 145 | 139 | 134 | 125 | 104 | 124 | 161 | 160 | 133 | 122 | 125 | 155 | 147 | 166 | 117 | 104 | 112 | 110 | 117 | 172 | |

4) Плита, двумя краями, параллельными оси y , свободно опертая, двумя другими защемленная: $\gamma = 0,1$, $\tau_1 = 1/4$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 4,32 | 6,08 | 6,3 | 6,28 | 5,19 | 6,17 | 10,1 | 11,5 | 11,3 | 9,84 | 6,28 | 10,4 | 12,4 | 13,5 | 12,5 | 5,19 | 8,63 | 10,5 | 12,5 | 13,9 |
| 0,1 | Φ_z | 1,08 | 1,53 | 1,59 | 1,59 | 1,32 | 1,56 | 2,56 | 2,91 | 2,88 | 2,51 | 1,59 | 2,63 | 3,14 | 3,45 | 3,2 | 1,32 | 2,2 | 2,69 | 3,2 | 3,55 |
| | Φ_M | 71,4 | 68,6 | 64,7 | 60,7 | 49,6 | 60,5 | 78,3 | 76,3 | 62,6 | 56,5 | 60,7 | 74,4 | 68,8 | 77,2 | 52,7 | 49,6 | 52,5 | 49,8 | 52,7 | 79,8 |
| 0,2 | Φ_z | 1,31 | 1,88 | 1,99 | 2 | 1,68 | 1,94 | 3,22 | 3,7 | 3,7 | 3,26 | 2 | 3,35 | 4,05 | 4,46 | 4,18 | 1,68 | 2,84 | 3,52 | 4,18 | 4,62 |
| | Φ_M | 83,9 | 81,9 | 77,6 | 72,9 | 59,5 | 72,7 | 95,5 | 94 | 78,3 | 70,1 | 72,9 | 91,1 | 85,8 | 96 | 67,4 | 59,5 | 65 | 62,8 | 67,4 | 99,1 |
| 0,3 | Φ_z | 1,17 | 1,68 | 1,77 | 1,78 | 1,5 | 1,73 | 2,87 | 3,3 | 3,3 | 2,91 | 1,78 | 2,98 | 3,61 | 3,97 | 3,72 | 1,5 | 2,53 | 3,14 | 3,72 | 4,11 |
| | Φ_M | 75,7 | 73,8 | 70 | 65,8 | 53,8 | 65,5 | 86 | 84,8 | 70,6 | 63,4 | 65,8 | 82,2 | 77,5 | 86,8 | 61 | 53,8 | 58,7 | 56,9 | 61 | 89,7 |
| 0,4 | Φ_z | 0,99 | 1,43 | 1,52 | 1,53 | 1,3 | 1,48 | 2,46 | 2,85 | 2,86 | 2,53 | 1,53 | 2,98 | 3,13 | 3,46 | 3,25 | 1,3 | 2,2 | 2,74 | 3,25 | 3,58 |
| | Φ_M | 62,5 | 61,4 | 58,2 | 54,8 | 44,7 | 54,6 | 72,1 | 71,2 | 59,6 | 53,3 | 54,8 | 68,8 | 65,3 | 73 | 51,8 | 44,7 | 49,3 | 48,1 | 51,8 | 75,4 |
| 0,5 | Φ_z | 0,98 | 1,39 | 1,46 | 1,46 | 1,23 | 1,42 | 2,35 | 2,7 | 2,69 | 2,36 | 1,46 | 2,44 | 2,94 | 3,23 | 3,01 | 1,23 | 2,06 | 2,54 | 3,01 | 3,34 |
| | Φ_M | 63,9 | 62,1 | 58,8 | 55,3 | 45,2 | 55,1 | 72,1 | 70,9 | 58,9 | 53 | 55,3 | 68,8 | 64,7 | 72,4 | 50,7 | 45,2 | 49,1 | 47,4 | 50,7 | 74,9 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 3,64 | 5,22 | 5,53 | 5,56 | 4,69 | 5,38 | 8,94 | 10,3 | 10,3 | 9,11 | 5,56 | 9,32 | 11,3 | 12,4 | 11,7 | 4,69 | 7,93 | 9,85 | 11,7 | 12,9 |
| 0,1 | Φ_z | 1,06 | 1,53 | 1,62 | 1,64 | 1,39 | 1,57 | 2,63 | 3,04 | 3,06 | 2,71 | 1,64 | 2,75 | 3,35 | 3,7 | 3,48 | 1,39 | 2,35 | 2,94 | 3,48 | 3,83 |
| | Φ_M | 65 | 63,4 | 59,9 | 56,2 | 45,9 | 56,2 | 73,6 | 72,2 | 59,9 | 53,6 | 56,2 | 70 | 65,7 | 73,5 | 51,2 | 45,9 | 49,8 | 47,9 | 51,2 | 75,8 |
| 0,2 | Φ_z | 1,96 | 2,87 | 3,08 | 3,13 | 2,68 | 2,98 | 5,01 | 5,84 | 5,93 | 5,3 | 3,13 | 5,31 | 6,51 | 7,21 | 6,84 | 2,68 | 4,59 | 5,77 | 6,84 | 7,51 |
| | Φ_M | 118 | 117 | 111 | 104 | 85,1 | 104 | 138 | 137 | 116 | 103 | 104 | 132 | 127 | 141 | 102 | 85,1 | 95,3 | 93,8 | 102 | 146 |
| 0,3 | Φ_z | 1,95 | 2,87 | 3,11 | 3,16 | 2,72 | 2,99 | 5,05 | 5,92 | 6,03 | 5,43 | 3,16 | 5,39 | 6,64 | 7,36 | 7,02 | 2,72 | 4,69 | 5,93 | 7,02 | 7,68 |
| | Φ_M | 115 | 115 | 109 | 103 | 84 | 103 | 137 | 137 | 116 | 103 | 103 | 131 | 127 | 141 | 103 | 84 | 95,1 | 94,4 | 103 | 146 |
| 0,4 | Φ_z | 1,72 | 2,54 | 2,76 | 2,81 | 2,43 | 2,65 | 4,48 | 5,27 | 5,38 | 4,86 | 2,81 | 4,8 | 5,93 | 6,58 | 6,29 | 2,43 | 4,19 | 5,31 | 6,29 | 6,87 |
| | Φ_M | 100 | 100 | 95,5 | 90,1 | 73,6 | 89,9 | 121 | 120 | 102 | 91 | 90,1 | 116 | 112 | 125 | 91 | 73,6 | 83,8 | 83,5 | 91 | 129 |
| 0,5 | Φ_z | 1,46 | 2,15 | 2,32 | 2,36 | 2,03 | 2,24 | 3,77 | 4,41 | 4,49 | 4,03 | 2,36 | 4,01 | 4,94 | 5,47 | 5,21 | 2,03 | 3,49 | 4,4 | 5,21 | 5,71 |
| | Φ_M | 87,4 | 86,8 | 82,7 | 77,9 | 63,7 | 77,7 | 104 | 103 | 87,4 | 77,9 | 77,9 | 99,4 | 95,7 | 107 | 77,3 | 63,7 | 71,9 | 71,2 | 77,3 | 110 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 3,44 | 4,93 | 5,21 | 5,24 | 4,41 | 5,07 | 8,43 | 9,7 | 9,71 | 8,56 | 5,24 | 8,78 | 10,6 | 11,7 | 11 | 4,41 | 7,45 | 9,25 | 11 | 12,1 |
| 0,1 | Φ_z | 0,99 | 1,43 | 1,52 | 1,53 | 1,3 | 1,48 | 2,46 | 2,85 | 2,86 | 2,53 | 1,53 | 2,58 | 3,13 | 3,46 | 3,25 | 1,3 | 2,2 | 2,74 | 3,25 | 3,58 |
| | Φ_M | 61,4 | 59,8 | 56,5 | 53,1 | 43,3 | 53 | 69,4 | 68,1 | 56,4 | 50,5 | 53 | 66 | 61,8 | 69,2 | 48,1 | 43,3 | 46,9 | 45 | 48,1 | 71,4 |
| 0,2 | Φ_z | 1,81 | 2,64 | 2,84 | 2,88 | 2,46 | 2,75 | 4,61 | 5,38 | 5,45 | 4,88 | 2,88 | 4,89 | 5,99 | 6,63 | 6,29 | 2,46 | 4,23 | 5,31 | 6,29 | 6,9 |
| | Φ_M | 109 | 108 | 102 | 96,4 | 78,7 | 96,2 | 128 | 127 | 107 | 95,3 | 96,4 | 122 | 117 | 131 | 93,7 | 78,7 | 88 | 86,6 | 93,7 | 135 |
| 0,3 | Φ_z | 1,77 | 2,62 | 2,86 | 2,92 | 2,53 | 2,75 | 4,65 | 5,48 | 5,61 | 5,08 | 2,92 | 5 | 6,18 | 6,87 | 6,58 | 2,53 | 4,38 | 5,56 | 6,58 | 7,18 |
| | Φ_M | 102 | 102 | 97,6 | 92,1 | 75,3 | 91,8 | 123 | 123 | 105 | 93,4 | 92,1 | 118 | 115 | 128 | 93,7 | 75,3 | 86 | 86 | 93,7 | 132 |
| 0,4 | Φ_z | 2,09 | 3,09 | 3,36 | 3,42 | 2,95 | 3,23 | 5,45 | 6,41 | 6,55 | 5,91 | 3,42 | 5,84 | 7,21 | 8,01 | 7,65 | 2,95 | 5,1 | 6,46 | 7,65 | 8,36 |
| | Φ_M | 123 | 122 | 117 | 110 | 90 | 110 | 147 | 147 | 125 | 111 | 110 | 141 | 136 | 152 | 111 | 90 | 102 | 102 | 111 | 157 |
| 0,5 | Φ_z | 1,42 | 2,11 | 2,32 | 2,38 | 2,08 | 2,22 | 3,78 | 4,48 | 4,61 | 4,2 | 2,38 | 4,09 | 5,09 | 5,67 | 5,45 | 2,08 | 3,61 | 4,61 | 5,45 | 5,94 |
| | Φ_M | 79,8 | 80,3 | 76,8 | 72,6 | 59,4 | 72,3 | 97,6 | 98 | 83,9 | 74,7 | 72,6 | 93,9 | 91,8 | 102 | 75,7 | 59,4 | 68,6 | 69,2 | 75,7 | 106 |

| β_0 | α_0 | | 0,1 | | | | | 0,25 | | | | | 0,4 | | | | | 0,5 | | | | |
|-----------|------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | β | α | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,50 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 3,75 | 5,30 | 5,53 | 5,53 | 4,6 | 5,41 | 8,91 | 10,1 | 10,1 | 8,77 | 5,53 | 9,15 | 11 | 12 | 11,2 | 4,6 | 7,67 | 9,41 | 11,2 | 12,4 |
| | 0,1 | Φ_z | 0,98 | 1,39 | 1,46 | 1,46 | 1,23 | 1,42 | 2,35 | 2,7 | 2,69 | 2,36 | 1,46 | 2,44 | 2,94 | 3,23 | 3,01 | 1,23 | 2,06 | 2,54 | 3,01 | 3,34 |
| | | Φ_M | 62,9 | 60,7 | 57,3 | 53,7 | 44 | 53,6 | 69,6 | 68 | 56,1 | 50,5 | 53,7 | 66,2 | 61,5 | 69 | 47,4 | 44 | 46,9 | 44,7 | 47,4 | 71,4 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,41 | 2,06 | 2,21 | 2,24 | 1,91 | 2,13 | 3,58 | 4,17 | 4,22 | 3,77 | 2,24 | 3,78 | 4,63 | 5,13 | 4,86 | 1,91 | 3,27 | 4,1 | 4,86 | 5,33 |
| | | Φ_M | 85,7 | 84,5 | 80,3 | 75,6 | 61,8 | 75,4 | 100 | 99,1 | 83,4 | 74,4 | 75,6 | 95,6 | 91,3 | 102 | 73 | 61,8 | 68,8 | 67,5 | 73 | 105 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,67 | 2,44 | 2,63 | 2,67 | 2,28 | 2,54 | 4,26 | 4,97 | 5,04 | 4,52 | 2,67 | 4,52 | 5,54 | 6,14 | 5,83 | 2,28 | 3,91 | 4,92 | 5,83 | 6,39 |
| | | Φ_M | 102 | 100 | 95,5 | 90 | 73,7 | 89,7 | 119 | 118 | 99,7 | 89,3 | 90 | 114 | 109 | 122 | 87,9 | 73,7 | 82,4 | 81,3 | 87,9 | 126 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,42 | 2,11 | 2,32 | 2,38 | 2,08 | 2,22 | 3,78 | 4,48 | 4,61 | 4,2 | 2,38 | 4,09 | 5,09 | 5,67 | 5,45 | 2,08 | 3,61 | 4,61 | 5,45 | 5,94 |
| | | Φ_M | 79,8 | 80,3 | 76,8 | 72,6 | 59,4 | 72,3 | 97,5 | 98 | 83,9 | 74,7 | 72,6 | 93,9 | 91,8 | 102 | 75,7 | 59,4 | 68,6 | 69,2 | 75,7 | 106 |
| 0,5 | Φ_z | 2,31 | 3,38 | 3,65 | 3,72 | 3,19 | 3,52 | 5,93 | 6,94 | 7,06 | 6,35 | 3,72 | 6,32 | 7,76 | 8,61 | 8,19 | 3,19 | 5,49 | 6,92 | 8,19 | 8,98 | |
| | Φ_M | 138 | 137 | 131 | 123 | 101 | 123 | 164 | 163 | 138 | 123 | 123 | 157 | 151 | 169 | 122 | 101 | 114 | 113 | 122 | 174 | |

5) Плита, двумя краями, параллельными оси y , свободно опертая, двумя другими защемленная: $\gamma = 0,05$, $\tau = 1$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,1 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 80,3 | 72,5 | 76,1 | 67,9 | 60 | 67,9 | 85,3 | 90,7 | 74,7 | 72,8 | 67,9 | 85,6 | 84,3 | 95,9 | 69,7 | 60 | 62,4 | 70 | 69,7 | 103 |
| | 0,1 | Φ_z | 1,32 | 1,21 | 1,26 | 1,13 | 0,99 | 1,13 | 1,44 | 1,53 | 1,27 | 1,22 | 1,13 | 1,44 | 1,42 | 1,61 | 1,18 | 0,99 | 1,05 | 1,18 | 1,18 | 1,73 |
| | | Φ_M | 186 | 106 | 151 | 107 | 124 | 110 | 82,6 | 111 | 59,6 | 105 | 107 | 102 | 85,3 | 113 | 52,6 | 124 | 65,6 | 106 | 52,6 | 149 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,89 | 1,8 | 1,86 | 1,68 | 1,46 | 1,69 | 2,21 | 2,34 | 1,98 | 1,86 | 1,68 | 2,2 | 2,21 | 2,49 | 1,88 | 1,46 | 1,62 | 1,81 | 1,88 | 2,64 |
| | | Φ_M | 266 | 162 | 218 | 161 | 178 | 164 | 134 | 171 | 99,1 | 156 | 161 | 159 | 135 | 173 | 86,9 | 178 | 104 | 155 | 86,9 | 221 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,72 | 1,67 | 1,72 | 1,57 | 1,35 | 1,58 | 2,1 | 2,23 | 1,91 | 1,78 | 1,57 | 2,08 | 2,13 | 2,39 | 1,83 | 1,35 | 1,55 | 1,74 | 1,83 | 2,52 |
| | | Φ_M | 242 | 150 | 199 | 148 | 163 | 151 | 128 | 160 | 95,2 | 145 | 148 | 149 | 127 | 162 | 83,4 | 163 | 97,6 | 143 | 83,4 | 205 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,58 | 1,53 | 1,58 | 1,44 | 1,24 | 1,45 | 1,95 | 2,08 | 1,79 | 1,66 | 1,44 | 1,93 | 1,99 | 2,23 | 1,73 | 1,24 | 1,45 | 1,63 | 1,73 | 2,35 |
| | | Φ_M | 213 | 133 | 176 | 131 | 143 | 134 | 114 | 142 | 84,9 | 128 | 131 | 132 | 113 | 144 | 74,2 | 143 | 86,7 | 126 | 74,2 | 181 |
| 0,5 | Φ_z | 1,37 | 1,33 | 1,38 | 1,25 | 1,08 | 1,25 | 1,67 | 1,79 | 1,54 | 1,44 | 1,25 | 1,67 | 1,71 | 1,92 | 1,49 | 1,08 | 1,25 | 1,42 | 1,49 | 2,03 | |
| | Φ_M | 185 | 111 | 151 | 111 | 124 | 123 | 105 | 131 | 78,6 | 119 | 121 | 122 | 105 | 133 | 69,2 | 133 | 80 | 118 | 69,1 | 168 | |
| 0,25 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 85,9 | 82,6 | 85,1 | 71,3 | 66,8 | 77,6 | 102 | 109 | 92,5 | 86,4 | 77,3 | 102 | 103 | 116 | 87,8 | 66,8 | 75,2 | 84,1 | 87,8 | 122 |
| | 0,1 | Φ_z | 1,66 | 1,62 | 1,66 | 1,61 | 1,3 | 1,52 | 2,03 | 2,15 | 1,85 | 1,71 | 1,51 | 2,01 | 2,05 | 2,3 | 1,76 | 1,3 | 1,49 | 1,67 | 1,76 | 2,42 |
| | | Φ_M | 198 | 113 | 158 | 114 | 131 | 115 | 85,4 | 114 | 59,6 | 109 | 114 | 106 | 86,6 | 116 | 51,8 | 131 | 68,3 | 108 | 51,8 | 154 |
| | 0,2 | Φ_z | 3,49 | 3,51 | 3,58 | 3,29 | 2,8 | 3,31 | 4,51 | 4,8 | 4,18 | 3,81 | 3,29 | 4,46 | 4,61 | 5,14 | 4,03 | 2,8 | 3,34 | 3,75 | 4,03 | 5,39 |
| | | Φ_M | 438 | 273 | 358 | 268 | 292 | 272 | 229 | 283 | 167 | 256 | 268 | 266 | 224 | 287 | 143 | 292 | 174 | 250 | 143 | 362 |
| | 0,3 | Φ_z | 3,79 | 3,92 | 4 | 3,7 | 3,13 | 3,73 | 5,19 | 5,55 | 4,9 | 4,41 | 3,7 | 5,13 | 5,39 | 5,98 | 4,78 | 3,13 | 3,88 | 4,38 | 4,78 | 6,24 |
| | | Φ_M | 460 | 296 | 378 | 288 | 307 | 291 | 255 | 308 | 188 | 274 | 288 | 290 | 247 | 312 | 161 | 307 | 191 | 266 | 161 | 387 |
| | 0,4 | Φ_z | 3,51 | 3,7 | 3,78 | 3,51 | 2,96 | 3,54 | 4,98 | 5,36 | 4,77 | 4,27 | 3,51 | 4,93 | 5,24 | 5,8 | 4,7 | 2,96 | 3,75 | 4,28 | 4,7 | 6,04 |
| | | Φ_M | 417 | 272 | 344 | 263 | 279 | 267 | 238 | 284 | 176 | 251 | 263 | 268 | 229 | 288 | 151 | 279 | 177 | 243 | 151 | 355 |
| 0,5 | Φ_z | 2,88 | 3,05 | 3,13 | 2,91 | 2,46 | 2,92 | 4,13 | 4,46 | 3,99 | 3,59 | 2,91 | 4,1 | 4,39 | 4,87 | 3,97 | 2,46 | 3,14 | 3,61 | 3,97 | 5,07 | |
| | Φ_M | 346 | 225 | 287 | 219 | 232 | 222 | 199 | 238 | 148 | 210 | 219 | 224 | 192 | 241 | 127 | 232 | 148 | 204 | 127 | 297 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,4 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 80,9 | 78,1 | 80,7 | 73,4 | 63,5 | 73,6 | 97,5 | 104 | 88,9 | 83 | 73,4 | 97,1 | 99 | 111 | 85,1 | 63,5 | 72,2 | 81,2 | 85,1 | 117 |
| | 0,1 | Φ_z | 1,56 | 1,53 | 1,58 | 1,44 | 1,24 | 1,45 | 1,95 | 2,08 | 1,79 | 1,66 | 1,44 | 1,93 | 1,99 | 2,23 | 1,73 | 1,24 | 1,45 | 1,63 | 1,73 | 2,35 |
| | | Φ_M | 185 | 106 | 149 | 107 | 123 | 109 | 81,3 | 108 | 58,1 | 104 | 107 | 101 | 83,7 | 112 | 51,9 | 123 | 65,9 | 104 | 51,9 | 147 |
| | 0,2 | Φ_z | 3,29 | 3,36 | 3,45 | 3,18 | 2,71 | 3,2 | 4,42 | 4,73 | 4,16 | 3,78 | 3,18 | 4,38 | 4,6 | 5,11 | 4,07 | 2,71 | 3,31 | 3,75 | 4,07 | 5,34 |
| | | Φ_M | 404 | 254 | 330 | 248 | 269 | 252 | 215 | 263 | 156 | 236 | 248 | 247 | 208 | 266 | 133 | 269 | 161 | 230 | 133 | 334 |
| | 0,3 | Φ_z | 3,79 | 4,05 | 4,14 | 3,86 | 3,25 | 3,88 | 5,53 | 5,95 | 5,34 | 4,76 | 3,86 | 5,47 | 5,86 | 6,48 | 5,3 | 3,25 | 4,18 | 4,79 | 5,3 | 6,73 |
| | | Φ_M | 434 | 285 | 358 | 275 | 290 | 279 | 250 | 297 | 185 | 261 | 275 | 280 | 239 | 300 | 157 | 290 | 185 | 251 | 157 | 369 |
| | 0,4 | Φ_z | 4,38 | 4,69 | 4,81 | 4,48 | 3,78 | 4,51 | 6,42 | 6,94 | 6,24 | 5,57 | 4,48 | 6,38 | 6,85 | 7,58 | 6,22 | 3,78 | 4,89 | 5,62 | 6,22 | 7,88 |
| | | Φ_M | 508 | 334 | 421 | 323 | 341 | 328 | 296 | 352 | 220 | 308 | 323 | 331 | 284 | 355 | 188 | 341 | 219 | 298 | 188 | 436 |
| 0,5 | Φ_z | 3,41 | 3,79 | 3,88 | 3,65 | 3,06 | 3,67 | 5,35 | 5,82 | 5,31 | 4,7 | 3,65 | 5,32 | 5,82 | 6,42 | 5,38 | 3,06 | 4,12 | 4,79 | 5,38 | 6,65 | |
| | Φ_M | 367 | 248 | 305 | 238 | 246 | 241 | 225 | 262 | 168 | 225 | 238 | 247 | 213 | 263 | 142 | 246 | 163 | 215 | 142 | 318 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,5 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 76,5 | 72,2 | 75,4 | 68 | 59,5 | 68,1 | 88,8 | 95 | 80,5 | 76,4 | 68 | 88,9 | 90,1 | 102 | 77 | 59,5 | 65,9 | 74,7 | 77 | 108 |
| | 0,1 | Φ_z | 1,37 | 1,33 | 1,38 | 1,25 | 1,08 | 1,25 | 1,67 | 1,79 | 1,54 | 1,44 | 1,25 | 1,67 | 1,71 | 1,92 | 1,49 | 1,08 | 1,25 | 1,42 | 1,49 | 2,03 |
| | | Φ_M | 173 | 100 | 140 | 101 | 117 | 103 | 78,3 | 105 | 57,7 | 101 | 101 | 97,3 | 81,9 | 108 | 52,6 | 117 | 63,8 | 101 | 52,6 | 142 |
| | 0,2 | Φ_z | 2,55 | 2,63 | 2,71 | 2,5 | 2,13 | 2,51 | 3,49 | 3,76 | 3,33 | 3,02 | 2,5 | 3,47 | 3,67 | 4,08 | 3,28 | 2,13 | 2,64 | 3,02 | 3,28 | 4,27 |
| | | Φ_M | 311 | 196 | 255 | 192 | 207 | 195 | 166 | 204 | 121 | 182 | 192 | 191 | 161 | 205 | 103 | 207 | 125 | 178 | 103 | 258 |
| | 0,3 | Φ_z | 3,24 | 3,45 | 3,55 | 3,31 | 2,8 | 3,32 | 4,72 | 5,12 | 4,6 | 4,13 | 3,31 | 4,7 | 5,06 | 5,61 | 4,61 | 2,8 | 3,61 | 4,17 | 4,61 | 5,84 |
| | | Φ_M | 384 | 250 | 318 | 242 | 257 | 247 | 220 | 264 | 164 | 232 | 242 | 248 | 212 | 266 | 140 | 257 | 163 | 225 | 140 | 328 |
| | 0,4 | Φ_z | 3,41 | 3,79 | 3,88 | 3,65 | 3,06 | 3,67 | 5,35 | 5,82 | 5,31 | 4,7 | 3,65 | 5,32 | 5,82 | 6,42 | 5,38 | 3,06 | 4,12 | 4,79 | 5,38 | 6,65 |
| | | Φ_M | 366 | 248 | 305 | 237 | 245 | 241 | 224 | 261 | 167 | 224 | 237 | 246 | 212 | 262 | 141 | 245 | 163 | 215 | 141 | 317 |
| 0,5 | Φ_z | 4,63 | 4,95 | 5,09 | 4,75 | 4,01 | 4,77 | 6,8 | 7,37 | 6,63 | 5,94 | 4,75 | 6,57 | 7,3 | 8,08 | 6,65 | 4,01 | 5,2 | 6,01 | 6,65 | 8,41 | |
| | Φ_M | 545 | 358 | 453 | 347 | 366 | 353 | 319 | 380 | 238 | 332 | 347 | 357 | 307 | 383 | 204 | 366 | 236 | 322 | 204 | 470 | |

6) Плита, двумя краями, параллельными оси y , свободно опертая, двумя другими защемленная: $\gamma = 0,05$, $\eta = 1/2$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,1 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 18,9 | 21 | 20,8 | 19,8 | 16,3 | 19,9 | 28,9 | 30,7 | 27,8 | 24,2 | 19,8 | 28,3 | 30,3 | 33,3 | 27,4 | 16,3 | 21,6 | 24,1 | 27,4 | 34,2 |
| | 0,1 | Φ_z | 1,2 | 1,35 | 1,34 | 1,28 | 1,05 | 1,28 | 1,88 | 2 | 1,82 | 1,58 | 1,28 | 1,84 | 1,98 | 2,18 | 1,80 | 1,05 | 1,41 | 1,59 | 1,8 | 2,24 |
| | | Φ_M | 126 | 88,1 | 10,3 | 83,5 | 82,7 | 82,2 | 79,1 | 87,6 | 57,7 | 75,3 | 83,5 | 86,1 | 72,6 | 90,2 | 48,0 | 82,7 | 57,6 | 69,6 | 48 | 106 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,55 | 1,79 | 1,8 | 1,72 | 1,42 | 1,73 | 2,58 | 2,78 | 2,57 | 2,24 | 1,72 | 2,55 | 2,8 | 3,08 | 2,61 | 1,42 | 1,99 | 2,28 | 2,61 | 3,17 |
| | | Φ_M | 157 | 114 | 130 | 107 | 104 | 106 | 107 | 117 | 80,4 | 98,7 | 107 | 114 | 98,8 | 121 | 67,9 | 104 | 77,4 | 91,5 | 67,9 | 140 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,38 | 1,61 | 1,63 | 1,56 | 1,3 | 1,56 | 2,34 | 2,54 | 2,36 | 2,07 | 1,56 | 2,33 | 2,58 | 2,84 | 2,43 | 1,3 | 1,83 | 2,12 | 2,43 | 2,93 |
| | | Φ_M | 141 | 103 | 118 | 97 | 94,2 | 96 | 97,4 | 107 | 73,9 | 90 | 97 | 104 | 90,6 | 110 | 63 | 94,2 | 70,6 | 83,8 | 63 | 127 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,21 | 1,42 | 1,44 | 1,39 | 1,15 | 1,38 | 2,08 | 2,27 | 2,13 | 1,87 | 1,39 | 2,08 | 2,32 | 2,55 | 2,21 | 1,15 | 1,65 | 1,92 | 2,21 | 2,64 |
| | | Φ_M | 119 | 88 | 99,9 | 82,8 | 80 | 82 | 84,2 | 91,8 | 84,1 | 76,9 | 82,8 | 89,3 | 78,1 | 94,6 | 54,6 | 80 | 60,8 | 71,5 | 54,6 | 109 |
| 0,5 | Φ_z | 1,13 | 1,3 | 1,32 | 1,26 | 1,05 | 1,26 | 1,87 | 2,03 | 1,89 | 1,66 | 1,26 | 1,87 | 2,06 | 2,27 | 1,94 | 1,05 | 1,47 | 1,69 | 1,94 | 2,35 | |
| | Φ_M | 117 | 85,1 | 97,8 | 80,5 | 78,5 | 79,5 | 80,2 | 88,3 | 60,9 | 74,8 | 80,5 | 86 | 74,9 | 91,4 | 52,2 | 78,5 | 58,5 | 69,8 | 52,1 | 106 | |

| β_0 | | α | α_0 | | | | | 0,1 | | | | | 0,25 | | | | | 0,4 | | | | | 0,5 | | | | |
|-----------|----------|----------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|---|---|---|---|
| | | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | | | | | |
| 0,25 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 17,3 | 20,1 | 20,3 | 19,4 | 16,1 | 19,4 | 29,1 | 31,5 | 29,3 | 25,6 | 19,4 | 28,9 | 31,9 | 35,1 | 29,9 | 16,1 | 22,6 | 26,1 | 29,9 | 36,1 | | | | | |
| | 0,1 | Φ_z | 1,28 | 1,51 | 1,53 | 1,47 | 1,22 | 1,47 | 2,21 | 2,41 | 2,25 | 1,97 | 1,47 | 2,2 | 2,46 | 2,7 | 2,32 | 1,22 | 1,74 | 2,02 | 2,32 | 2,78 | | | | | |
| | | Φ_M | 121 | 86,8 | 99,2 | 81,3 | 79,3 | 80,5 | 79,5 | 86,5 | 57,8 | 72,5 | 81,3 | 84,8 | 71,6 | 87,9 | 47,1 | 79,3 | 56,5 | 66,3 | 47,1 | 103 | | | | | |
| | 0,2 | Φ_z | 2,5 | 3,02 | 3,09 | 2,99 | 2,48 | 2,96 | 4,54 | 5 | 4,73 | 4,15 | 2,99 | 4,56 | 5,17 | 5,68 | 4,98 | 2,48 | 3,65 | 4,3 | 4,98 | 5,86 | | | | | |
| | | Φ_M | 2,32 | 174 | 195 | 163 | 155 | 162 | 168 | 182 | 128 | 150 | 163 | 177 | 154 | 186 | 108 | 155 | 120 | 139 | 108 | 213 | | | | | |
| | 0,3 | Φ_z | 2,57 | 3,16 | 3,26 | 3,17 | 2,66 | 3,13 | 4,85 | 5,4 | 5,16 | 4,56 | 3,17 | 4,92 | 5,65 | 6,23 | 5,54 | 2,66 | 4 | 4,77 | 5,54 | 6,45 | | | | | |
| | | Φ_M | 231 | 176 | 197 | 164 | 156 | 164 | 173 | 187 | 134 | 154 | 164 | 181 | 161 | 192 | 114 | 156 | 124 | 143 | 114 | 219 | | | | | |
| | 0,4 | Φ_z | 2,31 | 2,87 | 2,98 | 2,91 | 2,45 | 2,85 | 4,45 | 4,98 | 4,8 | 4,26 | 2,91 | 4,55 | 5,26 | 5,81 | 5,2 | 2,45 | 3,72 | 4,48 | 5,2 | 6,02 | | | | | |
| | | Φ_M | 204 | 156 | 174 | 146 | 138 | 146 | 156 | 168 | 121 | 138 | 146 | 162 | 145 | 173 | 104 | 138 | 111 | 129 | 104 | 195 | | | | | |
| 0,5 | Φ_z | 1,93 | 2,38 | 2,47 | 2,41 | 2,03 | 2,36 | 3,67 | 4,11 | 3,95 | 3,52 | 2,41 | 3,76 | 4,34 | 4,8 | 4,29 | 2,03 | 3,08 | 3,7 | 4,29 | 4,98 | | | | | | |
| | Φ_M | 174 | 132 | 148 | 124 | 118 | 123 | 131 | 142 | 102 | 117 | 124 | 137 | 122 | 146 | 87,9 | 118 | 94,2 | 110 | 87,9 | 166 | | | | | | |
| 0,4 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 16,3 | 19 | 19,1 | 18,3 | 15,2 | 18,3 | 27,4 | 29,7 | 27,6 | 24,2 | 18,3 | 27,3 | 30,1 | 33,1 | 28,3 | 15,2 | 21,4 | 24,7 | 28,3 | 34,2 | | | | | |
| | 0,1 | Φ_z | 1,21 | 1,42 | 1,44 | 1,39 | 1,15 | 1,38 | 2,08 | 2,27 | 2,13 | 1,87 | 1,39 | 2,08 | 2,32 | 2,55 | 2,21 | 1,15 | 1,65 | 1,92 | 2,21 | 2,64 | | | | | |
| | | Φ_M | 114 | 81,6 | 93,4 | 76,5 | 74,7 | 75,7 | 74,6 | 81,2 | 54,2 | 68,2 | 76,5 | 79,7 | 67,2 | 82,7 | 44,2 | 74,7 | 53,1 | 62,5 | 44,2 | 96,5 | | | | | |
| | 0,2 | Φ_z | 2,32 | 2,82 | 2,89 | 2,81 | 2,34 | 2,77 | 4,26 | 4,72 | 4,49 | 3,96 | 2,81 | 4,31 | 4,91 | 5,41 | 4,77 | 2,34 | 3,48 | 4,12 | 4,77 | 5,6 | | | | | |
| | | Φ_M | 214 | 160 | 180 | 150 | 144 | 149 | 155 | 168 | 119 | 139 | 150 | 163 | 143 | 172 | 101 | 144 | 111 | 129 | 101 | 197 | | | | | |
| | 0,3 | Φ_z | 2,42 | 3,04 | 3,17 | 3,11 | 2,62 | 3,03 | 4,76 | 5,36 | 5,19 | 4,62 | 3,11 | 4,89 | 5,7 | 6,3 | 5,68 | 2,62 | 4,03 | 4,88 | 5,68 | 6,54 | | | | | |
| | | Φ_M | 209 | 161 | 179 | 151 | 142 | 150 | 161 | 174 | 126 | 143 | 151 | 168 | 150 | 179 | 108 | 142 | 115 | 133 | 108 | 202 | | | | | |
| | 0,4 | Φ_z | 2,83 | 3,54 | 3,69 | 3,62 | 3,06 | 3,53 | 5,52 | 6,22 | 6,02 | 5,37 | 3,62 | 5,68 | 6,6 | 7,31 | 6,58 | 3,06 | 4,69 | 5,67 | 6,58 | 7,59 | | | | | |
| | | Φ_M | 248 | 190 | 213 | 179 | 169 | 178 | 190 | 206 | 149 | 169 | 179 | 199 | 178 | 212 | 129 | 169 | 136 | 158 | 129 | 240 | | | | | |
| 0,5 | Φ_z | 2,03 | 2,61 | 2,76 | 2,73 | 2,33 | 2,63 | 4,19 | 4,79 | 4,71 | 4,23 | 2,73 | 4,38 | 5,18 | 5,74 | 5,26 | 2,33 | 3,67 | 4,52 | 5,26 | 5,98 | | | | | | |
| | Φ_M | 167 | 131 | 145 | 122 | 115 | 122 | 134 | 144 | 106 | 118 | 122 | 139 | 126 | 149 | 92,9 | 115 | 95,9 | 111 | 92,9 | 167 | | | | | | |
| 0,5 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 16,8 | 19,1 | 19,1 | 18,2 | 15,1 | 18,3 | 26,9 | 28,9 | 26,5 | 23,3 | 18,2 | 26,6 | 28,9 | 31,9 | 26,8 | 15,1 | 20,7 | 23,5 | 26,8 | 32,9 | | | | | |
| | 0,1 | Φ_z | 1,13 | 1,3 | 1,32 | 1,26 | 1,05 | 1,26 | 1,87 | 2,03 | 1,89 | 1,66 | 1,26 | 1,87 | 2,06 | 2,27 | 1,94 | 1,05 | 1,47 | 1,69 | 1,94 | 2,35 | | | | | |
| | | Φ_M | 112 | 79,5 | 92 | 74,9 | 73,9 | 74 | 71,9 | 79,2 | 52,4 | 67,3 | 75 | 77,7 | 65,6 | 81,1 | 43,3 | 73,9 | 51,8 | 62,1 | 43,3 | 95,2 | | | | | |
| | 0,2 | Φ_z | 1,8 | 2,18 | 2,25 | 2,18 | 1,83 | 2,15 | 3,3 | 3,66 | 3,49 | 3,09 | 2,18 | 3,35 | 3,82 | 4,22 | 3,73 | 1,83 | 2,71 | 3,22 | 3,73 | 4,37 | | | | | |
| | | Φ_M | 167 | 124 | 140 | 117 | 112 | 116 | 120 | 131 | 92,1 | 109 | 117 | 127 | 111 | 134 | 78,4 | 112 | 86,4 | 101 | 78,4 | 154 | | | | | |
| | 0,3 | Φ_z | 2,18 | 2,68 | 2,79 | 2,73 | 2,31 | 2,66 | 4,13 | 4,64 | 4,47 | 4 | 2,73 | 4,25 | 4,91 | 5,44 | 4,87 | 2,31 | 3,49 | 4,21 | 4,87 | 5,65 | | | | | |
| | | Φ_M | 198 | 150 | 169 | 141 | 135 | 140 | 147 | 160 | 115 | 133 | 141 | 155 | 138 | 166 | 99,1 | 135 | 106 | 125 | 99,1 | 189 | | | | | |
| | 0,4 | Φ_z | 2,03 | 2,61 | 2,76 | 2,73 | 2,33 | 2,63 | 4,19 | 4,79 | 4,71 | 4,23 | 2,73 | 4,38 | 5,18 | 5,74 | 5,26 | 2,33 | 3,67 | 4,52 | 5,26 | 6,98 | | | | | |
| | | Φ_M | 167 | 131 | 145 | 122 | 115 | 122 | 134 | 144 | 106 | 118 | 122 | 138 | 126 | 149 | 92,8 | 115 | 95,8 | 111 | 92,8 | 167 | | | | | |
| 0,5 | Φ_z | 3,05 | 3,79 | 3,95 | 3,86 | 3,27 | 3,77 | 5,87 | 6,6 | 6,38 | 5,71 | 3,86 | 6,05 | 7,01 | 7,76 | 6,97 | 3,27 | 4,98 | 6,01 | 6,97 | 8,07 | | | | | | |
| | Φ_M | 274 | 208 | 234 | 196 | 187 | 195 | 207 | 225 | 162 | 186 | 196 | 217 | 194 | 232 | 140 | 187 | 149 | 174 | 140 | 263 | | | | | | |

7) Плита, двумя краями, параллельными оси y , свободно опертая, двумя другими защемленная: $\gamma = 0,05$, $\eta = 1/3$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 9,47 | 11,5 | 11,7 | 11,3 | 9,27 | 11,3 | 17,3 | 18,9 | 17,8 | 15,4 | 11,3 | 17,2 | 19,4 | 21,2 | 18,5 | 9,27 | 13,7 | 15,9 | 18,5 | 21,8 |
| 0,1 | Φ_z | 1,34 | 1,64 | 1,66 | 1,61 | 1,33 | 1,61 | 2,48 | 2,72 | 2,57 | 2,23 | 1,61 | 2,47 | 2,8 | 3,07 | 2,69 | 1,33 | 1,97 | 2,31 | 2,7 | 3,16 |
| | Φ_M | 119 | 91,8 | 100 | 85,1 | 79,6 | 84,1 | 89,5 | 94,5 | 67,5 | 77,1 | 85,1 | 92,7 | 80,7 | 96,7 | 56,1 | 79,6 | 63 | 70,1 | 56,1 | 109 |
| 0,2 | Φ_z | 1,64 | 2,06 | 2,11 | 2,06 | 1,72 | 2,04 | 3,19 | 3,54 | 3,4 | 2,98 | 2,06 | 3,23 | 3,71 | 4,09 | 3,64 | 1,72 | 2,62 | 3,13 | 3,64 | 4,22 |
| | Φ_M | 141 | 111 | 121 | 103 | 95,5 | 102 | 112 | 118 | 86,6 | 95,7 | 103 | 115 | 102 | 121 | 73,5 | 95,5 | 79,1 | 87,8 | 73,5 | 135 |
| 0,3 | Φ_z | 1,47 | 1,84 | 1,89 | 1,85 | 1,55 | 1,82 | 2,85 | 3,18 | 3,06 | 2,69 | 1,85 | 2,9 | 3,34 | 3,68 | 3,29 | 1,55 | 2,36 | 2,82 | 3,29 | 3,8 |
| | Φ_M | 128 | 100 | 109 | 93,2 | 86,4 | 92,3 | 101 | 107 | 78,7 | 87,1 | 93,2 | 104 | 93 | 110 | 67,2 | 86,4 | 71,8 | 80,1 | 67,2 | 123 |
| 0,4 | Φ_z | 1,24 | 1,58 | 1,63 | 1,6 | 1,34 | 1,57 | 2,48 | 2,77 | 2,68 | 2,36 | 1,6 | 2,53 | 2,93 | 3,23 | 2,91 | 1,34 | 2,07 | 2,49 | 2,91 | 3,34 |
| | Φ_M | 106 | 83,9 | 90,8 | 77,8 | 71,8 | 77,1 | 85,4 | 90,2 | 66,8 | 73 | 77,8 | 87,6 | 78,6 | 92,8 | 57,2 | 71,8 | 60,5 | 67,3 | 57,2 | 103 |
| 0,5 | Φ_z | 1,21 | 1,51 | 1,55 | 1,51 | 1,26 | 1,49 | 2,33 | 2,58 | 2,47 | 2,17 | 1,51 | 2,35 | 2,7 | 2,97 | 2,64 | 1,26 | 1,91 | 2,27 | 2,64 | 3,06 |
| | Φ_M | 108 | 84,3 | 91,8 | 78,3 | 72,8 | 77,4 | 84,4 | 89,4 | 65,4 | 72,9 | 78,3 | 87,2 | 77,5 | 92,1 | 55,8 | 72,8 | 60 | 67 | 55,8 | 103 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 8,07 | 10,2 | 10,5 | 10,2 | 8,54 | 10,1 | 15,8 | 17,6 | 17 | 14,9 | 10,2 | 16,1 | 18,5 | 20,4 | 18,3 | 85,4 | 13,1 | 15,7 | 18,3 | 21,1 |
| 0,1 | Φ_z | 1,32 | 1,68 | 1,74 | 1,71 | 1,43 | 1,68 | 2,64 | 2,96 | 2,86 | 2,52 | 1,71 | 2,7 | 3,13 | 3,45 | 3,11 | 1,43 | 2,21 | 2,66 | 3,11 | 3,57 |
| | Φ_M | 109 | 85,6 | 92,8 | 79,1 | 73,2 | 78,5 | 85,4 | 89,8 | 65,2 | 72,4 | 79,1 | 87,6 | 77,2 | 91,6 | 54,5 | 7,32 | 59,7 | 66 | 54,5 | 102 |
| 0,2 | Φ_z | 2,47 | 3,21 | 3,36 | 3,32 | 2,8 | 3,23 | 5,14 | 2,83 | 5,7 | 5,07 | 3,32 | 5,31 | 6,25 | 6,91 | 63,0 | 2,8 | 4,42 | 5,39 | 6,3 | 7,16 |
| | Φ_M | 199 | 160 | 173 | 148 | 136 | 147 | 165 | 174 | 130 | 140 | 148 | 169 | 153 | 179 | 112 | 136 | 117 | 130 | 112 | 199 |
| 0,3 | Φ_z | 2,48 | 3,25 | 3,43 | 3,41 | 2,9 | 3,29 | 5,28 | 6,03 | 5,94 | 5,32 | 3,41 | 5,5 | 6,53 | 7,23 | 6,65 | 2,9 | 4,62 | 5,68 | 6,65 | 7,52 |
| | Φ_M | 195 | 159 | 171 | 147 | 135 | 146 | 165 | 175 | 132 | 141 | 147 | 169 | 154 | 181 | 115 | 135 | 118 | 131 | 115 | 199 |
| 0,4 | Φ_z | 2,19 | 2,9 | 3,07 | 3,05 | 2,61 | 2,94 | 4,73 | 5,42 | 5,37 | 4,82 | 3,05 | 4,95 | 5,9 | 6,55 | 6,04 | 2,61 | 4,19 | 5,16 | 6,04 | 6,82 |
| | Φ_M | 171 | 139 | 150 | 129 | 118 | 128 | 146 | 155 | 117 | 125 | 129 | 149 | 137 | 160 | 103 | 118 | 104 | 116 | 103 | 176 |
| 0,5 | Φ_z | 1,86 | 2,44 | 2,57 | 2,55 | 2,17 | 2,46 | 3,95 | 4,51 | 4,44 | 3,98 | 2,55 | 4,12 | 4,88 | 5,41 | 4,97 | 2,17 | 3,46 | 4,25 | 4,97 | 5,63 |
| | Φ_M | 148 | 120 | 129 | 112 | 102 | 111 | 125 | 132 | 99,9 | 107 | 112 | 128 | 117 | 137 | 87,1 | 102 | 89,1 | 99,5 | 87,1 | 151 |
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 7,62 | 9,60 | 9,87 | 9,65 | 8,04 | 9,51 | 14,9 | 16,6 | 15,9 | 14 | 9,65 | 15,1 | 17,4 | 19,2 | 17,1 | 8,04 | 12,3 | 14,7 | 17,1 | 19,8 |
| 0,1 | Φ_z | 1,24 | 1,58 | 1,63 | 1,6 | 1,34 | 1,57 | 2,48 | 2,77 | 2,68 | 2,36 | 1,6 | 2,53 | 2,93 | 3,23 | 2,91 | 1,34 | 2,07 | 2,49 | 2,91 | 3,34 |
| | Φ_M | 103 | 80,8 | 87,5 | 74,6 | 69,1 | 74 | 80,4 | 84,6 | 61,4 | 68,2 | 74,6 | 82,6 | 72,6 | 86,3 | 51,3 | 69,1 | 56,3 | 62,2 | 51,2 | 96,5 |
| 0,2 | Φ_z | 2,29 | 2,97 | 3,11 | 3,07 | 2,6 | 2,98 | 4,76 | 5,4 | 5,29 | 4,71 | 3,07 | 4,92 | 5,8 | 6,41 | 5,86 | 2,6 | 4,1 | 5,01 | 5,86 | 6,66 |
| | Φ_M | 184 | 148 | 160 | 137 | 126 | 136 | 153 | 161 | 121 | 130 | 137 | 156 | 141 | 166 | 104 | 126 | 108 | 120 | 104 | 184 |
| 0,3 | Φ_z | 2,27 | 3,01 | 3,21 | 3,2 | 2,74 | 3,07 | 4,96 | 5,7 | 5,67 | 5,11 | 3,2 | 5,21 | 6,24 | 6,93 | 6,42 | 2,74 | 4,43 | 5,48 | 6,42 | 7,22 |
| | Φ_M | 174 | 142 | 153 | 132 | 121 | 131 | 150 | 159 | 121 | 128 | 132 | 153 | 141 | 165 | 106 | 121 | 107 | 119 | 106 | 181 |
| 0,4 | Φ_z | 2,68 | 3,54 | 3,75 | 3,74 | 3,2 | 3,59 | 5,79 | 6,64 | 6,58 | 5,92 | 3,74 | 6,07 | 7,24 | 8,04 | 7,43 | 3,2 | 5,14 | 6,35 | 7,43 | 8,38 |
| | Φ_M | 209 | 170 | 183 | 158 | 144 | 157 | 178 | 189 | 143 | 153 | 158 | 183 | 167 | 196 | 126 | 144 | 127 | 142 | 126 | 216 |
| 0,5 | Φ_z | 1,83 | 2,47 | 2,66 | 2,67 | 2,31 | 2,53 | 4,13 | 4,79 | 4,81 | 4,37 | 2,7 | 4,39 | 5,3 | 5,91 | 5,53 | 2,31 | 3,78 | 4,72 | 5,53 | 6,18 |
| | Φ_M | 136 | 112 | 121 | 105 | 95,4 | 104 | 120 | 127 | 98,2 | 103 | 105 | 123 | 114 | 133 | 87,3 | 95,4 | 86,3 | 96,7 | 87,3 | 146 |

| β_0 | α_0 | | 0,1 | | | | | 0,25 | | | | | 0,4 | | | | | 0,5 | | | | |
|-----------|------------|----------|----------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|
| | β | Φ | α | | | | |
| | | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| 0,5 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 8,27 | 10,2 | 10,3 | 10 | 8,31 | 9,98 | 15,4 | 17 | 16,1 | 14,1 | 10 | 15,5 | 17,6 | 19,3 | 17 | 8,31 | 12,4 | 14,6 | 17 | 19,9 |
| | 0,1 | Φ_z | 1,21 | 1,51 | 1,55 | 1,51 | 1,26 | 1,49 | 2,33 | 2,58 | 2,47 | 2,16 | 1,51 | 2,35 | 2,70 | 2,97 | 2,64 | 1,26 | 1,91 | 2,27 | 2,64 | 3,06 |
| | | Φ_M | 105 | 81,5 | 88,9 | 75,5 | 70,4 | 74,6 | 80 | 84,5 | 60,7 | 68,7 | 75,5 | 82,7 | 72,3 | 86,4 | 50,7 | 70,4 | 56,3 | 62,6 | 50,7 | 97,2 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,78 | 2,31 | 2,41 | 2,39 | 2,02 | 2,32 | 3,69 | 4,18 | 4,09 | 3,64 | 2,39 | 3,81 | 4,49 | 4,96 | 4,52 | 2,02 | 3,18 | 3,87 | 4,52 | 5,15 |
| | | Φ_M | 145 | 116 | 125 | 108 | 99 | 107 | 119 | 126 | 94 | 102 | 108 | 122 | 110 | 130 | 81 | 99 | 84,5 | 94,1 | 81 | 144 |
| | 0,3 | Φ_z | 2,13 | 2,76 | 2,91 | 2,89 | 2,46 | 2,79 | 4,45 | 5,07 | 5 | 4,48 | 2,89 | 4,64 | 5,49 | 6,09 | 5,58 | 2,46 | 3,9 | 4,78 | 5,58 | 6,33 |
| | | Φ_M | 172 | 138 | 150 | 129 | 118 | 127 | 143 | 151 | 114 | 123 | 129 | 147 | 133 | 157 | 99,2 | 118 | 102 | 114 | 99,2 | 174 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,83 | 2,47 | 2,66 | 2,67 | 2,31 | 2,53 | 4,13 | 4,79 | 4,81 | 4,37 | 2,67 | 4,39 | 5,3 | 5,91 | 5,53 | 2,31 | 3,78 | 4,72 | 5,53 | 6,18 |
| | | Φ_M | 136 | 112 | 121 | 105 | 95,4 | 104 | 120 | 127 | 98,2 | 103 | 105 | 123 | 114 | 133 | 87,3 | 95,4 | 86,3 | 96,7 | 87,3 | 146 |
| 0,5 | Φ_z | 2,94 | 3,85 | 4,07 | 4,04 | 3,45 | 3,89 | 6,24 | 7,13 | 7,05 | 6,33 | 4,04 | 6,53 | 7,74 | 8,59 | 7,91 | 3,45 | 5,5 | 6,76 | 7,91 | 8,95 | |
| | Φ_M | 235 | 190 | 205 | 177 | 162 | 175 | 197 | 209 | 158 | 170 | 177 | 202 | 185 | 217 | 138 | 162 | 141 | 158 | 138 | 240 | |

8) Плита, двумя краями, параллельными оси y , свободно опертая, двумя другими защемленная: $\gamma = 0,05$, $\eta = 1/4$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,1 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 5,91 | 7,57 | 7,81 | 7,66 | 6,38 | 7,54 | 11,9 | 13,3 | 12,9 | 11,3 | 7,66 | 12,1 | 14,1 | 15,5 | 13,9 | 6,38 | 9,9 | 11,9 | 13,9 | 16 |
| | 0,1 | Φ_z | 1,47 | 1,89 | 1,96 | 1,93 | 1,61 | 1,89 | 2,99 | 3,36 | 3,26 | 2,87 | 1,93 | 3,06 | 3,56 | 3,92 | 3,54 | 1,61 | 2,61 | 3,03 | 3,54 | 4,05 |
| | | Φ_M | 120 | 96,3 | 103 | 88,7 | 81 | 88 | 98,3 | 103 | 76,2 | 82,2 | 88,7 | 100 | 89,2 | 105 | 64,4 | 81 | 68,8 | 75 | 64,4 | 116 |
| | 0,2 | Φ_z | 1,75 | 2,3 | 2,41 | 2,38 | 2,01 | 2,31 | 3,7 | 4,2 | 4,12 | 3,66 | 2,38 | 3,83 | 4,52 | 5 | 4,57 | 2,01 | 3,19 | 3,9 | 4,57 | 5,18 |
| | | Φ_M | 138 | 113 | 121 | 105 | 94,9 | 104 | 118 | 124 | 93,7 | 99,1 | 105 | 120 | 109 | 127 | 80,7 | 94,9 | 83,3 | 91,3 | 80,7 | 140 |
| | 0,3 | Φ_z | 1,57 | 2,05 | 2,15 | 2,13 | 1,8 | 2,07 | 3,31 | 3,75 | 3,68 | 3,27 | 2,13 | 3,42 | 4,03 | 4,46 | 4,07 | 1,8 | 2,85 | 3,48 | 4,07 | 4,62 |
| | | Φ_M | 125 | 102 | 109 | 94,7 | 86,1 | 93,9 | 107 | 112 | 84,8 | 89,9 | 94,7 | 109 | 98,7 | 116 | 73,2 | 86,1 | 75,5 | 82,9 | 73,2 | 127 |
| | 0,4 | Φ_z | 1,32 | 1,73 | 1,83 | 1,81 | 1,54 | 1,75 | 2,82 | 3,22 | 3,17 | 2,83 | 1,81 | 2,93 | 3,48 | 3,85 | 3,54 | 1,54 | 2,46 | 3,02 | 3,54 | 4 |
| | | Φ_M | 103 | 84,3 | 89,8 | 78 | 70,7 | 77,4 | 88,7 | 93,1 | 70,9 | 74,6 | 78 | 90,1 | 82,3 | 96,1 | 61,5 | 70,7 | 62,8 | 69 | 61,5 | 105 |
| 0,5 | Φ_z | 1,32 | 1,71 | 1,78 | 1,76 | 1,48 | 1,71 | 2,73 | 3,09 | 3,01 | 2,67 | 1,76 | 2,81 | 3,3 | 3,64 | 3,32 | 1,48 | 2,33 | 2,83 | 3,32 | 3,77 | |
| | Φ_M | 106 | 86,6 | 92,4 | 80,0 | 72,9 | 79,3 | 89,9 | 94,2 | 71 | 75,7 | 80 | 91,5 | 82,8 | 97,1 | 61,2 | 72,9 | 63,5 | 69,7 | 61,2 | 107 | |
| 0,25 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 4,84 | 6,35 | 6,67 | 6,61 | 5,58 | 6,41 | 10,3 | 11,7 | 11,5 | 10,2 | 6,61 | 10,6 | 12,6 | 13,9 | 12,7 | 5,58 | 8,9 | 10,9 | 12,7 | 14,4 |
| | 0,1 | Φ_z | 1,4 | 1,84 | 1,94 | 1,93 | 1,64 | 1,87 | 3 | 3,43 | 3,38 | 3,02 | 1,93 | 3,13 | 3,71 | 4,11 | 3,78 | 1,64 | 2,63 | 3,23 | 3,78 | 4,27 |
| | | Φ_M | 107 | 87,2 | 92,9 | 80,4 | 73 | 79,9 | 90,7 | 94,9 | 71,5 | 75,7 | 80,4 | 92 | 83,2 | 97,4 | 61,2 | 73 | 63,7 | 69,6 | 61,2 | 107 |
| | 0,2 | Φ_z | 2,55 | 3,42 | 3,64 | 3,64 | 3,11 | 3,49 | 5,66 | 6,52 | 6,49 | 5,84 | 3,64 | 5,96 | 7,14 | 7,93 | 7,36 | 3,11 | 5,06 | 6,28 | 7,36 | 8,26 |
| | | Φ_M | 191 | 158 | 168 | 146 | 132 | 145 | 169 | 177 | 136 | 142 | 146 | 171 | 157 | 183 | 119 | 132 | 120 | 132 | 119 | 200 |
| | 0,3 | Φ_z | 2,52 | 3,4 | 3,65 | 3,66 | 3,14 | 3,48 | 5,68 | 6,57 | 6,58 | 5,95 | 3,66 | 6,01 | 7,25 | 8,06 | 7,52 | 3,14 | 5,15 | 6,41 | 7,52 | 8,41 |
| | | Φ_M | 186 | 155 | 165 | 144 | 130 | 143 | 166 | 175 | 135 | 140 | 144 | 169 | 156 | 182 | 120 | 130 | 119 | 131 | 120 | 199 |
| | 0,4 | Φ_z | 2,21 | 3 | 3,22 | 3,24 | 2,79 | 3,08 | 5,03 | 5,84 | 5,86 | 5,31 | 3,24 | 5,34 | 6,45 | 7,18 | 6,72 | 2,79 | 4,59 | 5,73 | 6,72 | 7,5 |
| | | Φ_M | 161 | 135 | 143 | 125 | 113 | 124 | 146 | 153 | 119 | 123 | 125 | 148 | 137 | 160 | 106 | 113 | 104 | 115 | 106 | 174 |
| 0,5 | Φ_z | 1,9 | 2,56 | 2,73 | 2,74 | 2,35 | 2,61 | 4,25 | 4,91 | 4,91 | 4,43 | 2,74 | 4,49 | 5,4 | 6,01 | 5,6 | 2,35 | 3,84 | 4,77 | 5,6 | 6,27 | |
| | Φ_M | 141 | 118 | 125 | 109 | 98,7 | 108 | 126 | 133 | 102 | 107 | 109 | 128 | 118 | 138 | 90,4 | 98,7 | 89,9 | 99,4 | 90,4 | 151 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 4,58 | 6 | 6,3 | 6,23 | 5,26 | 6,05 | 9,69 | 11 | 10,8 | 9,6 | 6,23 | 10 | 11,8 | 13,1 | 12 | 5,26 | 8,37 | 10,2 | 12 | 13,6 |
| 0,1 | Φ_z | 1,32 | 1,73 | 1,83 | 1,81 | 1,54 | 1,75 | 2,82 | 3,22 | 3,17 | 2,83 | 1,81 | 2,93 | 3,48 | 3,85 | 3,54 | 1,54 | 2,46 | 3,02 | 3,54 | 4 |
| | Φ_M | 101 | 82,4 | 87,8 | 76 | 69 | 75,5 | 85,6 | 89,6 | 67,4 | 71,4 | 76 | 86,8 | 78,4 | 91,8 | 57,6 | 69 | 60 | 65,6 | 57,6 | 101 |
| 0,2 | Φ_z | 2,36 | 3,16 | 3,36 | 3,36 | 2,87 | 3,22 | 5,22 | 6,01 | 5,98 | 5,38 | 3,36 | 5,49 | 6,58 | 7,3 | 6,78 | 2,87 | 4,67 | 5,78 | 6,78 | 7,61 |
| | Φ_M | 177 | 147 | 156 | 136 | 123 | 135 | 156 | 164 | 126 | 131 | 136 | 158 | 146 | 170 | 110 | 123 | 111 | 122 | 110 | 186 |
| 0,3 | Φ_z | 2,27 | 3,09 | 3,33 | 3,35 | 2,9 | 3,18 | 5,2 | 6,05 | 6,09 | 5,53 | 3,35 | 5,54 | 6,72 | 7,48 | 7,03 | 2,9 | 4,78 | 5,98 | 7,02 | 7,82 |
| | Φ_M | 164 | 138 | 146 | 128 | 115 | 127 | 149 | 157 | 122 | 126 | 128 | 151 | 141 | 163 | 109 | 115 | 107 | 118 | 109 | 178 |
| 0,4 | Φ_z | 2,7 | 3,66 | 3,93 | 3,95 | 3,4 | 3,75 | 6,12 | 7,11 | 7,13 | 6,46 | 3,95 | 6,51 | 7,86 | 8,74 | 8,18 | 3,4 | 5,59 | 6,98 | 8,18 | 9,14 |
| | Φ_M | 197 | 165 | 176 | 153 | 138 | 152 | 178 | 187 | 145 | 151 | 153 | 180 | 168 | 195 | 129 | 138 | 127 | 141 | 129 | 213 |
| 0,5 | Φ_z | 1,8 | 2,47 | 2,68 | 2,71 | 2,36 | 2,55 | 4,2 | 4,92 | 4,98 | 4,55 | 2,71 | 4,51 | 5,5 | 6,14 | 5,79 | 2,36 | 3,92 | 4,94 | 5,79 | 6,43 |
| | Φ_M | 127 | 107 | 114 | 100 | 90,1 | 99,1 | 117 | 124 | 97 | 99,7 | 100 | 119 | 112 | 129 | 87,1 | 90,1 | 84,3 | 93,8 | 87,1 | 141 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Φ_M | 5,11 | 6,58 | 6,82 | 6,71 | 5,61 | 6,57 | 10,4 | 11,7 | 11,4 | 10 | 6,71 | 10,6 | 12,4 | 13,7 | 12,4 | 5,61 | 8,76 | 10,6 | 12,4 | 14,1 |
| 0,1 | Φ_z | 1,32 | 1,71 | 1,78 | 1,76 | 1,48 | 1,71 | 2,73 | 3,09 | 3,01 | 2,67 | 1,76 | 2,81 | 3,3 | 3,64 | 3,32 | 1,48 | 2,33 | 2,83 | 3,32 | 3,77 |
| | Φ_M | 105 | 84,8 | 90,6 | 78,2 | 71,3 | 77,6 | 87 | 91 | 67,9 | 72,8 | 78,2 | 88,5 | 79,3 | 93,3 | 57,6 | 71,3 | 61 | 66,7 | 57,6 | 103 |
| 0,2 | Φ_z | 1,85 | 2,46 | 2,62 | 2,61 | 2,23 | 2,51 | 4,06 | 4,67 | 4,64 | 4,17 | 2,61 | 4,26 | 5,1 | 5,66 | 5,24 | 2,23 | 3,62 | 4,47 | 5,24 | 5,89 |
| | Φ_M | 140 | 115 | 123 | 107 | 96,7 | 106 | 122 | 128 | 98,4 | 103 | 107 | 124 | 114 | 133 | 86 | 96,7 | 86,8 | 95,6 | 86 | 146 |
| 0,3 | Φ_z | 2,19 | 2,93 | 3,12 | 3,12 | 2,67 | 2,98 | 4,83 | 5,56 | 5,54 | 4,99 | 3,12 | 5,09 | 6,09 | 6,77 | 6,29 | 2,67 | 4,33 | 5,36 | 6,29 | 7,06 |
| | Φ_M | 166 | 137 | 146 | 127 | 115 | 126 | 146 | 153 | 118 | 123 | 127 | 148 | 137 | 159 | 104 | 115 | 104 | 115 | 104 | 175 |
| 0,4 | Φ_z | 1,8 | 2,47 | 2,68 | 2,71 | 2,36 | 2,55 | 4,2 | 4,92 | 4,98 | 4,55 | 2,71 | 4,51 | 5,5 | 6,14 | 5,79 | 2,36 | 3,92 | 4,94 | 5,79 | 6,43 |
| | Φ_M | 127 | 107 | 114 | 100 | 90,1 | 99,1 | 117 | 124 | 97 | 99,7 | 100 | 119 | 112 | 129 | 87 | 90,1 | 84,3 | 93,8 | 87 | 141 |
| 0,5 | Φ_z | 3,01 | 4,04 | 4,31 | 4,32 | 3,71 | 4,12 | 6,7 | 7,74 | 7,73 | 6,98 | 4,32 | 7,08 | 8,51 | 9,46 | 8,81 | 3,71 | 6,05 | 7,52 | 8,81 | 9,87 |
| | Φ_M | 225 | 187 | 199 | 173 | 157 | 172 | 199 | 210 | 162 | 169 | 173 | 203 | 188 | 219 | 143 | 157 | 143 | 158 | 143 | 239 |

1) Плита, заземленная по контуру: $\gamma = 0,1, \eta = 1$

| β_0 | | α_0 | | 0,1 | | | | | | 0,25 | | | | | | 0,4 | | | | | | 0,5 | | | | | | |
|-----------|----------|------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|---|
| | | β | α | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | |
| 0,1 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 35,9 | 50,6 | 44,8 | 40,5 | 35,4 | 0 | 43,5 | 89,8 | 94,3 | 85,6 | 69,6 | 0 | 40,5 | 82,5 | 90,7 | 104 | 77,3 | 0 | 35,4 | 63,3 | 76,6 | 77,3 | 109 | 0 | |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,59 | 0,84 | 0,75 | 0,67 | 0,59 | 0 | 0,73 | 1,51 | 1,59 | 1,45 | 1,18 | 0 | 0,67 | 1,39 | 1,54 | 1,77 | 1,33 | 0 | 0,59 | 1,07 | 1,3 | 1,33 | 1,86 | | |
| | | Φ_M | 215 | 74 | 114 | 111 | 91,8 | 98,7 | 227 | 56,6 | 128 | 128 | 112 | 105 | 213 | 63,2 | 118 | 100 | 134 | 69,2 | 200 | 68,7 | 94,5 | 116 | 68,9 | 161 | | |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 0,84 | 1,23 | 1,1 | 1 | 0,87 | 0 | 1,08 | 2,29 | 2,47 | 2,27 | 1,84 | 0 | 1,01 | 2,13 | 2,44 | 2,80 | 2,16 | 0 | 0,87 | 1,64 | 2,04 | 2,16 | 2,93 | | |
| | | Φ_M | 303 | 105 | 167 | 162 | 136 | 143 | 335 | 83 | 196 | 202 | 180 | 163 | 313 | 93,3 | 176 | 162 | 213 | 117 | 289 | 100 | 137 | 175 | 116 | 250 | | |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 0,75 | 1,1 | 1,00 | 0,92 | 0,79 | 0 | 0,98 | 2,11 | 2,31 | 2,14 | 1,74 | 0 | 0,92 | 1,98 | 2,32 | 2,66 | 2,09 | 0 | 0,79 | 1,53 | 1,94 | 2,09 | 2,79 | | |
| | | Φ_M | 269 | 94,3 | 150 | 146 | 123 | 128 | 303 | 76 | 179 | 186 | 167 | 150 | 284 | 85,9 | 160 | 151 | 197 | 111 | 260 | 92,2 | 124 | 160 | 110 | 230 | | |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 0,67 | 1,01 | 0,92 | 0,84 | 0,72 | 0 | 0,9 | 1,94 | 2,14 | 1,99 | 1,62 | 0 | 0,85 | 1,83 | 2,16 | 2,49 | 1,97 | 0 | 0,72 | 1,42 | 1,81 | 1,97 | 2,61 | | |
| | | Φ_M | 243 | 83,8 | 134 | 130 | 110 | 114 | 276 | 69 | 160 | 167 | 150 | 135 | 260 | 78,3 | 143 | 136 | 178 | 100 | 237 | 83,2 | 111 | 143 | 89,3 | 206 | | |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 0,59 | 0,87 | 0,79 | 0,72 | 0,62 | 0 | 0,77 | 1,65 | 1,8 | 1,68 | 1,37 | 0 | 0,72 | 1,55 | 1,82 | 2,1 | 1,65 | 0 | 0,62 | 1,21 | 1,54 | 1,65 | 2,21 | | | |
| | Φ_M | 213 | 76,3 | 121 | 118 | 99 | 103 | 237 | 60,5 | 145 | 150 | 134 | 121 | 223 | 68,4 | 130 | 122 | 160 | 90,5 | 206 | 74,5 | 102 | 130 | 89,6 | 186 | | | |
| 0,25 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 37,9 | 55,8 | 50,4 | 46,1 | 39,5 | 0 | 49,3 | 105 | 114 | 105 | 85,5 | 0 | 46,1 | 98,2 | 114 | 130 | 101 | 0 | 39,5 | 75,6 | 94,9 | 101 | 136 | | |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,73 | 1,08 | 0,98 | 0,9 | 0,77 | 0 | 0,96 | 2,07 | 2,26 | 2,1 | 1,7 | 0 | 0,9 | 1,94 | 2,27 | 2,6 | 2,04 | 0 | 0,77 | 1,49 | 1,89 | 2,04 | 2,72 | | |
| | | Φ_M | 261 | 81,3 | 126 | 122 | 102 | 108 | 296 | 72,4 | 143 | 139 | 123 | 114 | 277 | 82,8 | 133 | 107 | 144 | 70,2 | 253 | 82,5 | 109 | 122 | 70,0 | 172 | | |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,51 | 2,29 | 2,11 | 1,94 | 1,65 | 0 | 2,07 | 4,51 | 5,01 | 4,69 | 3,8 | 0 | 1,94 | 4,27 | 5,1 | 5,86 | 4,68 | 0 | 1,65 | 3,3 | 4,25 | 4,68 | 6,13 | | |
| | | Φ_M | 539 | 175 | 279 | 272 | 232 | 239 | 631 | 154 | 332 | 348 | 312 | 280 | 592 | 177 | 294 | 278 | 366 | 202 | 534 | 179 | 228 | 290 | 199 | 425 | | |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 1,59 | 2,47 | 2,31 | 2,14 | 1,8 | 0 | 2,26 | 5,01 | 5,67 | 5,36 | 4,36 | 0 | 2,14 | 4,8 | 5,88 | 6,77 | 5,52 | 0 | 1,8 | 3,73 | 4,92 | 5,52 | 7,09 | | |
| | | Φ_M | 566 | 181 | 293 | 286 | 245 | 249 | 686 | 168 | 354 | 377 | 341 | 303 | 645 | 194 | 311 | 304 | 399 | 226 | 577 | 195 | 239 | 309 | 223 | 458 | | |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 1,45 | 2,27 | 2,14 | 1,99 | 1,68 | 0 | 2,1 | 4,69 | 5,35 | 5,1 | 4,17 | 0 | 1,99 | 4,53 | 5,63 | 6,5 | 5,36 | 0 | 1,68 | 3,54 | 4,73 | 5,36 | 6,83 | | |
| | | Φ_M | 514 | 164 | 265 | 259 | 223 | 225 | 633 | 156 | 324 | 347 | 315 | 278 | 598 | 182 | 284 | 281 | 368 | 212 | 533 | 181 | 218 | 283 | 208 | 422 | | |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 1,18 | 1,84 | 1,74 | 1,62 | 1,37 | 0 | 1,7 | 3,8 | 4,36 | 4,17 | 3,43 | 0 | 1,62 | 3,7 | 4,62 | 5,35 | 4,44 | 0 | 1,37 | 2,91 | 3,9 | 4,44 | 5,63 | | | |
| | Φ_M | 418 | 136 | 218 | 213 | 183 | 186 | 513 | 128 | 267 | 285 | 259 | 229 | 487 | 150 | 236 | 232 | 304 | 176 | 436 | 150 | 182 | 234 | 173 | 349 | | | |
| 0,4 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | | Φ_M | 0 | 35,4 | 52,2 | 47,3 | 43,3 | 37,2 | 0 | 46,2 | 98,7 | 108 | 99,7 | 81,2 | 0 | 43,3 | 92,6 | 108 | 124 | 96,6 | 0 | 37,2 | 71,5 | 90,4 | 96,6 | 130 | | |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,67 | 1,01 | 0,92 | 0,84 | 0,72 | 0 | 0,9 | 1,94 | 2,14 | 1,99 | 1,62 | 0 | 0,84 | 1,83 | 2,16 | 2,49 | 1,97 | 4 | 0,72 | 1,42 | 1,81 | 1,97 | 2,61 | | |
| | | Φ_M | 243 | 76,3 | 117 | 114 | 95 | 101 | 276 | 68,8 | 134 | 131 | 115 | 106 | 260 | 78,8 | 126 | 102 | 135 | 66,3 | 237 | 78,8 | 103 | 117 | 66,7 | 161 | | |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,39 | 2,13 | 1,98 | 1,83 | 1,55 | 0 | 1,94 | 4,27 | 4,8 | 4,53 | 3,7 | 0 | 1,83 | 4,08 | 4,97 | 5,73 | 4,64 | 0 | 1,55 | 3,18 | 4,17 | 4,64 | 6,01 | | |
| | | Φ_M | 495 | 161 | 256 | 250 | 213 | 218 | 589 | 146 | 307 | 321 | 289 | 258 | 556 | 168 | 273 | 256 | 338 | 188 | 500 | 170 | 213 | 266 | 185 | 391 | | |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 1,54 | 2,44 | 2,32 | 2,16 | 1,82 | 0 | 2,27 | 5,1 | 5,88 | 5,63 | 4,62 | 0 | 2,16 | 4,97 | 6,25 | 7,22 | 6,01 | 0 | 1,82 | 3,9 | 5,25 | 6,01 | 7,59 | | |
| | | Φ_M | 544 | 171 | 276 | 270 | 233 | 235 | 682 | 169 | 338 | 363 | 330 | 291 | 646 | 198 | 296 | 293 | 385 | 222 | 573 | 194 | 228 | 293 | 218 | 440 | | |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 1,77 | 2,8 | 2,66 | 2,49 | 2,1 | 0 | 2,6 | 5,86 | 6,77 | 6,5 | 5,35 | 0 | 2,49 | 5,73 | 7,22 | 8,36 | 6,99 | 0 | 2,1 | 4,5 | 6,1 | 6,99 | 8,81 | | |
| | | Φ_M | 625 | 200 | 321 | 314 | 271 | 273 | 782 | 195 | 395 | 425 | 387 | 341 | 743 | 229 | 346 | 344 | 452 | 263 | 661 | 227 | 266 | 344 | 258 | 517 | | |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 1,33 | 2,16 | 2,09 | 1,97 | 1,65 | 0 | 2,04 | 4,68 | 5,52 | 5,36 | 4,44 | 0 | 1,97 | 4,64 | 6,01 | 6,99 | 5,96 | 0 | 1,65 | 3,68 | 5,1 | 5,96 | 7,38 | | | |
| | Φ_M | 464 | 143 | 231 | 227 | 197 | 197 | 606 | 152 | 289 | 315 | 289 | 253 | 580 | 181 | 252 | 256 | 337 | 200 | 511 | 175 | 192 | 249 | 195 | 383 | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,5 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | | Φ_M | 0 | 33,3 | 48,1 | 43,4 | 39,6 | 34,3 | 0 | 42,2 | 89,1 | 96,2 | 88,9 | 72,6 | 0 | 39,6 | 83,4 | 95,5 | 110 | 85,1 | 0 | 34,3 | 64,4 | 80,8 | 85,1 | 116 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,59 | 0,87 | 0,79 | 0,72 | 0,62 | 0 | 0,77 | 1,65 | 1,8 | 1,68 | 1,37 | 0 | 0,72 | 1,55 | 1,82 | 2,1 | 1,65 | 0 | 0,62 | 1,21 | 1,54 | 1,65 | 2,21 |
| | | Φ_M | 213 | 70 | 107 | 104 | 86,4 | 92,3 | 237 | 60,4 | 122 | 121 | 106 | 98,1 | 223 | 68,7 | 115 | 96,4 | 126 | 63,4 | 206 | 71,0 | 93,8 | 110 | 64,0 | 150 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,07 | 1,64 | 1,53 | 1,42 | 1,21 | 0 | 1,49 | 3,3 | 3,73 | 3,54 | 2,91 | 0 | 1,42 | 3,18 | 3,9 | 4,5 | 3,68 | 0 | 1,21 | 2,48 | 3,29 | 3,68 | 4,74 |
| | | Φ_M | 380 | 124 | 197 | 191 | 163 | 168 | 454 | 113 | 237 | 246 | 222 | 198 | 429 | 131 | 212 | 196 | 260 | 145 | 387 | 133 | 166 | 204 | 143 | 301 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 1,3 | 2,04 | 1,94 | 1,81 | 1,54 | 0 | 1,89 | 4,25 | 4,92 | 4,73 | 3,9 | 0 | 1,81 | 4,17 | 5,25 | 6,1 | 5,1 | 0 | 1,54 | 3,29 | 4,46 | 5,1 | 6,43 |
| | | Φ_M | 460 | 150 | 239 | 234 | 200 | 204 | 570 | 144 | 293 | 312 | 284 | 251 | 542 | 169 | 260 | 253 | 333 | 192 | 485 | 169 | 201 | 255 | 189 | 382 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 1,33 | 2,16 | 2,09 | 1,97 | 1,65 | 0 | 2,04 | 4,68 | 5,52 | 5,36 | 4,44 | 0 | 1,97 | 4,64 | 6,01 | 6,99 | 5,96 | 0 | 1,65 | 3,68 | 5,1 | 5,96 | 7,38 |
| | | Φ_M | 464 | 143 | 231 | 227 | 197 | 197 | 606 | 152 | 269 | 315 | 289 | 252 | 580 | 181 | 252 | 255 | 336 | 199 | 511 | 175 | 193 | 249 | 195 | 382 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 1,86 | 2,93 | 2,79 | 2,61 | 2,21 | 0 | 2,72 | 6,13 | 7,09 | 6,83 | 5,63 | 0 | 2,61 | 6,01 | 7,59 | 8,81 | 7,38 | 0 | 2,21 | 4,74 | 6,43 | 7,38 | 9,29 | |
| | Φ_M | 656 | 213 | 341 | 334 | 287 | 290 | 818 | 206 | 420 | 451 | 410 | 362 | 779 | 242 | 370 | 367 | 481 | 281 | 695 | 242 | 285 | 367 | 276 | 551 | |

2) Плита, заземленная по контуру: $\gamma = 0,1$, $\eta = 1/2$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,1 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 11,7 | 19,1 | 18,1 | 16,9 | 14 | 0 | 18,0 | 40,9 | 47,2 | 45 | 36,4 | 0 | 17 | 39,4 | 49,8 | 57,1 | 47,4 | 0 | 14 | 30,7 | 41,1 | 47,4 | 59,5 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,73 | 1,21 | 1,15 | 1,08 | 0,89 | 0 | 1,14 | 2,61 | 3,02 | 2,89 | 2,35 | 0 | 1,08 | 2,53 | 3,21 | 3,69 | 3,09 | 0 | 0,89 | 1,97 | 2,66 | 3,09 | 3,86 |
| | | Φ_M | 255 | 75,4 | 127 | 122 | 108 | 105 | 339 | 81,8 | 161 | 173 | 159 | 137 | 319 | 96,9 | 139 | 139 | 181 | 104 | 275 | 89,6 | 105 | 131 | 102 | 202 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 0,9 | 1,51 | 1,47 | 1,39 | 1,15 | 0 | 1,45 | 3,37 | 3,98 | 3,86 | 3,17 | 0 | 1,39 | 3,32 | 4,33 | 5,01 | 4,28 | 0 | 1,15 | 2,62 | 3,63 | 4,28 | 5,26 |
| | | Φ_M | 310 | 91,9 | 155 | 150 | 134 | 129 | 428 | 105 | 201 | 223 | 206 | 177 | 407 | 125 | 171 | 182 | 237 | 143 | 349 | 116 | 128 | 168 | 140 | 263 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 0,8 | 1,34 | 1,3 | 1,24 | 1,02 | 0 | 1,28 | 2,98 | 3,53 | 3,44 | 283 | 0 | 1,24 | 2,96 | 3,86 | 4,47 | 3,83 | 0 | 1,02 | 2,34 | 3,24 | 3,85 | 4,71 |
| | | Φ_M | 275 | 82,4 | 139 | 134 | 121 | 116 | 379 | 93,1 | 181 | 201 | 186 | 159 | 361 | 112 | 155 | 165 | 214 | 130 | 310 | 104 | 116 | 152 | 127 | 238 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 0,68 | 1,15 | 1,13 | 1,07 | 0,89 | 0 | 1,11 | 2,6 | 3,1 | 3,03 | 2,5 | 0 | 1,07 | 2,59 | 3,41 | 3,96 | 3,41 | 0 | 0,89 | 2,06 | 2,87 | 3,41 | 4,17 |
| | | Φ_M | 234 | 69,3 | 117 | 113 | 102 | 97,3 | 327 | 80,7 | 153 | 171 | 159 | 136 | 313 | 97,4 | 130 | 141 | 183 | 112 | 268 | 90,3 | 96,9 | 128 | 109 | 203 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 0,66 | 1,1 | 1,06 | 1,01 | 0,83 | 0 | 1,05 | 2,43 | 2,85 | 2,76 | 2,27 | 0 | 1,01 | 2,39 | 3,09 | 3,57 | 3,04 | 0 | 0,83 | 1,88 | 2,59 | 3,04 | 3,75 | |
| | Φ_M | 229 | 68,7 | 116 | 112 | 101 | 96,6 | 311 | 75,8 | 151 | 167 | 154 | 132 | 295 | 90,5 | 129 | 137 | 178 | 107 | 254 | 84,8 | 96,7 | 127 | 105 | 197 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| 0,25 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 9,96 | 16,8 | 16,3 | 15,5 | 12,8 | 0 | 16,1 | 37,5 | 44,5 | 43,3 | 35,6 | 0 | 15,5 | 37,2 | 48,7 | 56,3 | 48,3 | 0 | 12,8 | 29,4 | 40,8 | 48,3 | 59,2 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,73 | 1,23 | 1,21 | 1,15 | 0,95 | 0 | 1,19 | 2,78 | 3,32 | 3,25 | 2,69 | 0 | 1,15 | 2,78 | 3,67 | 4,25 | 3,67 | 0 | 0,95 | 2,21 | 3,09 | 3,67 | 4,48 |
| | | Φ_M | 249 | 72,1 | 120 | 115 | 103 | 99 | 349 | 87,1 | 156 | 167 | 155 | 132 | 334 | 106 | 136 | 133 | 176 | 103 | 286 | 96,3 | 105 | 122 | 100 | 195 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,35 | 2,34 | 2,32 | 2,23 | 1,85 | 0 | 2,28 | 3,4 | 6,56 | 6,49 | 5,4 | 0 | 2,23 | 5,48 | 7,36 | 8,58 | 7,53 | 0 | 1,85 | 4,39 | 6,26 | 7,53 | 9,09 |
| | | Φ_M | 462 | 135 | 225 | 218 | 197 | 187 | 666 | 168 | 298 | 333 | 312 | 265 | 642 | 205 | 254 | 274 | 358 | 222 | 549 | 188 | 191 | 246 | 216 | 396 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 1,34 | 2,34 | 2,35 | 2,27 | 1,89 | 0 | 2,29 | 5,49 | 6,73 | 6,71 | 5,63 | 0 | 2,27 | 5,63 | 7,65 | 8,95 | 7,93 | 0 | 1,89 | 4,55 | 6,55 | 7,93 | 9,51 |
| | | Φ_M | 457 | 133 | 222 | 216 | 196 | 185 | 669 | 171 | 297 | 334 | 314 | 267 | 650 | 210 | 253 | 276 | 362 | 228 | 557 | 193 | 190 | 247 | 221 | 400 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 1,19 | 2,07 | 2,09 | 2,02 | 1,68 | 0 | 2,04 | 4,89 | 6,03 | 6,03 | 5,08 | 0 | 2,02 | 5,04 | 6,88 | 8,07 | 7,18 | 0 | 1,68 | 4,09 | 5,92 | 7,18 | 8,59 |
| | | Φ_M | 402 | 117 | 195 | 190 | 172 | 163 | 593 | 152 | 261 | 295 | 279 | 236 | 578 | 188 | 223 | 245 | 322 | 204 | 495 | 173 | 167 | 218 | 198 | 355 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 1,01 | 1,74 | 1,75 | 1,68 | 1,4 | 0 | 1,71 | 4,07 | 4,98 | 4,96 | 4,16 | 0 | 1,68 | 4,17 | 5,64 | 6,61 | 5,84 | 0 | 1,4 | 3,37 | 4,84 | 5,84 | 7,02 | |
| | Φ_M | 343 | 100 | 168 | 163 | 147 | 140 | 498 | 127 | 223 | 251 | 236 | 201 | 483 | 156 | 190 | 208 | 273 | 171 | 415 | 144 | 143 | 187 | 167 | 301 | |

| α_0 | | 0,1 | | | | | 0,25 | | | | | 0,4 | | | | | 0,5 | | | | | | | | | |
|------------|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | |
| 0,4 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 9,42 | 15,8 | 15,4 | 14,6 | 12 | 0 | 15,2 | 35,3 | 41,8 | 40,6 | 33,4 | 0 | 14,6 | 34,9 | 45,6 | 52,7 | 45,1 | 0 | 12 | 27,6 | 38,2 | 45,1 | 55,4 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,68 | 1,15 | 1,13 | 1,07 | 0,89 | 0 | 1,11 | 2,6 | 3,1 | 3,03 | 2,5 | 0 | 1,07 | 2,59 | 3,41 | 3,96 | 3,41 | 0 | 0,89 | 2,06 | 2,87 | 3,41 | 4,17 |
| | | Φ_M | 234 | 68,0 | 113 | 108 | 97,1 | 93,3 | 327 | 81,5 | 147 | 157 | 145 | 124 | 313 | 98,7 | 128 | 125 | 165 | 96,3 | 268 | 90 | 98,2 | 115 | 93,8 | 184 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,24 | 2,15 | 2,14 | 2,05 | 1,71 | 0 | 2,09 | 4,96 | 6,02 | 5,96 | 4,98 | 0 | 2,05 | 5,04 | 6,77 | 7,9 | 6,93 | 0 | 1,70 | 4,04 | 5,77 | 6,93 | 8,37 |
| | | Φ_M | 425 | 124 | 207 | 201 | 182 | 173 | 612 | 154 | 274 | 306 | 286 | 244 | 590 | 189 | 234 | 251 | 330 | 204 | 506 | 174 | 176 | 227 | 198 | 364 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 1,22 | 2,14 | 2,17 | 2,11 | 1,76 | 0 | 2,12 | 5,09 | 6,3 | 6,33 | 5,35 | 0 | 2,11 | 5,28 | 7,25 | 8,51 | 7,61 | 0 | 1,76 | 4,3 | 6,26 | 7,61 | 9,08 |
| | | Φ_M | 413 | 120 | 199 | 194 | 176 | 166 | 614 | 159 | 268 | 302 | 285 | 243 | 600 | 197 | 230 | 251 | 330 | 210 | 515 | 181 | 173 | 223 | 204 | 364 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 1,44 | 2,52 | 2,54 | 2,46 | 2,05 | 0 | 2,48 | 5,94 | 7,31 | 7,32 | 6,18 | 0 | 2,46 | 6,13 | 8,37 | 9,82 | 8,75 | 0 | 2,05 | 4,97 | 7,21 | 8,75 | 10,5 |
| | | Φ_M | 489 | 143 | 237 | 231 | 209 | 198 | 720 | 185 | 318 | 359 | 338 | 287 | 702 | 229 | 272 | 297 | 391 | 247 | 603 | 211 | 204 | 265 | 240 | 432 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 0,97 | 1,73 | 1,77 | 1,73 | 1,45 | 0 | 1,72 | 4,17 | 5,22 | 5,28 | 4,5 | 0 | 1,73 | 4,38 | 6,08 | 7,17 | 6,48 | 0 | 1,45 | 3,59 | 5,29 | 6,48 | 7,68 | |
| | Φ_M | 328 | 95,3 | 157 | 153 | 139 | 131 | 496 | 130 | 213 | 241 | 229 | 195 | 489 | 163 | 183 | 201 | 266 | 172 | 420 | 150 | 138 | 177 | 166 | 293 | |
| 0,5 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 10,1 | 16,7 | 15,9 | 15 | 12,4 | 0 | 15,8 | 36,2 | 42,1 | 40,5 | 33 | 0 | 15 | 35,3 | 45,1 | 51,9 | 43,6 | 0 | 12,4 | 27,6 | 37,5 | 43,6 | 54,3 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,66 | 1,1 | 1,06 | 1,01 | 0,83 | 0 | 1,05 | 2,43 | 2,85 | 2,76 | 2,27 | 0 | 1,01 | 2,39 | 3,09 | 3,57 | 3,04 | 0 | 0,83 | 1,89 | 2,59 | 3,04 | 3,75 |
| | | Φ_M | 229 | 67,4 | 113 | 108 | 96,3 | 93,1 | 311 | 76,4 | 145 | 155 | 142 | 122 | 295 | 91,5 | 126 | 124 | 162 | 93,9 | 254 | 84,4 | 96,3 | 115 | 91,7 | 181 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 0,97 | 1,66 | 1,65 | 1,58 | 1,31 | 0 | 1,62 | 3,83 | 4,64 | 4,59 | 3,82 | 0 | 1,58 | 3,88 | 5,2 | 6,07 | 5,32 | 0 | 1,31 | 3,11 | 4,43 | 5,32 | 6,42 |
| | | Φ_M | 331 | 97 | 162 | 157 | 142 | 135 | 473 | 119 | 214 | 238 | 222 | 189 | 457 | 146 | 183 | 195 | 256 | 158 | 392 | 134 | 138 | 177 | 154 | 283 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 1,14 | 1,96 | 1,96 | 1,89 | 1,57 | 0 | 1,92 | 4,55 | 5,55 | 5,52 | 4,63 | 0 | 1,89 | 4,65 | 6,27 | 7,34 | 6,48 | 0 | 1,57 | 3,76 | 5,38 | 6,48 | 7,8 |
| | | Φ_M | 389 | 115 | 192 | 186 | 168 | 160 | 560 | 142 | 255 | 284 | 266 | 227 | 543 | 175 | 219 | 234 | 308 | 192 | 467 | 162 | 165 | 212 | 187 | 340 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 0,97 | 1,73 | 1,77 | 1,73 | 1,45 | 0 | 1,72 | 4,17 | 5,22 | 5,28 | 4,5 | 0 | 1,79 | 4,38 | 6,08 | 7,17 | 6,48 | 0 | 1,45 | 3,59 | 5,29 | 6,48 | 7,68 |
| | | Φ_M | 328 | 95,3 | 157 | 153 | 139 | 131 | 496 | 130 | 213 | 241 | 229 | 195 | 489 | 163 | 183 | 201 | 266 | 171 | 420 | 150 | 138 | 177 | 166 | 293 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 1,58 | 2,73 | 2,74 | 2,64 | 2,21 | 0 | 2,68 | 6,38 | 7,81 | 7,79 | 6,55 | 0 | 2,64 | 6,55 | 8,88 | 10,4 | 9,22 | 0 | 2,21 | 5,3 | 7,63 | 9,22 | 11,1 | |
| | Φ_M | 538 | 158 | 264 | 256 | 232 | 220 | 780 | 199 | 351 | 394 | 371 | 316 | 759 | 245 | 301 | 326 | 429 | 269 | 652 | 227 | 226 | 294 | 262 | 474 | |

3) Плита, заземленная по контуру: $\gamma = 0,1$, $\eta = 1/3$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,1 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 6,14 | 10,7 | 10,6 | 10,1 | 8,37 | 0 | 10,4 | 24,7 | 29,9 | 29,5 | 24,5 | 0 | 10,1 | 25 | 33,5 | 38,9 | 34,1 | 0 | 8,37 | 19,9 | 28,3 | 34,1 | 41,1 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,86 | 1,49 | 1,49 | 1,43 | 1,18 | 0 | 1,46 | 3,47 | 4,22 | 4,18 | 3,48 | 0 | 1,43 | 3,52 | 4,75 | 5,53 | 4,85 | 0 | 1,18 | 2,82 | 4,03 | 4,85 | 5,85 |
| | | Φ_M | 291 | 83,7 | 141 | 136 | 123 | 116 | 425 | 107 | 188 | 209 | 196 | 166 | 410 | 131 | 160 | 171 | 224 | 138 | 349 | 119 | 121 | 152 | 134 | 246 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1 | 1,76 | 1,78 | 1,72 | 1,43 | 0 | 1,74 | 4,19 | 5,16 | 5,16 | 4,33 | 0 | 1,72 | 4,31 | 5,89 | 6,9 | 6,14 | 0 | 1,43 | 3,49 | 5,05 | 6,14 | 7,34 |
| | | Φ_M | 338 | 97,5 | 163 | 159 | 145 | 136 | 505 | 129 | 220 | 250 | 236 | 199 | 491 | 160 | 187 | 207 | 272 | 172 | 419 | 146 | 140 | 182 | 167 | 298 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 0,9 | 1,58 | 1,59 | 1,53 | 1,27 | 0 | 1,55 | 3,73 | 4,58 | 4,57 | 3,83 | 0 | 1,53 | 3,83 | 5,22 | 6,1 | 5,42 | 0 | 1,27 | 3,09 | 4,47 | 5,42 | 6,48 |
| | | Φ_M | 304 | 87,9 | 148 | 143 | 131 | 123 | 451 | 115 | 198 | 226 | 213 | 180 | 438 | 142 | 168 | 187 | 245 | 155 | 374 | 130 | 125 | 165 | 151 | 269 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 0,74 | 1,32 | 1,34 | 1,3 | 1,08 | 0 | 1,3 | 3,15 | 3,9 | 3,91 | 3,29 | 0 | 1,3 | 3,26 | 4,47 | 5,25 | 4,69 | 0 | 1,08 | 2,64 | 3,85 | 4,69 | 5,58 |
| | | Φ_M | 251 | 72,4 | 121 | 118 | 108 | 101 | 378 | 97,1 | 164 | 187 | 177 | 150 | 369 | 121 | 139 | 156 | 204 | 131 | 314 | 110 | 104 | 137 | 127 | 224 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 0,76 | 1,32 | 1,33 | 1,28 | 1,06 | 0 | 1,3 | 3,11 | 3,8 | 3,78 | 3,16 | 0 | 1,28 | 3,17 | 4,3 | 5,02 | 4,44 | 0 | 1,06 | 2,55 | 3,67 | 4,44 | 5,33 | |
| | Φ_M | 256 | 74,3 | 125 | 122 | 111 | 104 | 378 | 95,6 | 168 | 191 | 179 | 152 | 366 | 118 | 142 | 158 | 206 | 130 | 312 | 108 | 105 | 140 | 127 | 227 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Φ_M | 0 | 4,89 | 8,64 | 8,75 | 8,46 | 7,02 | 0 | 8,54 | 20,5 | 25,4 | 25,4 | 21,3 | 0 | 8,46 | 21,2 | 29 | 34 | 30,3 | 0 | 7,02 | 17,2 | 24,9 | 30,3 | 36,1 |
| 0,1 | Φ_z | 0 | 0,79 | 1,4 | 1,42 | 1,38 | 1,15 | 0 | 1,38 | 3,34 | 4,15 | 4,17 | 3,51 | 0 | 1,38 | 3,47 | 4,77 | 5,6 | 5,01 | 0 | 1,15 | 2,82 | 4,11 | 5,01 | 5,96 |
| | Φ_M | 266 | 76,1 | 126 | 122 | 111 | 104 | 401 | 104 | 171 | 190 | 179 | 152 | 392 | 129 | 148 | 155 | 205 | 129 | 334 | 117 | 112 | 137 | 125 | 226 |
| 0,2 | Φ_z | 0 | 1,41 | 2,53 | 2,6 | 2,54 | 2,12 | 0 | 2,53 | 6,15 | 7,71 | 7,81 | 6,63 | 0 | 2,54 | 6,45 | 8,98 | 10,6 | 9,56 | 0 | 2,12 | 5,29 | 7,79 | 9,56 | 11,3 |
| | Φ_M | 474 | 136 | 226 | 220 | 202 | 188 | 728 | 191 | 309 | 351 | 335 | 282 | 717 | 239 | 265 | 292 | 386 | 250 | 613 | 218 | 199 | 255 | 242 | 424 |
| 0,25 | Φ_z | 0 | 1,38 | 2,48 | 2,56 | 2,51 | 2,1 | 0 | 2,48 | 6,06 | 7,63 | 7,75 | 6,61 | 0 | 2,51 | 6,39 | 8,93 | 10,5 | 9,57 | 0 | 2,1 | 5,26 | 7,78 | 9,57 | 11,3 |
| | Φ_M | 462 | 133 | 220 | 214 | 197 | 183 | 715 | 188 | 302 | 344 | 329 | 278 | 706 | 237 | 259 | 287 | 380 | 248 | 604 | 217 | 194 | 250 | 240 | 418 |
| 0,4 | Φ_z | 0 | 1,2 | 2,17 | 2,25 | 2,2 | 1,84 | 0 | 2,18 | 5,32 | 6,71 | 6,84 | 5,84 | 0 | 2,2 | 5,63 | 7,89 | 9,32 | 8,47 | 0 | 1,84 | 4,64 | 6,88 | 8,47 | 9,99 |
| | Φ_M | 403 | 116 | 191 | 186 | 171 | 160 | 625 | 165 | 263 | 300 | 288 | 243 | 619 | 208 | 225 | 251 | 333 | 218 | 530 | 191 | 169 | 218 | 210 | 366 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 1,04 | 1,87 | 1,93 | 1,88 | 1,57 | 0 | 1,87 | 4,55 | 5,71 | 5,79 | 4,92 | 0 | 1,88 | 4,78 | 6,66 | 7,85 | 7,1 | 0 | 1,57 | 3,92 | 5,79 | 7,1 | 8,4 |
| | Φ_M | 351 | 101 | 167 | 163 | 149 | 140 | 539 | 141 | 229 | 261 | 249 | 210 | 531 | 177 | 196 | 218 | 288 | 187 | 454 | 162 | 147 | 190 | 181 | 317 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Φ_M | 0 | 4,64 | 8,18 | 8,28 | 8 | 6,64 | 0 | 8,08 | 19,4 | 24 | 24 | 20,1 | 0 | 8 | 20 | 27,4 | 32,1 | 28,5 | 0 | 6,64 | 16,2 | 23,5 | 28,5 | 34,1 |
| 0,1 | Φ_z | 0 | 0,74 | 1,32 | 1,34 | 1,3 | 1,08 | 0 | 1,3 | 3,15 | 3,9 | 3,91 | 3,29 | 0 | 1,3 | 3,25 | 4,47 | 5,25 | 4,69 | 0 | 1,08 | 2,64 | 3,85 | 4,69 | 5,58 |
| | Φ_M | 251 | 71,9 | 119 | 115 | 105 | 98,7 | 378 | 97,7 | 162 | 180 | 169 | 143 | 369 | 121 | 140 | 147 | 194 | 121 | 314 | 110 | 106 | 129 | 117 | 213 |
| 0,2 | Φ_z | 0 | 1,3 | 2,33 | 2,4 | 2,34 | 1,95 | 0 | 2,33 | 5,66 | 7,08 | 7,16 | 6,08 | 0 | 2,34 | 5,93 | 8,23 | 9,7 | 8,75 | 0 | 1,95 | 4,85 | 7,14 | 8,75 | 10,4 |
| | Φ_M | 439 | 126 | 209 | 203 | 186 | 174 | 672 | 175 | 286 | 325 | 309 | 261 | 661 | 220 | 245 | 270 | 356 | 230 | 564 | 201 | 184 | 235 | 222 | 391 |
| 0,3 | Φ_z | 0 | 1,22 | 2,21 | 2,3 | 2,26 | 1,89 | 0 | 2,23 | 5,45 | 6,89 | 7,03 | 6,02 | 0 | 2,26 | 5,78 | 8,12 | 9,6 | 8,75 | 0 | 1,89 | 4,77 | 7,1 | 8,75 | 10,3 |
| | Φ_M | 410 | 118 | 194 | 189 | 174 | 162 | 639 | 170 | 268 | 306 | 293 | 247 | 634 | 214 | 230 | 255 | 339 | 222 | 543 | 196 | 173 | 222 | 214 | 372 |
| 0,4 | Φ_z | 0 | 1,47 | 2,64 | 2,73 | 2,67 | 2,24 | 0 | 2,65 | 6,47 | 8,15 | 8,29 | 7,07 | 0 | 2,67 | 6,83 | 9,55 | 11,3 | 10,2 | 0 | 2,24 | 5,62 | 8,33 | 10,2 | 12,1 |
| | Φ_M | 492 | 142 | 234 | 228 | 209 | 195 | 762 | 201 | 322 | 367 | 351 | 296 | 753 | 253 | 275 | 306 | 406 | 265 | 645 | 231 | 207 | 267 | 256 | 445 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 0,96 | 1,74 | 1,81 | 1,78 | 1,5 | 0 | 1,75 | 4,3 | 5,47 | 5,6 | 4,81 | 0 | 1,78 | 4,59 | 6,48 | 7,68 | 7,03 | 0 | 1,5 | 3,81 | 5,69 | 7,03 | 8,25 |
| | Φ_M | 320 | 91,9 | 151 | 147 | 135 | 126 | 502 | 134 | 209 | 238 | 229 | 193 | 500 | 170 | 180 | 199 | 265 | 175 | 429 | 156 | 135 | 173 | 169 | 292 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Φ_M | 0 | 5,27 | 9,17 | 9,14 | 8,77 | 7,25 | 0 | 8,97 | 21,3 | 26 | 25,7 | 21,4 | 0 | 8,77 | 21,6 | 29,1 | 33,9 | 29,8 | 0 | 7,25 | 17,3 | 24,7 | 29,8 | 35,9 |
| 0,1 | Φ_z | 0 | 0,76 | 1,32 | 1,33 | 1,28 | 1,06 | 0 | 1,3 | 3,11 | 3,8 | 3,78 | 3,16 | 0 | 1,28 | 3,17 | 4,3 | 5,02 | 4,44 | 0 | 1,06 | 2,55 | 3,67 | 4,44 | 5,33 |
| | Φ_M | 256 | 73,8 | 123 | 119 | 108 | 102 | 378 | 96,1 | 166 | 184 | 172 | 146 | 366 | 118 | 142 | 150 | 197 | 122 | 312 | 108 | 107 | 133 | 118 | 217 |
| 0,2 | Φ_z | 0 | 1,02 | 1,83 | 1,87 | 1,82 | 1,52 | 0 | 1,82 | 4,42 | 5,51 | 5,57 | 4,72 | 0 | 1,82 | 4,61 | 6,39 | 7,52 | 6,77 | 0 | 1,52 | 3,77 | 5,53 | 6,77 | 8,03 |
| | Φ_M | 345 | 99,3 | 165 | 160 | 147 | 137 | 526 | 137 | 225 | 255 | 242 | 205 | 516 | 171 | 192 | 212 | 279 | 180 | 441 | 156 | 145 | 185 | 174 | 307 |
| 0,3 | Φ_z | 0 | 1,21 | 2,15 | 2,2 | 2,15 | 1,79 | 0 | 2,14 | 5,2 | 6,48 | 6,54 | 5,54 | 0 | 2,15 | 5,42 | 7,5 | 8,83 | 7,95 | 0 | 1,79 | 4,43 | 6,49 | 7,95 | 9,43 |
| | Φ_M | 408 | 118 | 196 | 190 | 174 | 163 | 619 | 161 | 266 | 303 | 288 | 243 | 608 | 201 | 227 | 252 | 332 | 214 | 520 | 184 | 170 | 221 | 207 | 365 |
| 0,4 | Φ_z | 0 | 0,96 | 1,74 | 1,81 | 1,78 | 1,5 | 0 | 1,75 | 4,3 | 5,47 | 5,6 | 4,81 | 0 | 1,78 | 4,59 | 6,48 | 7,68 | 7,03 | 0 | 1,5 | 3,81 | 5,69 | 7,03 | 8,25 |
| | Φ_M | 320 | 91,9 | 151 | 147 | 135 | 126 | 502 | 134 | 209 | 238 | 229 | 193 | 500 | 170 | 180 | 199 | 265 | 175 | 429 | 156 | 135 | 173 | 169 | 292 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 1,65 | 2,95 | 3,03 | 2,95 | 2,47 | 0 | 2,94 | 7,15 | 8,95 | 9,06 | 7,7 | 0 | 2,95 | 7,5 | 10,4 | 12,3 | 11,1 | 0 | 2,47 | 6,15 | 9,05 | 11,1 | 13,1 |
| | Φ_M | 555 | 160 | 266 | 259 | 237 | 222 | 849 | 222 | 363 | 413 | 394 | 333 | 835 | 278 | 310 | 345 | 455 | 295 | 715 | 254 | 232 | 301 | 285 | 500 |

4) Плита, заземленная по контуру: $\gamma = 0,1$, $\eta = 1/4$

| β_0 | α_0 | | 0,1 | | | | | 0,25 | | | | | 0,4 | | | | | 0,5 | | | | | | | | | |
|-----------|------------|----------|----------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| | β | Φ | α | | | | | | | | | |
| | | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | |
| 0,1 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 3,74 | 6,67 | 6,81 | 6,62 | 5,5 | 0 | 6,64 | 16,1 | 20 | 20,1 | 15 | 0 | 6,62 | 16,7 | 23,1 | 27,1 | 24,3 | 0 | 5,5 | 13,6 | 19,9 | 24,3 | 28,9 | 0 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,92 | 1,65 | 1,69 | 1,64 | 1,36 | 0 | 1,64 | 3,98 | 4,96 | 5,01 | 4,24 | 0 | 1,64 | 4,15 | 5,75 | 6,76 | 6,08 | 0 | 1,36 | 3,39 | 4,96 | 6,08 | 7,21 | 0 |
| | | Φ_M | 310 | 88,8 | 148 | 143 | 131 | 122 | 474 | 123 | 202 | 227 | 216 | 182 | 464 | 154 | 173 | 188 | 248 | 159 | 396 | 140 | 130 | 164 | 154 | 272 | 0 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,05 | 1,9 | 1,96 | 1,92 | 1,6 | 0 | 1,9 | 4,64 | 5,84 | 5,93 | 5,05 | 0 | 1,92 | 4,89 | 6,83 | 8,06 | 7,3 | 0 | 1,6 | 4,02 | 5,94 | 7,3 | 8,62 | 0 |
| | | Φ_M | 353 | 101 | 168 | 163 | 150 | 140 | 547 | 144 | 231 | 264 | 252 | 212 | 540 | 181 | 198 | 220 | 291 | 189 | 461 | 165 | 149 | 191 | 183 | 319 | 0 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 0,95 | 1,71 | 1,76 | 1,72 | 1,43 | 0 | 1,71 | 4,16 | 5,22 | 5,29 | 4,49 | 0 | 1,72 | 4,37 | 6,08 | 7,17 | 6,18 | 0 | 1,43 | 3,58 | 5,28 | 6,48 | 7,67 | 0 |
| | | Φ_M | 320 | 91,8 | 152 | 148 | 136 | 127 | 492 | 129 | 209 | 239 | 228 | 192 | 485 | 162 | 178 | 200 | 263 | 171 | 414 | 147 | 134 | 174 | 166 | 289 | 0 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 0,78 | 1,4 | 1,45 | 1,42 | 1,19 | 0 | 1,41 | 3,45 | 4,35 | 4,42 | 3,77 | 0 | 1,42 | 3,64 | 5,1 | 6,02 | 5,47 | 0 | 1,19 | 3 | 4,44 | 5,47 | 6,45 | 0 |
| | | Φ_M | 261 | 74,8 | 124 | 121 | 111 | 103 | 405 | 107 | 171 | 195 | 187 | 158 | 401 | 135 | 146 | 163 | 216 | 141 | 342 | 123 | 109 | 142 | 137 | 237 | 0 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 0,81 | 1,45 | 1,49 | 1,45 | 1,21 | 0 | 1,44 | 3,51 | 4,39 | 4,44 | 3,76 | 0 | 1,45 | 3,67 | 5,1 | 6 | 5,41 | 0 | 1,21 | 3 | 4,41 | 5,41 | 6,41 | 0 | |
| | Φ_M | 272 | 78,1 | 130 | 127 | 116 | 108 | 417 | 108 | 178 | 203 | 194 | 163 | 409 | 136 | 152 | 170 | 224 | 145 | 349 | 124 | 113 | 148 | 140 | 245 | 0 | |
| 0,25 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 2,9 | 5,22 | 5,39 | 5,27 | 4,41 | 0 | 5,23 | 12,8 | 16,1 | 16,3 | 13,9 | 0 | 5,27 | 13,5 | 18,8 | 22,2 | 20,1 | 0 | 4,41 | 11,1 | 16,4 | 20,1 | 23,7 | 0 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,82 | 1,49 | 1,54 | 1,51 | 1,26 | 0 | 1,49 | 3,65 | 4,61 | 4,69 | 4 | 0 | 1,51 | 3,86 | 5,41 | 6,39 | 5,81 | 0 | 1,26 | 3,18 | 4,72 | 5,81 | 6,85 | 0 |
| | | Φ_M | 275 | 78,7 | 130 | 126 | 116 | 108 | 429 | 114 | 179 | 201 | 192 | 162 | 424 | 143 | 155 | 167 | 222 | 143 | 363 | 131 | 117 | 144 | 158 | 243 | 0 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,45 | 2,63 | 2,75 | 2,7 | 2,27 | 0 | 2,66 | 6,53 | 8,3 | 8,49 | 7,29 | 0 | 2,7 | 6,96 | 9,82 | 11,6 | 10,6 | 0 | 2,27 | 5,76 | 8,61 | 10,6 | 12,5 | 0 |
| | | Φ_M | 483 | 138 | 228 | 222 | 204 | 190 | 761 | 203 | 316 | 360 | 346 | 292 | 757 | 258 | 272 | 302 | 401 | 264 | 648 | 235 | 205 | 260 | 255 | 440 | 0 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 1,4 | 2,56 | 2,68 | 2,64 | 2,21 | 0 | 2,59 | 6,37 | 8,1 | 8,31 | 7,14 | 0 | 2,64 | 6,8 | 9,61 | 11,4 | 10,4 | 0 | 2,21 | 5,64 | 8,44 | 10,4 | 12,3 | 0 |
| | | Φ_M | 469 | 134 | 221 | 215 | 198 | 184 | 740 | 198 | 307 | 351 | 337 | 284 | 738 | 252 | 264 | 294 | 391 | 259 | 632 | 230 | 199 | 254 | 249 | 429 | 0 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 1,22 | 2,22 | 2,33 | 2,3 | 1,93 | 0 | 2,25 | 5,55 | 7,07 | 7,26 | 6,25 | 0 | 2,3 | 5,94 | 8,41 | 9,98 | 9,15 | 0 | 1,93 | 4,93 | 7,39 | 9,15 | 10,7 | 0 |
| | | Φ_M | 406 | 116 | 191 | 186 | 172 | 160 | 644 | 173 | 266 | 304 | 293 | 247 | 643 | 220 | 229 | 255 | 340 | 225 | 551 | 201 | 173 | 220 | 217 | 373 | 0 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 1,07 | 1,94 | 2,03 | 2 | 1,67 | 0 | 1,96 | 4,82 | 6,12 | 6,27 | 5,38 | 0 | 2 | 5,14 | 7,25 | 8,59 | 7,85 | 0 | 1,67 | 4,26 | 6,35 | 7,85 | 9,22 | 0 | |
| | Φ_M | 357 | 102 | 169 | 164 | 151 | 141 | 562 | 150 | 234 | 268 | 257 | 217 | 559 | 190 | 201 | 224 | 298 | 197 | 479 | 174 | 151 | 194 | 190 | 327 | 0 | |
| 0,4 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 2,75 | 4,95 | 5,11 | 5 | 4,18 | 0 | 4,96 | 12,1 | 15,2 | 15,5 | 13,2 | 0 | 5 | 12,8 | 17,8 | 21 | 19,1 | 0 | 4,18 | 10,5 | 15,5 | 19,1 | 22,5 | 0 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,78 | 1,4 | 1,45 | 1,42 | 1,19 | 0 | 1,41 | 3,45 | 4,35 | 4,42 | 3,77 | 0 | 1,42 | 3,64 | 5,1 | 6,02 | 5,47 | 0 | 1,19 | 3 | 4,44 | 5,47 | 6,45 | 0 |
| | | Φ_M | 261 | 74,5 | 123 | 119 | 109 | 102 | 405 | 107 | 170 | 191 | 182 | 153 | 401 | 135 | 146 | 158 | 210 | 135 | 342 | 123 | 111 | 137 | 131 | 230 | 0 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,34 | 2,44 | 2,54 | 2,5 | 2,09 | 0 | 2,46 | 6,04 | 7,66 | 7,83 | 6,71 | 0 | 2,5 | 6,43 | 9,05 | 10,7 | 9,79 | 0 | 2,09 | 5,32 | 7,93 | 9,79 | 11,5 | 0 |
| | | Φ_M | 448 | 129 | 211 | 206 | 190 | 176 | 705 | 188 | 293 | 334 | 321 | 271 | 701 | 238 | 252 | 280 | 371 | 244 | 599 | 217 | 190 | 242 | 236 | 408 | 0 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 1,24 | 2,26 | 2,37 | 2,34 | 1,97 | 0 | 2,3 | 5,65 | 7,21 | 7,41 | 6,38 | 0 | 2,34 | 6,06 | 8,59 | 10,2 | 9,36 | 0 | 1,97 | 5,04 | 7,55 | 9,36 | 11 | 0 |
| | | Φ_M | 413 | 118 | 194 | 189 | 174 | 162 | 655 | 176 | 270 | 309 | 298 | 251 | 655 | 224 | 233 | 259 | 345 | 229 | 561 | 205 | 176 | 223 | 221 | 379 | 0 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 1,49 | 2,72 | 2,85 | 2,8 | 2,36 | 0 | 2,75 | 6,78 | 8,63 | 8,85 | 7,6 | 0 | 2,8 | 7,24 | 10,2 | 12,1 | 11,1 | 0 | 2,36 | 6,01 | 8,99 | 11,1 | 13,1 | 0 |
| | | Φ_M | 498 | 143 | 234 | 228 | 211 | 196 | 787 | 211 | 326 | 373 | 359 | 303 | 785 | 268 | 281 | 313 | 416 | 275 | 672 | 245 | 212 | 270 | 266 | 456 | 0 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 0,96 | 1,75 | 1,85 | 1,82 | 1,54 | 0 | 1,78 | 4,4 | 5,63 | 5,8 | 5 | 0 | 1,82 | 4,73 | 6,73 | 7,99 | 7,35 | 0 | 1,54 | 3,94 | 5,93 | 7,35 | 8,61 | 0 | |
| | Φ_M | 319 | 91,5 | 149 | 146 | 136 | 125 | 509 | 137 | 209 | 239 | 231 | 194 | 509 | 175 | 180 | 200 | 267 | 178 | 437 | 161 | 136 | 172 | 172 | 294 | 0 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|-----|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,5 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 3,2 | 5,72 | 5,84 | 5,68 | 4,73 | 0 | 5,69 | 13,8 | 17,2 | 17,3 | 14,6 | 0 | 5,68 | 14,4 | 19,9 | 23,3 | 21 | 0 | 4,73 | 11,7 | 17,1 | 21 | 24,9 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,81 | 1,45 | 1,49 | 1,45 | 1,21 | 0 | 1,44 | 3,51 | 4,39 | 4,44 | 3,76 | 0 | 1,45 | 3,67 | 5,1 | 6 | 5,41 | 0 | 1,21 | 3 | 4,41 | 5,41 | 6,41 |
| | | Φ_M | 271 | 77,8 | 129 | 125 | 115 | 107 | 417 | 109 | 177 | 199 | 189 | 159 | 409 | 136 | 152 | 164 | 217 | 139 | 349 | 124 | 115 | 143 | 135 | 239 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,06 | 1,92 | 2 | 1,96 | 1,64 | 0 | 1,93 | 4,75 | 6,01 | 6,13 | 5,25 | 0 | 1,96 | 5,04 | 7,08 | 8,38 | 7,64 | 0 | 1,64 | 4,16 | 6,19 | 7,64 | 8,99 |
| | | Φ_M | 355 | 102 | 167 | 163 | 150 | 140 | 555 | 147 | 232 | 264 | 253 | 214 | 551 | 186 | 199 | 221 | 293 | 192 | 471 | 170 | 150 | 191 | 185 | 321 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 1,26 | 2,27 | 2,36 | 2,31 | 1,94 | 0 | 2,29 | 5,6 | 7,07 | 7,21 | 6,17 | 0 | 2,31 | 5,93 | 8,32 | 9,84 | 8,96 | 0 | 1,94 | 4,89 | 7,27 | 8,96 | 10,6 |
| | | Φ_M | 421 | 121 | 199 | 194 | 179 | 166 | 656 | 174 | 275 | 314 | 301 | 254 | 651 | 219 | 236 | 263 | 348 | 328 | 556 | 201 | 178 | 228 | 221 | 382 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 0,957 | 1,75 | 1,85 | 1,82 | 1,54 | 0 | 1,78 | 4,4 | 5,63 | 5,8 | 5 | 0 | 1,82 | 4,73 | 6,73 | 7,99 | 7,35 | 0 | 1,54 | 3,94 | 5,93 | 7,35 | 8,61 |
| | | Φ_M | 319 | 91,5 | 149 | 146 | 135 | 125 | 509 | 137 | 209 | 239 | 231 | 194 | 509 | 175 | 180 | 200 | 267 | 178 | 437 | 161 | 136 | 172 | 172 | 294 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 1,7 | 3,08 | 3,21 | 3,15 | 2,64 | 0 | 3,11 | 7,63 | 9,66 | 9,87 | 8,46 | 0 | 3,15 | 8,11 | 11,4 | 13,5 | 12,3 | 0 | 2,64 | 6,7 | 9,98 | 12,3 | 14,5 | |
| | Φ_M | 569 | 163 | 269 | 262 | 241 | 224 | 891 | 237 | 372 | 426 | 409 | 344 | 885 | 300 | 320 | 356 | 473 | 311 | 758 | 274 | 240 | 308 | 300 | 519 | |

5) Плита, заземленная по контуру: $\gamma = 0,05$, $\eta = 1$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,1 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 54 | 72,2 | 64 | 56,7 | 51,5 | 0 | 60,7 | 121 | 125 | 112 | 92,6 | 0 | 56,7 | 111 | 118 | 1,37 | 98,7 | 0 | 51,5 | 85,7 | 103 | 98,7 | 145 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,87 | 1,17 | 1,04 | 0,93 | 0,84 | 0 | 0,99 | 1,99 | 2,07 | 1,87 | 1,54 | 0 | 0,93 | 1,84 | 1,97 | 2,28 | 1,66 | 0 | 0,84 | 1,41 | 1,71 | 1,66 | 2,42 |
| | | Φ_M | 324 | 117 | 169 | 171 | 135 | 153 | 316 | 81,8 | 181 | 179 | 155 | 150 | 297 | 89,5 | 169 | 140 | 190 | 95,7 | 293 | 105 | 138 | 176 | 95,4 | 238 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,17 | 1,63 | 1,46 | 1,31 | 1,16 | 0 | 1,4 | 2,87 | 3,04 | 2,77 | 2,27 | 0 | 1,31 | 2,66 | 2,95 | 3,41 | 2,55 | 0 | 1,16 | 2,05 | 2,53 | 2,55 | 3,6 |
| | | Φ_M | 433 | 157 | 234 | 235 | 189 | 209 | 441 | 113 | 260 | 266 | 233 | 219 | 414 | 125 | 238 | 212 | 282 | 150 | 400 | 145 | 190 | 249 | 149 | 344 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 1,04 | 1,46 | 1,32 | 1,19 | 1,05 | 0 | 1,26 | 2,62 | 2,81 | 2,58 | 2,12 | 0 | 1,19 | 2,45 | 2,77 | 3,2 | 2,44 | 0 | 1,05 | 1,9 | 2,38 | 2,44 | 3,39 |
| | | Φ_M | 384 | 142 | 212 | 212 | 171 | 188 | 397 | 104 | 239 | 246 | 216 | 202 | 373 | 115 | 218 | 197 | 261 | 142 | 360 | 133 | 1,73 | 228 | 141 | 317 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 0,93 | 1,31 | 1,19 | 1,07 | 0,95 | 0 | 1,14 | 2,37 | 2,56 | 2,36 | 1,94 | 0 | 1,07 | 2,23 | 2,54 | 2,94 | 2,27 | 0 | 0,95 | 1,73 | 2,18 | 2,27 | 3,11 |
| | | Φ_M | 340 | 123 | 185 | 185 | 149 | 164 | 356 | 91,8 | 209 | 216 | 190 | 177 | 335 | 102 | 190 | 173 | 229 | 125 | 321 | 117 | 151 | 198 | 124 | 277 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 0,84 | 1,16 | 1,05 | 0,95 | 0,85 | 0 | 1,01 | 2,08 | 2,22 | 2,05 | 1,69 | 0 | 0,95 | 1,95 | 2,2 | 2,55 | 1,95 | 0 | 0,85 | 1,52 | 1,9 | 1,95 | 2,71 | |
| | Φ_M | 309 | 117 | 174 | 174 | 140 | 154 | 316 | 84 | 196 | 201 | 177 | 165 | 298 | 92,8 | 180 | 162 | 215 | 118 | 289 | 109 | 144 | 188 | 117 | 261 | |
| 0,25 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 52,7 | 73,5 | 66,2 | 59,3 | 52,7 | 0 | 63,4 | 131 | 139 | 127 | 104 | 0 | 59,3 | 122 | 136 | 157 | 119 | 0 | 52,7 | 94 | 117 | 119 | 166 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,99 | 1,4 | 1,26 | 1,14 | 1 | 0 | 1,21 | 2,53 | 2,71 | 2,49 | 2,04 | 0 | 1,14 | 2,36 | 2,67 | 3,08 | 2,35 | 0 | 1,01 | 1,82 | 2,28 | 2,35 | 3,25 |
| | | Φ_M | 364 | 119 | 174 | 174 | 139 | 157 | 380 | 94,8 | 187 | 183 | 158 | 152 | 357 | 106 | 177 | 139 | 190 | 91,2 | 342 | 115 | 146 | 174 | 91 | 237 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,99 | 2,87 | 2,62 | 2,37 | 2,08 | 0 | 2,53 | 5,35 | 5,83 | 5,4 | 4,42 | 0 | 2,37 | 5,04 | 5,84 | 6,73 | 5,25 | 0 | 2,08 | 3,9 | 4,96 | 5,25 | 7,1 |
| | | Φ_M | 726 | 245 | 372 | 372 | 303 | 330 | 785 | 196 | 418 | 433 | 382 | 355 | 738 | 221 | 378 | 342 | 456 | 244 | 695 | 240 | 299 | 390 | 242 | 551 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 2,07 | 3,04 | 2,81 | 2,56 | 2,22 | 0 | 2,71 | 5,83 | 6,47 | 6,06 | 4,97 | 0 | 2,56 | 5,56 | 6,6 | 7,63 | 6,08 | 0 | 2,22 | 4,32 | 5,61 | 6,08 | 8,05 |
| | | Φ_M | 749 | 251 | 383 | 383 | 315 | 339 | 836 | 209 | 438 | 460 | 410 | 376 | 788 | 237 | 393 | 367 | 487 | 268 | 734 | 254 | 309 | 407 | 265 | 583 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 1,87 | 2,77 | 2,58 | 2,36 | 2,05 | 0 | 2,49 | 5,4 | 6,06 | 5,72 | 4,7 | 0 | 2,36 | 5,19 | 6,26 | 7,25 | 5,86 | 0 | 2,05 | 4,06 | 5,34 | 5,86 | 7,66 |
| | | Φ_M | 674 | 224 | 344 | 344 | 283 | 303 | 764 | 192 | 396 | 419 | 375 | 342 | 723 | 219 | 354 | 335 | 445 | 248 | 671 | 233 | 278 | 367 | 244 | 530 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 1,54 | 2,27 | 2,12 | 1,94 | 1,69 | 0 | 2,04 | 4,42 | 4,97 | 4,7 | 3,89 | 0 | 1,94 | 4,27 | 5,16 | 5,99 | 4,86 | 0 | 1,69 | 3,35 | 4,43 | 4,86 | 6,35 | |
| | Φ_M | 556 | 189 | 287 | 288 | 236 | 254 | 626 | 160 | 332 | 350 | 312 | 286 | 594 | 183 | 299 | 281 | 373 | 209 | 554 | 196 | 235 | 309 | 206 | 445 | |

| β_0 | σ_0 | | 0,1 | | | | | 0,25 | | | | | 0,4 | | | | | 0,5 | | | | | | | | |
|-----------|------------|----------|----------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | β | Φ | α | | | | | | | | |
| | | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| 0,4 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 49,5 | 68,9 | 62,2 | 55,9 | 49,7 | 0 | 59,5 | 123 | 131 | 120 | 99 | 0 | 55,9 | 115 | 129 | 149 | 113 | 0 | 49,7 | 89 | 111 | 113 | 158 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,93 | 1,31 | 1,19 | 1,07 | 0,95 | 0 | 1,14 | 2,37 | 2,56 | 2,36 | 1,94 | 0 | 1,07 | 2,23 | 2,54 | 2,94 | 2,27 | 0 | 0,95 | 1,73 | 2,18 | 2,27 | 3,11 |
| | | Φ_M | 340 | 112 | 163 | 164 | 130 | 147 | 356 | 90,1 | 176 | 172 | 149 | 143 | 335 | 101 | 167 | 133 | 179 | 86,4 | 321 | 109 | 139 | 166 | 86,8 | 223 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,84 | 2,66 | 2,45 | 2,23 | 1,95 | 0 | 2,36 | 5,04 | 5,56 | 5,19 | 4,27 | 0 | 2,23 | 4,79 | 5,65 | 6,53 | 5,17 | 0 | 1,95 | 3,73 | 4,82 | 5,17 | 6,9 |
| | | Φ_M | 668 | 226 | 342 | 342 | 279 | 303 | 731 | 185 | 386 | 399 | 354 | 327 | 690 | 209 | 351 | 316 | 422 | 227 | 649 | 227 | 278 | 358 | 225 | 509 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 1,97 | 2,95 | 2,77 | 2,54 | 2,2 | 0 | 2,67 | 5,84 | 6,6 | 6,26 | 5,16 | 0 | 2,54 | 5,65 | 6,89 | 7,99 | 6,52 | 0 | 2,2 | 4,42 | 5,87 | 6,52 | 8,44 |
| | | Φ_M | 707 | 232 | 355 | 355 | 294 | 314 | 816 | 205 | 411 | 435 | 390 | 355 | 773 | 236 | 368 | 347 | 462 | 257 | 714 | 247 | 288 | 378 | 253 | 549 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 2,28 | 3,41 | 3,2 | 2,94 | 2,55 | 0 | 3,08 | 6,73 | 7,63 | 7,25 | 5,99 | 0 | 2,94 | 6,53 | 7,99 | 9,27 | 7,59 | 0 | 2,5 | 5,13 | 6,84 | 7,59 | 9,82 |
| | | Φ_M | 820 | 274 | 417 | 418 | 345 | 369 | 942 | 239 | 484 | 513 | 460 | 418 | 894 | 275 | 433 | 411 | 546 | 307 | 828 | 290 | 340 | 448 | 302 | 650 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 1,66 | 2,55 | 2,44 | 2,27 | 1,95 | 0 | 2,35 | 5,25 | 6,08 | 5,86 | 4,86 | 0 | 2,27 | 5,17 | 6,52 | 7,59 | 6,36 | 0 | 1,95 | 4,1 | 5,59 | 6,36 | 8,05 | |
| | Φ_M | 592 | 191 | 292 | 293 | 244 | 258 | 711 | 180 | 345 | 370 | 335 | 302 | 680 | 211 | 306 | 298 | 396 | 227 | 621 | 216 | 239 | 315 | 223 | 466 | |
| 0,5 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 48,9 | 66,7 | 59,9 | 53,5 | 48,2 | 0 | 56,9 | 116 | 122 | 112 | 92,4 | 0 | 53,5 | 108 | 119 | 138 | 103 | 0 | 48,2 | 83,8 | 103 | 103 | 147 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,84 | 1,16 | 1,05 | 0,95 | 0,85 | 0 | 1,01 | 2,08 | 2,22 | 2,05 | 1,69 | 0 | 0,95 | 1,95 | 2,2 | 2,55 | 1,95 | 0 | 0,85 | 1,52 | 1,9 | 1,95 | 2,71 |
| | | Φ_M | 309 | 107 | 155 | 156 | 124 | 140 | 316 | 82,4 | 167 | 166 | 143 | 137 | 298 | 91,7 | 159 | 130 | 173 | 86 | 289 | 103 | 132 | 163 | 86,7 | 216 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,42 | 2,05 | 1,9 | 1,73 | 1,52 | 0 | 1,82 | 3,9 | 4,32 | 4,06 | 3,35 | 0 | 1,73 | 3,73 | 4,42 | 5,13 | 4,1 | 0 | 1,52 | 2,92 | 3,8 | 4,1 | 5,44 |
| | | Φ_M | 514 | 176 | 264 | 264 | 215 | 234 | 564 | 144 | 300 | 308 | 273 | 253 | 534 | 163 | 274 | 244 | 326 | 176 | 503 | 177 | 218 | 277 | 174 | 394 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 1,71 | 2,53 | 2,38 | 2,18 | 1,9 | 0 | 2,28 | 4,96 | 5,61 | 5,34 | 4,43 | 0 | 2,18 | 4,82 | 5,87 | 6,84 | 5,59 | 0 | 1,9 | 3,8 | 5,06 | 5,59 | 7,25 |
| | | Φ_M | 618 | 212 | 320 | 320 | 263 | 283 | 699 | 180 | 370 | 388 | 347 | 317 | 665 | 207 | 335 | 311 | 414 | 231 | 621 | 222 | 264 | 343 | 228 | 494 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 1,66 | 2,55 | 2,44 | 2,27 | 1,95 | 0 | 2,35 | 5,25 | 6,08 | 5,86 | 4,86 | 0 | 2,27 | 5,17 | 6,52 | 7,59 | 6,36 | 0 | 1,95 | 4,1 | 5,59 | 6,36 | 8,05 |
| | | Φ_M | 592 | 190 | 292 | 293 | 244 | 258 | 711 | 181 | 345 | 370 | 335 | 301 | 680 | 211 | 307 | 297 | 395 | 226 | 621 | 216 | 240 | 315 | 222 | 466 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 2,42 | 3,6 | 3,39 | 3,11 | 2,71 | 0 | 3,25 | 7,1 | 8,05 | 7,66 | 6,35 | 0 | 3,11 | 6,9 | 8,44 | 9,82 | 8,05 | 0 | 2,71 | 5,44 | 7,25 | 8,05 | 10,4 | |
| | Φ_M | 873 | 297 | 451 | 452 | 372 | 399 | 996 | 256 | 523 | 553 | 496 | 452 | 947 | 294 | 471 | 445 | 591 | 333 | 881 | 314 | 370 | 48,7 | 328 | 703 | |

6) Плита, заземленная по контуру: $\gamma = 0,05$, $\tau_1 = 1/2$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|----------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,1 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 16,5 | 25,1 | 23,4 | 21,15 | 18,3 | 0 | 22,8 | 50 | 56,1 | 52,9 | 43,1 | 0 | 21,5 | 47,7 | 57,9 | 66,7 | 53,9 | 0 | 18,3 | 37,1 | 48,6 | 53,9 | 70 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 1,03 | 1,57 | 1,47 | 1,36 | 1,16 | 0 | 1,44 | 3,16 | 3,57 | 3,38 | 2,76 | 0 | 1,36 | 3,04 | 3,71 | 4,28 | 3,48 | 0 | 1,16 | 2,37 | 3,12 | 3,48 | 4,5 |
| | | Φ_M | 367 | 115 | 180 | 178 | 150 | 157 | 436 | 107 | 211 | 222 | 200 | 180 | 412 | 124 | 187 | 176 | 234 | 128 | 373 | 124 | 146 | 186 | 126 | 274 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,24 | 1,93 | 1,83 | 1,71 | 1,45 | 0 | 1,78 | 4 | 4,61 | 4,42 | 3,64 | 0 | 1,71 | 3,9 | 4,9 | 5,68 | 4,73 | 0 | 1,45 | 3,07 | 4,15 | 4,73 | 5,99 |
| | | Φ_M | 438 | 137 | 216 | 214 | 182 | 188 | 538 | 133 | 258 | 279 | 254 | 226 | 511 | 156 | 226 | 225 | 297 | 170 | 460 | 155 | 174 | 231 | 167 | 345 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 1,1 | 1,72 | 1,63 | 1,52 | 1,3 | 0 | 1,59 | 3,55 | 4,1 | 3,94 | 3,25 | 0 | 1,52 | 3,48 | 4,37 | 5,07 | 4,24 | 0 | 1,3 | 2,75 | 3,72 | 4,24 | 5,36 |
| | | Φ_M | 391 | 124 | 195 | 193 | 164 | 169 | 479 | 119 | 234 | 253 | 229 | 205 | 456 | 139 | 205 | 204 | 270 | 156 | 411 | 140 | 159 | 210 | 153 | 313 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 0,93 | 1,46 | 1,4 | 1,31 | 1,11 | 0 | 1,36 | 3,06 | 3,56 | 3,44 | 2,84 | 0 | 1,31 | 3,02 | 3,83 | 4,45 | 3,75 | 0 | 1,11 | 2,39 | 3,26 | 3,75 | 4,71 |
| | | Φ_M | 329 | 103 | 162 | 161 | 137 | 141 | 408 | 102 | 195 | 213 | 194 | 172 | 390 | 120 | 170 | 172 | 227 | 132 | 350 | 119 | 131 | 175 | 130 | 263 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 0,92 | 1,42 | 1,35 | 1,25 | 1,06 | 0 | 1,31 | 2,91 | 3,33 | 3,19 | 2,63 | 0 | 1,25 | 2,83 | 3,53 | 4,09 | 3,38 | 0 | 1,06 | 2,23 | 3 | 3,38 | 4,31 | |
| | Φ_M | 327 | 104 | 164 | 163 | 138 | 143 | 396 | 97,9 | 196 | 211 | 191 | 171 | 376 | 114 | 172 | 170 | 225 | 129 | 339 | 115 | 133 | 177 | 127 | 262 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | Φ_M | 0 | 13,6 | 21,4 | 20,4 | 19 | 16,1 | 0 | 19,8 | 44,4 | 51,4 | 49,4 | 40,8 | 0 | 19,0 | 43,5 | 54,9 | 63,7 | 53,2 | 0 | 16,1 | 34,3 | 46,6 | 53,2 | 67,2 |
| | Φ_z | 0 | 0,99 | 1,55 | 1,49 | 1,39 | 1,18 | 0 | 1,45 | 3,27 | 3,81 | 3,68 | 3,05 | 0 | 1,39 | 3,23 | 4,11 | 4,77 | 4,02 | 0 | 1,18 | 2,55 | 3,5 | 4,02 | 5,05 |
| 0,1 | Φ_M | 349 | 106 | 166 | 164 | 139 | 144 | 435 | 109 | 199 | 209 | 190 | 169 | 415 | 129 | 178 | 164 | 220 | 123 | 372 | 126 | 140 | 170 | 120 | 257 |
| | Φ_z | 0 | 1,81 | 2,9 | 2,82 | 2,66 | 2,26 | 0 | 2,73 | 6,26 | 7,41 | 7,24 | 6,04 | 0 | 2,66 | 6,27 | 8,13 | 9,49 | 8,14 | 0 | 2,26 | 5 | 6,97 | 8,14 | 10,1 |
| 0,2 | Φ_M | 636 | 195 | 307 | 305 | 261 | 266 | 816 | 206 | 373 | 407 | 374 | 331 | 784 | 246 | 327 | 329 | 438 | 257 | 700 | 241 | 252 | 331 | 252 | 505 |
| | Φ_z | 0 | 1,79 | 2,89 | 2,83 | 2,68 | 2,28 | 0 | 2,74 | 6,32 | 7,55 | 7,43 | 6,24 | 0 | 2,68 | 6,39 | 8,39 | 9,83 | 8,53 | 0 | 2,28 | 5,14 | 7,25 | 8,53 | 10,5 |
| 0,3 | Φ_M | 626 | 192 | 301 | 300 | 257 | 262 | 814 | 208 | 370 | 406 | 375 | 330 | 787 | 250 | 325 | 330 | 439 | 263 | 703 | 244 | 250 | 329 | 256 | 506 |
| | Φ_z | 0 | 1,57 | 2,55 | 2,51 | 2,38 | 2,03 | 0 | 2,42 | 5,61 | 6,74 | 6,66 | 5,61 | 0 | 2,38 | 5,7 | 7,53 | 8,83 | 7,7 | 0 | 2,03 | 4,6 | 6,52 | 7,7 | 9,42 |
| 0,4 | Φ_M | 548 | 168 | 263 | 262 | 225 | 229 | 719 | 184 | 324 | 357 | 331 | 291 | 697 | 222 | 284 | 291 | 388 | 234 | 622 | 217 | 219 | 289 | 228 | 446 |
| | Φ_z | 0 | 1,34 | 2,16 | 2,12 | 2 | 1,71 | 0 | 2,05 | 4,7 | 5,61 | 5,51 | 4,63 | 0 | 2 | 4,75 | 6,21 | 7,28 | 6,3 | 0 | 1,71 | 3,82 | 5,36 | 6,3 | 7,75 |
| 0,5 | Φ_M | 471 | 145 | 228 | 227 | 195 | 199 | 609 | 155 | 279 | 307 | 283 | 250 | 588 | 186 | 245 | 249 | 332 | 198 | 526 | 183 | 189 | 250 | 194 | 383 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | Φ_M | 0 | 12,9 | 20,2 | 19,2 | 17,9 | 15,2 | 0 | 18,7 | 41,9 | 48,3 | 46,4 | 38,2 | 0 | 17,9 | 40,9 | 51,5 | 59,7 | 49,8 | 0 | 15,2 | 32,2 | 43,7 | 49,8 | 63 |
| | Φ_z | 0 | 0,93 | 1,46 | 1,4 | 1,31 | 1,11 | 0 | 1,36 | 3,06 | 3,56 | 3,44 | 2,84 | 0 | 1,31 | 3,02 | 3,83 | 4,45 | 3,75 | 0 | 1,11 | 2,39 | 3,26 | 3,75 | 4,71 |
| 0,1 | Φ_M | 329 | 100 | 157 | 155 | 131 | 136 | 408 | 102 | 187 | 197 | 178 | 159 | 390 | 121 | 167 | 155 | 207 | 115 | 350 | 118 | 131 | 160 | 113 | 242 |
| | Φ_z | 0 | 1,67 | 2,67 | 2,6 | 2,45 | 2,08 | 0 | 2,52 | 5,75 | 6,81 | 6,66 | 5,56 | 0 | 2,45 | 5,77 | 7,48 | 8,74 | 7,5 | 0 | 2,08 | 4,61 | 6,43 | 7,5 | 9,28 |
| 0,2 | Φ_M | 587 | 181 | 283 | 281 | 241 | 246 | 751 | 190 | 344 | 375 | 345 | 305 | 722 | 227 | 302 | 303 | 404 | 237 | 646 | 222 | 233 | 305 | 232 | 466 |
| | Φ_z | 0 | 1,61 | 2,63 | 2,6 | 2,47 | 2,11 | 0 | 2,51 | 5,82 | 7,03 | 6,97 | 5,89 | 0 | 2,47 | 5,95 | 7,9 | 9,29 | 8,14 | 0 | 2,11 | 4,82 | 6,86 | 8,14 | 9,92 |
| 0,3 | Φ_M | 561 | 172 | 268 | 267 | 230 | 233 | 742 | 191 | 332 | 365 | 339 | 298 | 721 | 232 | 292 | 297 | 397 | 240 | 643 | 226 | 225 | 294 | 234 | 457 |
| | Φ_z | 0 | 1,91 | 3,1 | 3,05 | 2,9 | 2,47 | 0 | 2,95 | 6,82 | 8,19 | 8,1 | 6,83 | 0 | 2,9 | 6,94 | 9,16 | 10,8 | 9,38 | 0 | 2,47 | 5,6 | 7,94 | 9,38 | 11,5 |
| 0,4 | Φ_M | 668 | 205 | 321 | 320 | 275 | 280 | 875 | 224 | 395 | 435 | 402 | 355 | 848 | 271 | 347 | 354 | 473 | 285 | 758 | 265 | 267 | 352 | 277 | 544 |
| | Φ_z | 0 | 1,27 | 2,1 | 2,1 | 2,01 | 1,72 | 0 | 2,02 | 4,73 | 5,77 | 5,78 | 4,92 | 0 | 2,01 | 4,89 | 6,58 | 7,77 | 6,88 | 0 | 1,72 | 3,99 | 5,76 | 6,88 | 8,33 |
| 0,5 | Φ_M | 442 | 135 | 210 | 209 | 181 | 183 | 595 | 155 | 262 | 289 | 270 | 237 | 583 | 190 | 231 | 237 | 317 | 195 | 519 | 184 | 178 | 232 | 189 | 364 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 0 | Φ_M | 0 | 14,3 | 21,8 | 20,4 | 18,9 | 16,1 | 0 | 19,9 | 43,9 | 49,8 | 47,2 | 38,7 | 0 | 18,9 | 42,3 | 52 | 60,1 | 49,1 | 0 | 16,1 | 33,1 | 43,9 | 49,1 | 63,2 |
| | Φ_z | 0 | 0,92 | 1,42 | 1,35 | 1,25 | 1,06 | 0 | 1,31 | 2,91 | 3,33 | 3,19 | 2,63 | 0 | 1,25 | 2,83 | 3,53 | 4,09 | 3,38 | 0 | 1,06 | 2,23 | 2,99 | 3,38 | 4,31 |
| 0,1 | Φ_M | 327 | 102 | 159 | 157 | 133 | 138 | 396 | 98,1 | 188 | 197 | 178 | 160 | 376 | 115 | 168 | 155 | 208 | 115 | 339 | 114 | 132 | 164 | 112 | 243 |
| | Φ_z | 0 | 1,3 | 2,08 | 2,02 | 1,9 | 1,62 | 0 | 1,95 | 4,46 | 5,26 | 5,14 | 4,29 | 0 | 1,9 | 4,46 | 5,77 | 6,73 | 5,77 | 0 | 1,62 | 3,56 | 4,95 | 5,77 | 7,15 |
| 0,2 | Φ_M | 459 | 142 | 222 | 221 | 189 | 193 | 584 | 148 | 270 | 293 | 269 | 238 | 561 | 176 | 238 | 236 | 315 | 184 | 502 | 173 | 184 | 239 | 180 | 364 |
| | Φ_z | 0 | 1,54 | 2,46 | 2,4 | 2,26 | 1,93 | 0 | 2,31 | 5,3 | 6,29 | 6,17 | 5,18 | 0 | 2,26 | 5,34 | 6,94 | 8,13 | 7,02 | 0 | 1,93 | 4,29 | 6 | 7,02 | 8,67 |
| 0,3 | Φ_M | 541 | 169 | 264 | 262 | 224 | 230 | 691 | 176 | 322 | 350 | 322 | 285 | 667 | 211 | 284 | 284 | 378 | 224 | 599 | 208 | 220 | 287 | 219 | 438 |
| | Φ_z | 0 | 1,27 | 2,1 | 2,1 | 2,01 | 1,72 | 0 | 2,02 | 4,73 | 5,77 | 5,78 | 4,92 | 0 | 2,01 | 4,89 | 6,58 | 7,77 | 6,88 | 0 | 1,72 | 3,99 | 5,76 | 6,88 | 8,33 |
| 0,4 | Φ_M | 442 | 135 | 210 | 209 | 181 | 183 | 595 | 155 | 262 | 289 | 270 | 237 | 583 | 190 | 231 | 237 | 317 | 195 | 519 | 184 | 178 | 232 | 189 | 364 |
| | Φ_z | 0 | 2,12 | 3,4 | 3,33 | 3,15 | 2,69 | 0 | 3,21 | 7,39 | 8,81 | 8,67 | 7,3 | 0 | 3,15 | 7,47 | 9,78 | 11,5 | 9,94 | 0 | 2,69 | 6,02 | 8,47 | 9,94 | 12,2 |
| 0,5 | Φ_M | 743 | 230 | 361 | 359 | 307 | 314 | 957 | 245 | 441 | 483 | 445 | 394 | 926 | 294 | 389 | 393 | 524 | 313 | 830 | 290 | 300 | 394 | 305 | 604 |

7) Плита, заземленная по контуру: $\gamma = 0,05$, $\tau_1 = 1/3$

| β_0 | | α | 0,1 | | | | | | 0,25 | | | | | | 0,4 | | | | | | 0,5 | | | | | |
|-----------|-----|----------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| | | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| 0,1 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 8,35 | 13,4 | 13 | 12,2 | 10,4 | 0 | 12,6 | 28,9 | 34,1 | 33,2 | 27,6 | 0 | 12,2 | 28,8 | 37,3 | 43,4 | 37,1 | 0 | 10,4 | 22,9 | 31,8 | 37,1 | 46 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 1,16 | 1,87 | 1,82 | 1,72 | 1,45 | 0 | 1,76 | 4,05 | 4,8 | 4,69 | 3,91 | 0 | 1,72 | 4,05 | 5,27 | 6,14 | 5,27 | 0 | 1,45 | 3,23 | 4,51 | 5,27 | 6,52 |
| | | Φ_M | 407 | 123 | 195 | 193 | 165 | 168 | 526 | 133 | 238 | 258 | 237 | 209 | 505 | 159 | 209 | 207 | 276 | 161 | 449 | 154 | 162 | 207 | 157 | 318 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,34 | 2,19 | 2,16 | 2,05 | 1,74 | 0 | 2,09 | 4,84 | 5,81 | 5,73 | 4,82 | 0 | 2,05 | 4,91 | 6,48 | 7,59 | 6,61 | 0 | 1,74 | 3,95 | 5,59 | 6,61 | 8,09 |
| | | Φ_M | 468 | 142 | 224 | 222 | 192 | 194 | 618 | 158 | 277 | 305 | 282 | 248 | 599 | 190 | 242 | 248 | 331 | 199 | 531 | 184 | 186 | 245 | 194 | 379 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 1,21 | 1,96 | 1,93 | 1,83 | 1,55 | 0 | 1,87 | 4,32 | 5,17 | 5,09 | 4,27 | 0 | 1,83 | 4,37 | 5,75 | 6,73 | 5,85 | 0 | 1,55 | 3,51 | 4,96 | 5,85 | 7,17 |
| | | Φ_M | 422 | 129 | 203 | 202 | 174 | 176 | 554 | 141 | 250 | 276 | 256 | 225 | 536 | 170 | 218 | 225 | 300 | 180 | 476 | 165 | 167 | 222 | 176 | 344 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 0,99 | 1,63 | 1,61 | 1,53 | 1,3 | 0 | 1,56 | 3,62 | 4,37 | 4,33 | 3,65 | 0 | 1,53 | 3,7 | 4,9 | 5,75 | 5,03 | 0 | 1,3 | 2,98 | 4,24 | 5,03 | 6,13 |
| | | Φ_M | 346 | 105 | 165 | 165 | 142 | 144 | 461 | 118 | 205 | 228 | 211 | 185 | 447 | 143 | 179 | 186 | 248 | 150 | 397 | 138 | 138 | 182 | 146 | 283 |
| | 0,5 | Φ_z | 0 | 1,02 | 1,65 | 1,62 | 1,53 | 1,3 | 0 | 1,57 | 3,61 | 4,3 | 4,22 | 3,53 | 0 | 1,53 | 3,64 | 4,76 | 5,56 | 4,8 | 0 | 1,3 | 2,91 | 4,09 | 4,8 | 5,91 |
| | | Φ_M | 358 | 109 | 172 | 171 | 148 | 150 | 466 | 118 | 212 | 234 | 216 | 190 | 449 | 142 | 185 | 191 | 253 | 151 | 400 | 138 | 141 | 189 | 148 | 290 |
| 0,25 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 65,6 | 10,7 | 10,6 | 10 | 8,53 | 0 | 10,2 | 23,7 | 28,5 | 28,2 | 23,7 | 0 | 10 | 24,1 | 31,9 | 37,4 | 32,6 | 0 | 8,53 | 19,4 | 27,5 | 32,6 | 39,8 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 1,05 | 1,73 | 1,71 | 1,63 | 1,38 | 0 | 1,65 | 3,85 | 4,65 | 4,61 | 3,89 | 0 | 1,63 | 3,93 | 5,22 | 6,13 | 5,37 | 0 | 1,38 | 3,18 | 4,53 | 5,37 | 6,54 |
| | | Φ_M | 366 | 110 | 172 | 171 | 147 | 149 | 488 | 126 | 214 | 232 | 215 | 189 | 474 | 153 | 190 | 186 | 250 | 149 | 421 | 147 | 148 | 184 | 145 | 287 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,87 | 3,1 | 3,1 | 2,97 | 2,53 | 0 | 2,99 | 7,02 | 8,57 | 8,57 | 7,28 | 0 | 2,97 | 7,25 | 9,76 | 11,5 | 10,2 | 0 | 2,53 | 5,91 | 8,51 | 10,2 | 12,3 |
| | | Φ_M | 648 | 195 | 306 | 304 | 264 | 266 | 879 | 229 | 383 | 424 | 396 | 347 | 860 | 280 | 337 | 346 | 464 | 285 | 763 | 270 | 260 | 337 | 276 | 531 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 1,82 | 3,03 | 3,04 | 2,92 | 2,49 | 0 | 2,93 | 6,9 | 8,46 | 8,49 | 7,23 | 0 | 2,92 | 7,16 | 9,69 | 11,4 | 10,2 | 0 | 2,49 | 5,85 | 8,48 | 10,2 | 12,3 |
| | | Φ_M | 630 | 190 | 297 | 296 | 257 | 258 | 860 | 225 | 374 | 415 | 388 | 340 | 844 | 276 | 329 | 340 | 456 | 282 | 750 | 266 | 253 | 330 | 273 | 521 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 1,58 | 2,64 | 2,66 | 2,56 | 2,19 | 0 | 2,56 | 6,04 | 7,43 | 7,47 | 6,38 | 0 | 2,56 | 6,29 | 8,54 | 10,1 | 8,99 | 0 | 2,19 | 5,15 | 7,48 | 8,99 | 10,8 |
| | | Φ_M | 547 | 165 | 258 | 257 | 223 | 224 | 751 | 197 | 325 | 361 | 339 | 296 | 738 | 242 | 286 | 296 | 398 | 247 | 655 | 233 | 220 | 287 | 239 | 455 |
| | 0,5 | Φ_z | 0 | 1,38 | 2,29 | 2,3 | 2,2 | 1,88 | 0 | 2,21 | 5,19 | 6,35 | 6,35 | 5,4 | 0 | 2,2 | 5,37 | 7,24 | 8,54 | 7,57 | 0 | 1,88 | 4,38 | 6,32 | 7,57 | 9,14 |
| | | Φ_M | 479 | 145 | 227 | 226 | 196 | 197 | 650 | 169 | 284 | 315 | 295 | 258 | 637 | 207 | 250 | 258 | 346 | 213 | 565 | 200 | 192 | 252 | 207 | 396 |
| 0,4 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 6,22 | 10,2 | 10 | 9,5 | 8,06 | 0 | 9,68 | 22,5 | 27 | 26,6 | 22,4 | 0 | 9,5 | 22,8 | 30,1 | 35,3 | 30,7 | 0 | 8,06 | 18,3 | 26 | 30,7 | 37,5 |
| | 0,1 | Φ_z | 0 | 0,99 | 1,63 | 1,61 | 1,53 | 1,3 | 0 | 1,56 | 3,62 | 4,37 | 4,33 | 3,65 | 0 | 1,53 | 3,69 | 4,9 | 5,75 | 5,03 | 0 | 1,3 | 2,98 | 4,24 | 5,03 | 6,13 |
| | | Φ_M | 346 | 104 | 163 | 161 | 139 | 141 | 461 | 118 | 202 | 219 | 203 | 178 | 447 | 144 | 179 | 176 | 236 | 140 | 397 | 138 | 140 | 174 | 136 | 271 |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,73 | 2,86 | 2,86 | 2,74 | 2,33 | 0 | 2,76 | 6,47 | 7,88 | 7,87 | 6,68 | 0 | 2,74 | 6,67 | 8,96 | 10,5 | 9,33 | 0 | 2,33 | 5,43 | 7,81 | 9,33 | 11,3 |
| | | Φ_M | 600 | 181 | 284 | 282 | 245 | 247 | 812 | 211 | 355 | 392 | 366 | 321 | 794 | 258 | 312 | 320 | 429 | 262 | 704 | 248 | 241 | 312 | 255 | 491 |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 1,61 | 2,69 | 2,72 | 2,62 | 2,24 | 0 | 2,61 | 6,19 | 7,62 | 7,68 | 6,56 | 0 | 2,62 | 6,45 | 8,78 | 10,4 | 9,28 | 0 | 2,24 | 5,29 | 7,7 | 9,28 | 11,1 |
| | | Φ_M | 557 | 168 | 262 | 261 | 227 | 228 | 767 | 202 | 331 | 367 | 344 | 301 | 755 | 249 | 291 | 301 | 405 | 251 | 670 | 239 | 225 | 291 | 244 | 462 |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 1,93 | 3,22 | 3,25 | 3,12 | 2,66 | 0 | 3,12 | 7,36 | 9,03 | 9,07 | 7,73 | 0 | 3,12 | 7,65 | 10,4 | 12,2 | 10,9 | 0 | 2,66 | 6,25 | 9,07 | 10,9 | 13,1 |
| | | Φ_M | 670 | 202 | 316 | 315 | 273 | 275 | 916 | 240 | 398 | 441 | 414 | 362 | 899 | 295 | 350 | 362 | 486 | 301 | 799 | 284 | 270 | 351 | 292 | 555 |
| | 0,5 | Φ_z | 0 | 1,25 | 2,1 | 2,14 | 2,06 | 1,77 | 0 | 2,05 | 4,87 | 6,03 | 6,1 | 5,23 | 0 | 2,06 | 5,11 | 6,99 | 8,28 | 7,43 | 0 | 1,77 | 4,21 | 6,15 | 7,43 | 8,91 |
| | | Φ_M | 432 | 130 | 203 | 202 | 176 | 176 | 600 | 159 | 257 | 285 | 268 | 235 | 593 | 197 | 227 | 234 | 316 | 197 | 526 | 189 | 175 | 226 | 191 | 361 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Φ_M | 0 | 7,16 | 11,5 | 11,2 | 10,6 | 8,96 | 0 | 10,8 | 24,9 | 29,5 | 28,8 | 24 | 0 | 10,6 | 24,9 | 32,4 | 37,8 | 32,4 | 0 | 8,96 | 19,9 | 27,7 | 32,4 | 40,1 |
| 0,1 | Φ_z | 0 | 1,02 | 1,65 | 1,62 | 1,53 | 1,3 | 0 | 1,57 | 3,61 | 4,3 | 4,22 | 3,53 | 0 | 1,53 | 3,64 | 4,76 | 5,56 | 4,8 | 0 | 1,3 | 2,91 | 4,09 | 4,8 | 5,91 |
| | Φ_M | 358 | 108 | 170 | 169 | 145 | 147 | 466 | 118 | 209 | 226 | 208 | 184 | 449 | 142 | 184 | 182 | 243 | 142 | 470 | 138 | 143 | 181 | 139 | 279 |
| 0,2 | Φ_z | 0 | 1,36 | 2,25 | 2,24 | 2,14 | 1,82 | 0 | 2,16 | 5,06 | 6,15 | 6,13 | 5,19 | 0 | 2,14 | 5,2 | 6,97 | 8,2 | 7,23 | 0 | 1,82 | 4,23 | 6,06 | 7,23 | 8,77 |
| | Φ_M | 473 | 143 | 224 | 223 | 193 | 195 | 637 | 165 | 280 | 309 | 288 | 252 | 622 | 201 | 246 | 252 | 337 | 206 | 552 | 194 | 190 | 246 | 200 | 386 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 1,61 | 2,66 | 2,65 | 2,53 | 2,15 | 0 | 2,55 | 5,96 | 7,24 | 7,21 | 6,11 | 0 | 2,53 | 6,13 | 8,2 | 9,65 | 8,5 | 0 | 2,15 | 4,98 | 7,13 | 8,5 | 10,3 |
| | Φ_M | 561 | 170 | 267 | 265 | 230 | 232 | 752 | 195 | 333 | 368 | 342 | 300 | 734 | 237 | 292 | 300 | 402 | 245 | 652 | 230 | 224 | 294 | 238 | 460 |
| 0,4 | Φ_z | 0 | 1,25 | 2,1 | 2,14 | 2,06 | 1,77 | 0 | 2,05 | 4,87 | 6,03 | 6,1 | 5,23 | 0 | 2,06 | 5,11 | 6,99 | 8,28 | 7,43 | 0 | 1,77 | 4,21 | 6,15 | 7,43 | 8,91 |
| | Φ_M | 432 | 130 | 203 | 202 | 176 | 176 | 600 | 159 | 257 | 285 | 268 | 235 | 593 | 196 | 227 | 234 | 316 | 197 | 526 | 189 | 175 | 226 | 191 | 361 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 2,19 | 3,62 | 3,62 | 3,47 | 2,96 | 0 | 3,49 | 8,18 | 9,97 | 9,97 | 8,47 | 0 | 3,47 | 8,44 | 11,3 | 13,4 | 11,8 | 0 | 2,96 | 6,88 | 9,9 | 11,8 | 14,3 |
| | Φ_M | 760 | 231 | 361 | 359 | 312 | 314 | 1028 | 267 | 451 | 500 | 467 | 409 | 1005 | 326 | 396 | 409 | 548 | 336 | 893 | 315 | 305 | 400 | 327 | 627 |

8) Плита, заземленная по контуру: $\gamma = 0,05$, $\eta = 1/4$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Φ_M | 0 | 5 | 8,25 | 8,2 | 7,82 | 6,64 | 0 | 7,92 | 18,5 | 22,4 | 22,2 | 18,8 | 0 | 7,82 | 18,9 | 25,3 | 29,7 | 26,1 | 0 | 6,64 | 15,3 | 21,9 | 26,1 | 31,7 |
| 0,1 | Φ_z | 0 | 1,23 | 2,03 | 2,02 | 1,93 | 1,64 | 0 | 1,95 | 4,57 | 5,55 | 5,53 | 4,67 | 0 | 1,93 | 4,69 | 6,28 | 7,38 | 6,5 | 0 | 1,64 | 3,81 | 5,45 | 6,5 | 7,89 |
| | Φ_M | 427 | 129 | 202 | 200 | 173 | 175 | 576 | 149 | 252 | 277 | 257 | 225 | 561 | 181 | 222 | 225 | 301 | 182 | 498 | 174 | 172 | 220 | 177 | 344 |
| 0,2 | Φ_z | 0 | 1,4 | 2,33 | 2,34 | 2,24 | 1,91 | 0 | 2,25 | 5,3 | 6,49 | 6,51 | 5,53 | 0 | 2,24 | 5,49 | 7,42 | 8,75 | 7,77 | 0 | 1,91 | 4,48 | 6,48 | 7,77 | 9,38 |
| | Φ_M | 484 | 146 | 228 | 227 | 197 | 198 | 661 | 172 | 287 | 318 | 298 | 261 | 648 | 212 | 252 | 261 | 349 | 216 | 574 | 204 | 195 | 253 | 209 | 399 |
| 0,1 | Φ_z | 0 | 1,26 | 2,1 | 2,1 | 2,02 | 1,72 | 0 | 2,03 | 4,76 | 5,82 | 5,82 | 4,94 | 0 | 2,02 | 4,92 | 6,63 | 7,81 | 6,91 | 0 | 1,72 | 4,01 | 5,78 | 6,91 | 8,36 |
| | Φ_M | 439 | 132 | 208 | 207 | 180 | 180 | 596 | 155 | 261 | 289 | 270 | 237 | 583 | 190 | 229 | 237 | 317 | 195 | 517 | 183 | 176 | 230 | 190 | 363 |
| 0,4 | Φ_z | 0 | 1,03 | 1,72 | 1,73 | 1,66 | 1,42 | 0 | 1,66 | 3,93 | 4,83 | 4,85 | 4,13 | 0 | 1,66 | 4,08 | 5,54 | 6,54 | 5,82 | 0 | 1,42 | 3,34 | 4,84 | 5,82 | 7,01 |
| | Φ_M | 356 | 107 | 168 | 167 | 145 | 146 | 489 | 128 | 212 | 235 | 221 | 193 | 480 | 157 | 186 | 193 | 259 | 161 | 425 | 151 | 143 | 187 | 156 | 296 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 1,08 | 1,78 | 1,78 | 1,7 | 1,45 | 0 | 1,72 | 4,03 | 4,9 | 4,89 | 4,14 | 0 | 1,7 | 4,14 | 5,56 | 6,55 | 5,78 | 0 | 1,45 | 3,37 | 4,84 | 5,78 | 7 |
| | Φ_M | 374 | 113 | 177 | 176 | 153 | 154 | 506 | 131 | 222 | 247 | 230 | 201 | 494 | 160 | 194 | 202 | 270 | 166 | 438 | 154 | 149 | 196 | 161 | 308 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Φ_M | 0 | 3,84 | 6,4 | 6,43 | 6,17 | 5,26 | 0 | 6,19 | 14,6 | 17,9 | 17,9 | 15,2 | 0 | 6,17 | 15,1 | 20,4 | 24,1 | 21,4 | 0 | 5,26 | 12,3 | 17,9 | 21,4 | 25,8 |
| 0,1 | Φ_z | 0 | 1,09 | 1,82 | 1,83 | 1,76 | 1,5 | 0 | 1,76 | 4,16 | 5,11 | 5,14 | 4,38 | 0 | 1,76 | 4,33 | 5,87 | 6,93 | 6,18 | 0 | 1,5 | 3,54 | 5,14 | 6,18 | 7,43 |
| | Φ_M | 376 | 113 | 176 | 175 | 152 | 152 | 517 | 135 | 222 | 243 | 228 | 199 | 508 | 167 | 197 | 198 | 266 | 163 | 450 | 160 | 153 | 192 | 158 | 305 |
| 0,2 | Φ_z | 0 | 1,9 | 3,2 | 3,25 | 3,14 | 2,68 | 0 | 3,12 | 7,4 | 9,16 | 9,26 | 7,93 | 0 | 3,14 | 7,76 | 10,6 | 12,6 | 11,3 | 0 | 2,68 | 6,38 | 9,33 | 11,3 | 13,5 |
| | Φ_M | 656 | 197 | 307 | 306 | 267 | 267 | 913 | 241 | 390 | 433 | 407 | 356 | 901 | 298 | 344 | 355 | 478 | 299 | 799 | 287 | 266 | 342 | 289 | 546 |
| 0,25 | Φ_z | 0 | 1,84 | 3,11 | 3,16 | 3,05 | 2,61 | 0 | 3,03 | 7,21 | 8,94 | 9,05 | 7,76 | 0 | 3,05 | 7,58 | 10,4 | 12,3 | 11 | 0 | 2,61 | 6,24 | 9,14 | 11 | 13,2 |
| | Φ_M | 636 | 191 | 298 | 296 | 259 | 259 | 887 | 235 | 378 | 420 | 396 | 346 | 876 | 291 | 334 | 346 | 466 | 292 | 777 | 280 | 258 | 333 | 283 | 532 |
| 0,4 | Φ_z | 0 | 1,6 | 2,7 | 2,75 | 2,66 | 2,27 | 0 | 2,63 | 6,28 | 7,79 | 7,9 | 6,79 | 0 | 2,66 | 6,61 | 9,07 | 10,8 | 9,68 | 0 | 2,27 | 5,45 | 7,99 | 9,68 | 11,6 |
| | Φ_M | 550 | 165 | 257 | 256 | 224 | 224 | 770 | 204 | 328 | 364 | 344 | 300 | 762 | 254 | 289 | 300 | 404 | 254 | 676 | 244 | 223 | 288 | 246 | 461 |
| 0,5 | Φ_z | 0 | 1,41 | 2,37 | 2,4 | 2,32 | 1,98 | 0 | 2,3 | 5,47 | 6,77 | 6,84 | 5,86 | 0 | 2,32 | 5,73 | 7,83 | 9,27 | 8,32 | 0 | 1,98 | 4,71 | 6,89 | 8,32 | 9,97 |
| | Φ_M | 486 | 146 | 228 | 227 | 198 | 198 | 674 | 178 | 289 | 321 | 302 | 264 | 666 | 220 | 255 | 264 | 355 | 222 | 590 | 212 | 197 | 255 | 215 | 406 |

| α_0 | | 0,1 | | | | | | 0,25 | | | | | | 0,4 | | | | | | 0,5 | | | | | | | | | | | | |
|------------|---------|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | | | | | | | |
| β_0 | β | Φ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,4 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Φ_M | | | 0 | 3,64 | 6,07 | 6,1 | 5,85 | 4,98 | 0 | 5,87 | 13,8 | 16,9 | 17 | 14,4 | 0 | 5,85 | 14,3 | 19,4 | 22,8 | 20,3 | 0 | 4,98 | 11,7 | 16,9 | 20,3 | 24,5 | | | | | | |
| 0,1 | | Φ_z | 0 | 1,03 | 1,72 | 1,73 | 1,66 | 1,42 | 0 | 1,66 | 3,93 | 4,83 | 4,85 | 4,13 | 0 | 1,66 | 4,08 | 5,54 | 6,54 | 5,82 | 0 | 1,42 | 3,34 | 4,84 | 5,82 | 7,01 | | | | | | |
| | | Φ_M | 356 | 107 | 167 | 165 | 144 | 144 | 489 | 128 | 210 | 230 | 215 | 188 | 480 | 158 | 186 | 187 | 252 | 154 | 425 | 151 | 145 | 182 | 150 | 188 | | | | | | |
| 0,2 | | Φ_z | 0 | 1,77 | 2,97 | 3,01 | 2,9 | 2,48 | 0 | 2,89 | 6,85 | 8,47 | 8,55 | 7,32 | 0 | 2,9 | 7,17 | 9,79 | 11,6 | 10,4 | 0 | 2,48 | 5,89 | 8,6 | 10,4 | 12,4 | | | | | | |
| | | Φ_M | 610 | 183 | 286 | 284 | 248 | 248 | 846 | 223 | 362 | 402 | 378 | 330 | 834 | 276 | 320 | 330 | 444 | 277 | 740 | 265 | 247 | 318 | 268 | 507 | | | | | | |
| 0,3 | | Φ_z | 0 | 1,62 | 2,74 | 2,8 | 2,71 | 2,32 | 0 | 2,68 | 6,39 | 7,94 | 8,06 | 6,93 | 0 | 2,71 | 6,73 | 9,25 | 11 | 9,89 | 0 | 2,32 | 5,56 | 8,16 | 9,89 | 11,8 | | | | | | |
| | | Φ_M | 559 | 168 | 261 | 260 | 227 | 227 | 783 | 208 | 333 | 370 | 349 | 305 | 775 | 259 | 294 | 304 | 410 | 258 | 688 | 248 | 227 | 292 | 250 | 468 | | | | | | |
| 0,4 | | Φ_z | 0 | 1,96 | 3,3 | 3,36 | 3,25 | 2,78 | 0 | 3,22 | 7,67 | 9,51 | 9,63 | 8,27 | 0 | 3,25 | 8,06 | 11 | 13,1 | 11,8 | 0 | 2,78 | 6,64 | 9,73 | 11,8 | 14,1 | | | | | | |
| | | Φ_M | 675 | 203 | 316 | 315 | 275 | 275 | 942 | 250 | 402 | 447 | 421 | 368 | 932 | 310 | 355 | 368 | 495 | 311 | 826 | 297 | 274 | 353 | 301 | 565 | | | | | | |
| 0,5 | | Φ_z | 0 | 1,25 | 2,12 | 2,17 | 2,11 | 1,8 | 0 | 2,08 | 4,97 | 6,19 | 6,29 | 5,42 | 0 | 2,11 | 5,25 | 7,24 | 8,59 | 7,76 | 0 | 1,8 | 4,34 | 6,4 | 7,76 | 9,26 | | | | | | |
| | | Φ_M | 431 | 129 | 201 | 200 | 175 | 175 | 607 | 162 | 257 | 285 | 270 | 236 | 602 | 202 | 227 | 235 | 317 | 200 | 534 | 193 | 176 | 225 | 194 | 362 | | | | | | |
| 0,5 | | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| | | | Φ_M | 0 | 4,28 | 7,06 | 7,03 | 6,71 | 5,7 | 0 | 6,78 | 15,9 | 19,2 | 19,1 | 16,2 | 0 | 6,71 | 16,3 | 21,7 | 25,5 | 22,5 | 0 | 5,7 | 13,2 | 18,8 | 22,5 | 27,3 | | | | | |
| | | 0,1 | Φ_z | 0 | 1,08 | 1,78 | 1,78 | 1,7 | 1,45 | 0 | 1,72 | 4,03 | 4,9 | 4,89 | 4,14 | 0 | 1,7 | 4,14 | 5,56 | 6,55 | 5,78 | 0 | 1,45 | 3,37 | 4,84 | 5,78 | 7 | | | | | |
| | | | Φ_M | 374 | 112 | 176 | 175 | 151 | 153 | 506 | 131 | 221 | 242 | 225 | 197 | 494 | 160 | 195 | 196 | 263 | 160 | 438 | 154 | 151 | 192 | 155 | 301 | | | | | |
| | 0,2 | Φ_z | 0 | 1,4 | 2,34 | 2,37 | 2,28 | 1,95 | 0 | 2,28 | 5,39 | 6,65 | 6,7 | 5,73 | 0 | 2,28 | 5,63 | 7,67 | 9,07 | 8,11 | 0 | 1,95 | 4,62 | 6,73 | 8,11 | 9,74 | | | | | | |
| | | Φ_M | 483 | 145 | 227 | 225 | 196 | 197 | 667 | 176 | 287 | 318 | 299 | 261 | 657 | 217 | 253 | 261 | 351 | 218 | 583 | 208 | 195 | 252 | 211 | 400 | | | | | | |
| | 0,3 | Φ_z | 0 | 1,66 | 2,78 | 2,8 | 2,7 | 2,3 | 0 | 2,69 | 6,37 | 7,84 | 7,89 | 6,74 | 0 | 2,7 | 6,64 | 9,02 | 10,7 | 9,52 | 0 | 2,3 | 5,44 | 7,91 | 9,52 | 11,4 | | | | | | |
| | | Φ_M | 574 | 173 | 270 | 269 | 234 | 235 | 790 | 207 | 341 | 379 | 356 | 311 | 777 | 256 | 300 | 311 | 417 | 259 | 689 | 246 | 232 | 301 | 251 | 477 | | | | | | |
| | 0,4 | Φ_z | 0 | 1,25 | 2,12 | 2,17 | 2,11 | 1,8 | 0 | 2,08 | 4,97 | 6,19 | 6,29 | 5,42 | 0 | 2,11 | 5,25 | 7,24 | 8,59 | 7,76 | 0 | 1,8 | 4,34 | 6,4 | 7,76 | 9,26 | | | | | | |
| | | Φ_M | 431 | 129 | 201 | 200 | 175 | 175 | 607 | 162 | 257 | 285 | 270 | 236 | 602 | 202 | 227 | 235 | 317 | 200 | 534 | 193 | 176 | 225 | 194 | 362 | | | | | | |
| | 0,5 | Φ_z | 0 | 2,24 | 3,76 | 3,81 | 3,67 | 3,13 | 0 | 3,66 | 8,67 | 10,7 | 10,8 | 9,23 | 0 | 3,67 | 9,06 | 12,3 | 14,6 | 13,1 | 0 | 3,13 | 7,44 | 10,8 | 13,1 | 15,7 | | | | | | |
| | | Φ_M | 774 | 233 | 364 | 362 | 316 | 316 | 1070 | 282 | 461 | 512 | 481 | 421 | 1056 | 348 | 406 | 421 | 565 | 352 | 936 | 335 | 313 | 406 | 342 | 646 | | | | | | |

II. Равномерно распределенный импульс

Плита, опертая по контуру

| η | β | Φ | $\gamma = 0,1$ | | | | | $\gamma = 0,05$ | | | | | |
|--------|----------|----------|-------------------|------|------|------|------|-------------------|------|------|------|-------|-------|
| | | | значения α | | | | | значения α | | | | | |
| | | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | |
| 1 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0,1 | Φ_z | 0,19 | 0,34 | 0,44 | 0,52 | 0,57 | 0,22 | 0,37 | 0,48 | 0,56 | 0,62 | 0,62 |
| | | Φ_M | 5,87 | 7,19 | 7,95 | 8,7 | 11,5 | 7,9 | 8,62 | 9,89 | 10,1 | 14,3 | 14,3 |
| | 0,2 | Φ_z | 0,34 | 0,61 | 0,79 | 0,93 | 1,01 | 0,37 | 0,65 | 0,84 | 0,99 | 1,1 | 1,1 |
| | | Φ_M | 9,3 | 11,6 | 12,8 | 14,1 | 18,4 | 11,8 | 13,2 | 15,1 | 15,6 | 21,7 | 21,7 |
| | 0,3 | Φ_z | 0,44 | 0,79 | 1,03 | 1,22 | 1,31 | 0,48 | 0,84 | 1,1 | 1,29 | 1,4 | 1,4 |
| | | Φ_M | 11,4 | 14,4 | 15,9 | 17,7 | 22,9 | 14,4 | 16,4 | 18,7 | 19,5 | 26,8 | 26,8 |
| | 0,4 | Φ_z | 0,52 | 0,93 | 1,22 | 1,44 | 1,55 | 0,56 | 0,99 | 1,29 | 1,51 | 1,64 | 1,64 |
| | | Φ_M | 13,3 | 16,8 | 18,6 | 20,6 | 26,7 | 16,5 | 18,9 | 21,5 | 22,4 | 30,8 | 30,8 |
| 0,5 | Φ_z | 0,57 | 1,01 | 1,31 | 1,55 | 1,67 | 0,62 | 1,08 | 1,4 | 1,64 | 1,79 | 1,79 | |
| | Φ_M | 15,1 | 18,9 | 21 | 23,2 | 30,1 | 19,3 | 21,7 | 24,8 | 25,7 | 35,6 | 35,6 | |
| 1/2 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0,1 | Φ_z | 0,22 | 0,4 | 0,52 | 0,62 | 0,66 | 0,24 | 0,43 | 0,56 | 0,66 | 0,72 | 0,72 |
| | | Φ_M | 4,56 | 6,4 | 7,13 | 8,26 | 10 | 6,17 | 7,59 | 8,57 | 9,33 | 12,2 | 12,2 |
| | 0,2 | Φ_z | 0,35 | 0,64 | 0,86 | 1,01 | 1,08 | 0,38 | 0,69 | 0,91 | 1,07 | 1,15 | 1,15 |
| | | Φ_M | 6,59 | 9,47 | 10,7 | 12,5 | 14,9 | 8,52 | 10,9 | 12,4 | 13,7 | 17,5 | 17,5 |
| | 0,3 | Φ_z | 0,44 | 0,8 | 1,07 | 1,26 | 1,34 | 0,47 | 0,85 | 1,13 | 1,33 | 1,42 | 1,42 |
| | | Φ_M | 7,98 | 11,5 | 13,1 | 15,3 | 18,3 | 10,3 | 13,2 | 15,2 | 16,8 | 21,4 | 21,4 |
| | 0,4 | Φ_z | 0,51 | 0,94 | 1,25 | 1,48 | 1,57 | 0,55 | 0,99 | 1,31 | 1,55 | 1,66 | 1,66 |
| | | Φ_M | 9,08 | 13,2 | 15,1 | 17,6 | 20,9 | 11,5 | 15 | 17,2 | 19,1 | 24,1 | 24,1 |
| 0,5 | Φ_z | 0,57 | 1,05 | 1,4 | 1,65 | 1,76 | 0,62 | 1,12 | 1,48 | 1,75 | 1,87 | 1,87 | |
| | Φ_M | 10,8 | 15,5 | 17,5 | 20,4 | 24,4 | 14,0 | 17,8 | 20,4 | 22,4 | 28,7 | 28,7 | |
| 1/3 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0,1 | Φ_z | 0,25 | 0,46 | 0,61 | 0,72 | 0,77 | 0,27 | 0,5 | 0,65 | 0,77 | 0,83 | 0,83 |
| | | Φ_M | 4,62 | 6,76 | 7,64 | 8,95 | 10,6 | 6,12 | 7,9 | 8,96 | 9,96 | 12,7 | 12,7 |
| | 0,2 | Φ_z | 0,37 | 0,69 | 0,92 | 1,09 | 1,16 | 0,4 | 0,73 | 0,97 | 1,15 | 1,23 | 1,23 |
| | | Φ_M | 6,29 | 9,41 | 10,8 | 12,7 | 14,9 | 8,07 | 10,7 | 12,4 | 13,8 | 17,3 | 17,3 |
| | 0,3 | Φ_z | 0,45 | 0,84 | 1,12 | 1,32 | 1,4 | 0,49 | 0,89 | 1,18 | 1,39 | 1,49 | 1,49 |
| | | Φ_M | 7,57 | 11,3 | 13,1 | 15,3 | 18 | 9,75 | 13 | 14,9 | 16,7 | 20,9 | 20,9 |
| | 0,4 | Φ_z | 0,52 | 0,96 | 1,29 | 1,52 | 1,62 | 0,56 | 1,02 | 1,35 | 1,6 | 1,71 | 1,71 |
| | | Φ_M | 8,44 | 12,7 | 14,8 | 17,3 | 20,2 | 10,7 | 14,4 | 16,7 | 18,8 | 23,2 | 23,2 |
| 0,5 | Φ_z | 0,61 | 1,12 | 1,5 | 1,77 | 1,88 | 0,66 | 1,19 | 1,58 | 1,87 | 2 | 2 | |
| | Φ_M | 10,3 | 15,4 | 17,7 | 20,7 | 24,4 | 13,3 | 17,6 | 20,3 | 22,7 | 28,4 | 28,4 | |
| 1/4 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0,1 | Φ_z | 0,28 | 0,51 | 0,69 | 0,81 | 0,86 | 0,3 | 0,55 | 0,73 | 0,86 | 0,92 | 0,92 |
| | | Φ_M | 4,79 | 7,16 | 8,18 | 9,62 | 11,3 | 6,26 | 8,28 | 9,46 | 10,6 | 13,34 | 13,34 |
| | 0,2 | Φ_z | 0,39 | 0,73 | 0,97 | 1,15 | 1,22 | 0,42 | 0,77 | 1,02 | 1,21 | 1,29 | 1,29 |
| | | Φ_M | 6,27 | 9,55 | 11,1 | 13 | 15,1 | 8 | 10,9 | 12,6 | 14,2 | 17,4 | 17,4 |
| | 0,3 | Φ_z | 0,47 | 0,87 | 1,16 | 1,37 | 1,46 | 0,5 | 0,92 | 1,23 | 1,44 | 1,54 | 1,54 |
| | | Φ_M | 7,54 | 11,5 | 13,3 | 15,6 | 18,2 | 9,65 | 13,1 | 15,1 | 17 | 21 | 21 |
| | 0,4 | Φ_z | 0,53 | 0,99 | 1,32 | 1,56 | 1,66 | 0,57 | 1,04 | 1,39 | 1,63 | 1,74 | 1,74 |
| | | Φ_M | 8,27 | 12,7 | 14,8 | 17,4 | 20,1 | 10,5 | 14,3 | 16,7 | 18,8 | 23,1 | 23,1 |
| 0,5 | Φ_z | 0,64 | 1,18 | 1,58 | 1,87 | 1,99 | 0,69 | 1,25 | 1,67 | 1,97 | 2,1 | 2,1 | |
| | Φ_M | 10,3 | 15,7 | 18,1 | 21,3 | 24,8 | 13,2 | 17,9 | 20,7 | 23,3 | 28,7 | 28,7 | |

Плита, двумя краями, параллельными оси y , свободно опертая, двумя другими защемленная

| η | β | Φ | $\gamma = 0,1$ | | | | | $\gamma = 0,05$ | | | | | |
|--------|---------|----------|-------------------|------|------|------|------|-------------------|------|------|------|------|---|
| | | | значения α | | | | | значения α | | | | | |
| | | | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | |
| 1 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Φ_M | 4,91 | 8,02 | 9,96 | 11,7 | 13,1 | 5,9 | 9,29 | 11,5 | 13,3 | 15,2 | |
| | 0,1 | Φ_z | 0,11 | 0,18 | 0,22 | 0,26 | 0,29 | 0,13 | 0,2 | 0,25 | 0,29 | 0,33 | |
| | | Φ_M | 4,32 | 4,29 | 4,93 | 4,74 | 7,21 | 5,94 | 5,34 | 6,49 | 5,74 | 9,39 | |
| | 0,2 | Φ_z | 0,29 | 0,49 | 0,62 | 0,73 | 0,8 | 0,32 | 0,53 | 0,67 | 0,78 | 0,87 | |
| | | Φ_M | 10,9 | 11,2 | 12,1 | 12,0 | 18,2 | 14 | 13,2 | 15 | 13,8 | 22,2 | |
| | 0,3 | Φ_z | 0,45 | 0,77 | 0,98 | 1,15 | 1,27 | 0,49 | 0,82 | 1,04 | 1,22 | 1,36 | |
| | | Φ_M | 16,3 | 17,8 | 19,4 | 20 | 28,7 | 20,3 | 20,3 | 23,1 | 22,4 | 33,9 | |
| | 0,4 | Φ_z | 0,57 | 0,98 | 1,25 | 1,47 | 1,61 | 0,61 | 1,04 | 1,32 | 1,55 | 1,7 | |
| | | Φ_M | 19,7 | 21,9 | 23,9 | 24,9 | 35,2 | 23,6 | 24,3 | 27,4 | 27 | 40,2 | |
| | 0,5 | Φ_z | 0,66 | 1,12 | 1,42 | 1,67 | 1,84 | 0,72 | 1,2 | 1,51 | 1,78 | 1,97 | |
| | | Φ_M | 24,3 | 26,9 | 29,5 | 30,7 | 43,4 | 30 | 30,5 | 34,8 | 34 | 50,9 | |
| 1/2 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 1,43 | 2,52 | 3,26 | 3,86 | 4,17 | 1,68 | 2,88 | 3,67 | 4,33 | 4,74 | |
| | 0,1 | Φ_z | 0,12 | 0,21 | 0,27 | 0,32 | 0,35 | 0,13 | 0,23 | 0,3 | 0,35 | 0,39 | |
| | | Φ_M | 2,58 | 3,1 | 3,12 | 3,49 | 4,74 | 3,79 | 3,94 | 4,18 | 4,22 | 6,32 | |
| | 0,2 | Φ_z | 0,29 | 0,52 | 0,68 | 0,81 | 0,86 | 0,32 | 0,56 | 0,73 | 0,86 | 0,93 | |
| | | Φ_M | 6,33 | 8,45 | 9,21 | 10,5 | 13,2 | 8,47 | 9,96 | 11,1 | 11,9 | 16 | |
| | 0,3 | Φ_z | 0,42 | 0,77 | 1,01 | 1,19 | 1,28 | 0,46 | 0,82 | 1,08 | 1,27 | 1,37 | |
| | | Φ_M | 8,81 | 12,1 | 13,5 | 15,5 | 19,1 | 11,5 | 14 | 15,9 | 17,2 | 22,7 | |
| | 0,4 | Φ_z | 0,51 | 0,94 | 1,25 | 1,47 | 1,57 | 0,55 | 1 | 1,31 | 1,54 | 1,66 | |
| | | Φ_M | 10,1 | 14,1 | 15,9 | 18,4 | 22,3 | 12,8 | 16 | 18,3 | 20 | 25,8 | |
| | 0,5 | Φ_z | 0,61 | 1,11 | 1,47 | 1,73 | 1,86 | 0,67 | 1,19 | 1,56 | 1,84 | 1,98 | |
| | | Φ_M | 12,8 | 17,7 | 19,8 | 22,8 | 28 | 16,7 | 20,5 | 23,3 | 25,2 | 33,1 | |
| 1/3 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0,83 | 1,5 | 1,97 | 2,33 | 2,5 | 0,95 | 1,67 | 2,17 | 2,56 | 2,77 | |
| | 0,1 | Φ_z | 0,15 | 0,26 | 0,35 | 0,41 | 0,44 | 0,16 | 0,29 | 0,38 | 0,45 | 0,48 | |
| | | Φ_M | 2,82 | 3,84 | 4,11 | 4,78 | 5,94 | 3,94 | 4,67 | 5,09 | 5,5 | 7,43 | |
| | 0,2 | Φ_z | 0,32 | 0,59 | 0,78 | 0,93 | 0,99 | 0,35 | 0,63 | 0,84 | 0,98 | 1,06 | |
| | | Φ_M | 5,98 | 8,61 | 9,64 | 11,3 | 13,5 | 7,9 | 10 | 11,3 | 12,5 | 16,1 | |
| | 0,3 | Φ_z | 0,45 | 0,82 | 1,09 | 1,29 | 1,37 | 0,48 | 0,87 | 1,16 | 1,36 | 1,46 | |
| | | Φ_M | 8,01 | 11,7 | 13,3 | 15,6 | 18,5 | 10,4 | 13,5 | 15,4 | 17,1 | 21,7 | |
| | 0,4 | Φ_z | 0,52 | 0,96 | 1,28 | 1,51 | 1,61 | 0,56 | 1,01 | 1,35 | 1,59 | 1,7 | |
| | | Φ_M | 8,78 | 13,1 | 15 | 17,6 | 20,7 | 11,2 | 14,8 | 17,1 | 19,1 | 23,9 | |
| | 0,5 | Φ_z | 0,64 | 1,19 | 1,58 | 1,86 | 1,99 | 0,7 | 1,26 | 1,67 | 1,97 | 2,11 | |
| | | Φ_M | 11,5 | 17 | 19,3 | 22,6 | 26,8 | 15 | 19,5 | 22,3 | 24,8 | 31,3 | |
| 1/4 | 0 | Φ_z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0,58 | 1,06 | 1,4 | 1,65 | 1,76 | 0,64 | 1,15 | 1,51 | 1,78 | 1,92 | |
| | 0,1 | Φ_z | 0,17 | 0,32 | 0,42 | 0,5 | 0,53 | 0,19 | 0,34 | 0,45 | 0,53 | 0,57 | |
| | | Φ_M | 3,1 | 4,44 | 4,9 | 5,75 | 6,91 | 4,19 | 5,26 | 5,85 | 6,46 | 8,38 | |
| | 0,2 | Φ_z | 0,36 | 0,65 | 0,87 | 1,03 | 1,1 | 0,39 | 0,7 | 0,93 | 1,09 | 1,17 | |
| | | Φ_M | 6,08 | 9,03 | 10,3 | 12,1 | 14,2 | 7,92 | 10,4 | 11,9 | 13,3 | 16,7 | |
| | 0,3 | Φ_z | 0,47 | 0,87 | 1,17 | 1,38 | 1,47 | 0,51 | 0,93 | 1,23 | 1,45 | 1,56 | |
| | | Φ_M | 7,96 | 11,9 | 13,7 | 16,1 | 18,9 | 10,3 | 13,7 | 15,7 | 17,6 | 22 | |
| | 0,4 | Φ_z | 0,53 | 0,98 | 1,32 | 1,55 | 1,65 | 0,57 | 1,04 | 1,38 | 1,63 | 1,74 | |
| | | Φ_M | 8,47 | 12,9 | 15 | 17,6 | 20,5 | 10,7 | 14,6 | 16,9 | 19,1 | 23,5 | |
| | 0,5 | Φ_z | 0,68 | 1,26 | 1,68 | 1,99 | 2,11 | 0,74 | 1,34 | 1,78 | 2,09 | 2,24 | |
| | | Φ_M | 11,4 | 17,1 | 19,7 | 23,2 | 27,1 | 14,7 | 19,6 | 22,6 | 25,4 | 31,5 | |

Плита, защемленная по контуру

| η | β | Φ | $\gamma=0,1$ | | | | | | $\gamma=0,05$ | | | | | | |
|--------|---------|----------|-------------------|------|------|------|------|------|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | | значения α | | | | | | значения α | | | | | | |
| | | | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | |
| 1 | 0 | Φ_Z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | Φ_M | 0 | 3,03 | 7,41 | 10,8 | 13,1 | 15,6 | 0 | 3,78 | 8,77 | 12,5 | 14,9 | 18,1 | |
| | 0,1 | Φ_Z | 0 | 0,06 | 0,16 | 0,23 | 0,28 | 0,34 | 0 | 0,08 | 0,18 | 0,26 | 0,32 | 0,38 | |
| | | Φ_M | 18,2 | 6,89 | 7,61 | 7,75 | 5,8 | 10,6 | 22,7 | 8,44 | 9,61 | 10,3 | 7,31 | 14,1 | |
| | 0,2 | Φ_Z | 0 | 0,16 | 0,41 | 0,61 | 0,76 | 0,89 | 0 | 0,18 | 0,45 | 0,67 | 0,82 | 0,97 | |
| | | Φ_M | 44,4 | 16,5 | 15,2 | 19,1 | 19,6 | 32,4 | 52,6 | 19,4 | 18,7 | 23,8 | 22,4 | 38,9 | |
| | 0,3 | Φ_Z | 0 | 0,23 | 0,61 | 0,94 | 1,18 | 1,36 | 0 | 0,26 | 0,67 | 1,01 | 1,25 | 1,46 | |
| | | Φ_M | 64,6 | 24,4 | 20 | 28,2 | 30,5 | 48,2 | 75 | 28 | 24,6 | 34,2 | 34,1 | 56,6 | |
| | 0,4 | Φ_Z | 0 | 0,28 | 0,76 | 1,18 | 1,48 | 1,71 | 0 | 0,32 | 0,82 | 1,25 | 1,56 | 1,81 | |
| | | Φ_M | 78,7 | 29,9 | 22,5 | 33,2 | 37 | 57,6 | 89,5 | 33,6 | 26,9 | 39 | 40,3 | 65,7 | |
| | 0,5 | Φ_Z | 0 | 0,34 | 0,89 | 1,36 | 1,71 | 1,98 | 0 | 0,38 | 0,97 | 1,46 | 1,81 | 2,12 | |
| | | Φ_M | 93,8 | 35,3 | 28,6 | 42,1 | 45,8 | 71,8 | 109 | 40,5 | 35 | 50,6 | 51 | 83,7 | |
| | 1/2 | 0 | Φ_Z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | Φ_M | 0 | 1,07 | 2,88 | 4,42 | 5,58 | 6,43 | 0 | 1,27 | 3,26 | 4,92 | 6,1 | 7,14 |
| 0,1 | | Φ_Z | 0 | 0,08 | 0,22 | 0,34 | 0,43 | 0,5 | 0 | 0,09 | 0,25 | 0,38 | 0,47 | 0,55 | |
| | | Φ_M | 22 | 8,56 | 6,55 | 7,87 | 9,03 | 14,3 | 26,6 | 10,1 | 8,38 | 10,2 | 10,4 | 17,6 | |
| 0,2 | | Φ_Z | 0 | 0,17 | 0,48 | 0,76 | 0,96 | 1,1 | 0 | 0,19 | 0,52 | 0,81 | 1,03 | 1,18 | |
| | | Φ_M | 45,8 | 18,3 | 11,9 | 17,3 | 21,2 | 31,6 | 53,6 | 20,8 | 15 | 21,3 | 23,6 | 37,2 | |
| 0,3 | | Φ_Z | 0 | 0,23 | 0,65 | 1,03 | 1,32 | 1,5 | 0 | 0,26 | 0,71 | 1,11 | 1,4 | 1,61 | |
| | | Φ_M | 61,3 | 24,8 | 15,6 | 23,1 | 28,8 | 42,4 | 71,2 | 28,1 | 19,5 | 28,1 | 31,8 | 49,5 | |
| 0,4 | | Φ_Z | 0 | 0,26 | 0,75 | 1,2 | 1,54 | 1,75 | 0 | 0,29 | 0,81 | 1,27 | 1,62 | 1,85 | |
| | | Φ_M | 69,2 | 28,5 | 16,7 | 24,9 | 32 | 46,5 | 78,9 | 31,7 | 20,6 | 29,7 | 34,9 | 53,4 | |
| 0,5 | | Φ_Z | 0 | 0,33 | 0,94 | 1,5 | 1,92 | 2,18 | 0 | 0,37 | 1,02 | 1,6 | 2,03 | 2,32 | |
| | | Φ_M | 88,4 | 35,8 | 22,1 | 33,4 | 41,8 | 61,3 | 102 | 40,4 | 27,6 | 40,4 | 46,1 | 71,3 | |
| 1/3 | | 0 | Φ_Z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | Φ_M | 0 | 0,62 | 1,74 | 2,75 | 3,51 | 4 | 0 | 0,72 | 1,92 | 2,98 | 3,75 | 4,32 |
| | 0,1 | Φ_Z | 0 | 0,1 | 0,29 | 0,45 | 0,58 | 0,66 | 0 | 0,12 | 0,31 | 0,49 | 0,62 | 0,71 | |
| | | Φ_M | 27 | 10,9 | 7,03 | 9,55 | 11,9 | 17,8 | 31,7 | 12,4 | 8,87 | 11,8 | 13,2 | 21 | |
| | 0,2 | Φ_Z | 0 | 0,19 | 0,55 | 0,89 | 1,14 | 1,29 | 0 | 0,22 | 0,6 | 0,94 | 1,2 | 1,37 | |
| | | Φ_M | 51 | 21 | 12,4 | 18,2 | 23,5 | 34,2 | 58,8 | 23,5 | 15,4 | 22,1 | 25,8 | 39,6 | |
| | 0,3 | Φ_Z | 0 | 0,25 | 0,72 | 1,15 | 1,48 | 1,67 | 0 | 0,28 | 0,77 | 1,22 | 1,56 | 1,77 | |
| | | Φ_M | 65,7 | 27,2 | 15,8 | 23,5 | 30,4 | 44,1 | 75,5 | 30,4 | 19,6 | 28,3 | 33,3 | 51 | |
| | 0,4 | Φ_Z | 0 | 0,27 | 0,77 | 1,25 | 1,61 | 1,82 | 0 | 0,3 | 0,83 | 1,32 | 1,69 | 1,92 | |
| | | Φ_M | 70 | 29,4 | 16,5 | 24,2 | 32 | 46 | 79,7 | 32,5 | 20,3 | 28,9 | 34,8 | 52,7 | |
| | 0,5 | Φ_Z | 0 | 0,36 | 1,03 | 1,65 | 2,12 | 2,4 | 0 | 0,4 | 1,11 | 1,75 | 2,23 | 2,55 | |
| | | Φ_M | 94 | 38,9 | 22,4 | 33,5 | 43,6 | 63,0 | 108 | 43,5 | 27,8 | 40,4 | 47,7 | 72,8 | |
| | 1/4 | 0 | Φ_Z | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | Φ_M | 0 | 0,41 | 1,16 | 1,85 | 2,37 | 2,69 | 0 | 0,46 | 1,26 | 1,98 | 2,51 | 2,87 |
| 0,1 | | Φ_Z | 0 | 0,11 | 0,33 | 0,52 | 0,67 | 0,76 | 0 | 0,13 | 0,35 | 0,56 | 0,71 | 0,81 | |
| | | Φ_M | 30,2 | 12,4 | 7,48 | 10,5 | 13,5 | 19,8 | 34,9 | 14 | 9,33 | 12,8 | 14,8 | 23 | |
| 0,2 | | Φ_Z | 0 | 0,21 | 0,6 | 0,96 | 1,24 | 1,4 | 0 | 0,23 | 0,64 | 1,02 | 1,3 | 1,48 | |
| | | Φ_M | 54,2 | 22,6 | 12,9 | 18,8 | 24,7 | 35,6 | 62 | 25,2 | 15,9 | 22,6 | 27 | 41,1 | |
| 0,3 | | Φ_Z | 0 | 0,26 | 0,76 | 1,22 | 1,58 | 1,78 | 0 | 0,29 | 0,82 | 1,3 | 1,66 | 1,89 | |
| | | Φ_M | 68,8 | 28,8 | 16,3 | 23,9 | 31,6 | 45,4 | 78,7 | 32 | 20,1 | 28,7 | 34,4 | 52,3 | |
| 0,4 | | Φ_Z | 0 | 0,27 | 0,79 | 1,28 | 1,65 | 1,86 | 0 | 0,3 | 0,84 | 1,35 | 1,73 | 1,96 | |
| | | Φ_M | 70,9 | 30 | 16,6 | 24 | 32,2 | 46 | 80,5 | 33,1 | 20,3 | 28,7 | 34,9 | 52,7 | |
| 0,5 | | Φ_Z | 0 | 0,37 | 1,08 | 1,75 | 2,25 | 2,54 | 0 | 0,42 | 1,16 | 1,85 | 2,36 | 2,69 | |
| | | Φ_M | 97,9 | 41 | 23 | 34 | 44,9 | 64,5 | 112 | 45,5 | 28,5 | 40,7 | 48,9 | 74,1 | |

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

Пример 1. РАСЧЕТ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ ПОД ШТАМПАВТОМАТЫ

1. Задание

На сборном железобетонном перекрытии устанавливаются штамповочные автоматы карусельного типа, штамплующие однотипные латунные детали, а также соединенные с ними транспортерами рубильные станки, разрезающие латунную ленту на заготовки для этих деталей.

По данным технологов штамповочные автоматы относятся ко второму классу по чувствительности к колебаниям. Требуется проверить колебания перекрытия, возникающие при действии рубильных станков и штамповочных автоматов, с точки зрения их безвредного влияния на обслуживающий персонал и на работу штамповочных автоматов.

План и поперечные разрезы перекрытия, а также намеченная проектом схема расположения оборудования показаны на рис. 14. Рубильные станки расположены на балках, являющихся более жесткими элементами перекрытия, исходя из предположения, что они более динамичны, чем штамповочные автоматы.

Данные по перекрытию. На поперечные железобетонные балки, свободно опирающиеся одним концом на кирпичные стены, другим на железобетонные колонны, уложены железобетонные пустотелые плиты. Соединения элементов не обеспечивают монолитности стыков. Модуль $E_b = 290\,000 \text{ кг/см}^2$.

Расстояние между центрами опор балки $l = 5,70 \text{ м}$.

Высота балки $h = 75 \text{ см}$.

Ширина балки $b = 30 \text{ см}$.

Жесткость балки $D = E_b I = 30,7 \cdot 10^6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ (п. 3.4).

Погонный вес балки $q_0 = 542 \text{ кг/м}$.

Длина плиты 6 м.

Пролет плиты (расстояние между центрами опор) $l = 5,85 \text{ м}$.

Ширина плиты $b = 200 \text{ см}$.

Приведенная высота плиты по моменту инерции сечения $h' = 20 \text{ см}$.

Приведенная высота плиты по площади сечения $h'' = 12 \text{ см}$.

Жесткость плиты $D = 3,85 \cdot 10^6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Погонный вес плиты вместе с полом $q_0 = 880 \text{ кг/м}$.

Данные по рубильному станку. Кинематическая схема рубильного станка показана на рис. 15. При медленном вращении маховика его палец входит в прямолинейную выточку кулисы, вследствие чего кулиса за время, равное $1/6$ оборота маховика, совершает возвратно-поступательное движение. В верхнем положении кулиса упирается в ограничитель и

удерживается пружиной. С кулисой соединены семь ножей, которые в нижнем ее положении входят в прорезы в направляющем лотке и перерезают на семь частей участок ленты, лежащий в лотке. Эти заготовки проталкиваются по транспортеру к штамповочному пе-

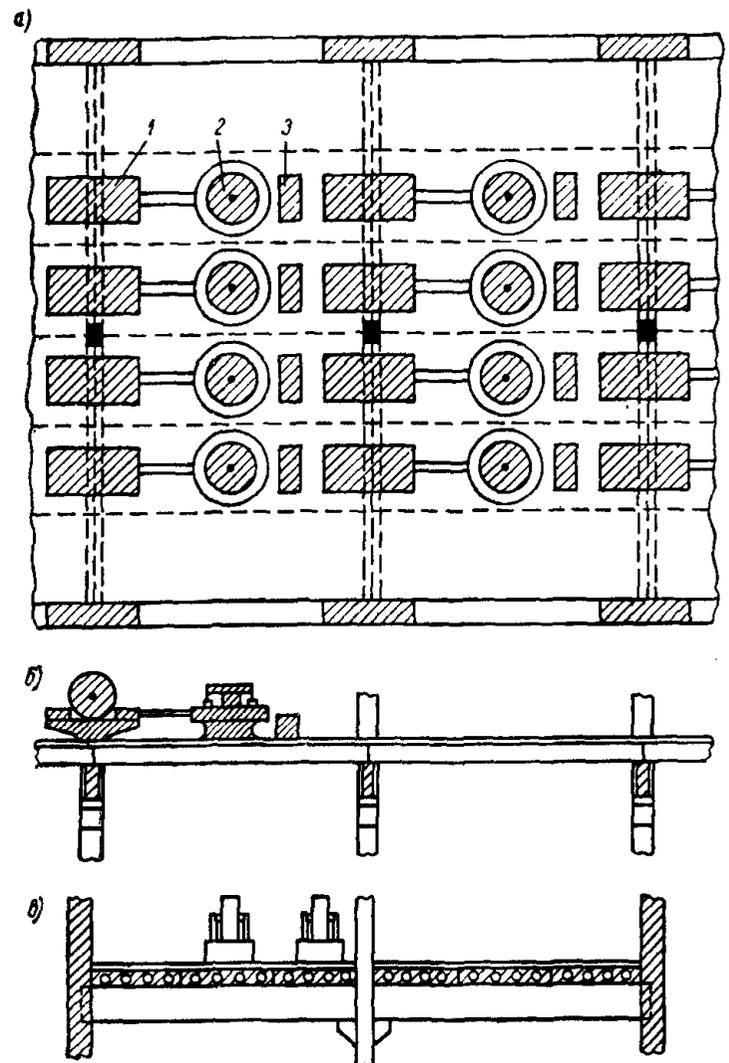


Рис. 14. Эскиз перекрытия и план расположения оборудования

а — план перекрытия: 1 — рубильные станки; 2 — штамповочные автоматы; 3 — приемники деталей; б — продольный разрез; в — поперечный разрез

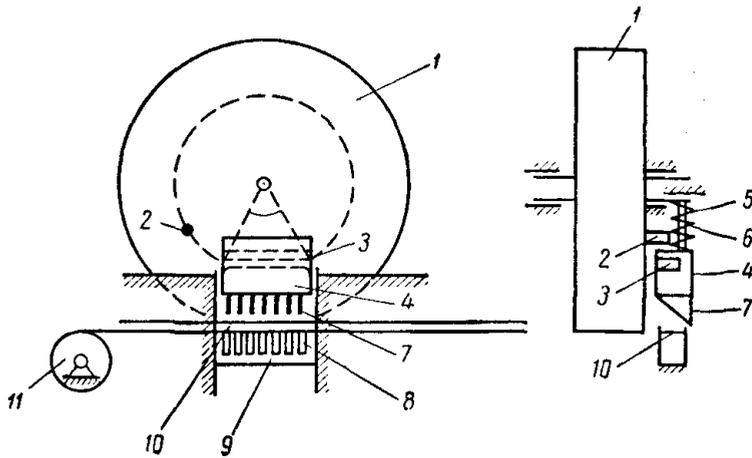


Рис. 15. Кинематическая схема рубильного станка

1 — маховик; 2 — палец; 3 — выточка; 4 — кулиса; 5 — ограничитель; 6 — пружина; 7 — нож; 8 — прорези; 9 — направляющий лоток; 10 — лента; 11 — барабан

риодически подаваемой лентой, сматывающейся с барабана.

Вес рубильного станка — 1200 кг.

Вес маховика — 500 кг.

Расстояние от оси вращения маховика до оси пальца — 95 см.

Диаметр маховика — 200 см.

Вес кулисы — 15 кг.

Число оборотов маховика — 15 об/мин.

Центральный угол, соответствующий хорде по оси выточки кулисы, — 60°.

Ход кулисы — 12,7 см.

Данные по штампователю. Кинематическая схема карусельного штамповочного автомата показана на рис. 16. Над круглым горизонтальным столом расположены на равных расстояниях по окружности восемь одинаковых штампов с различными штам-

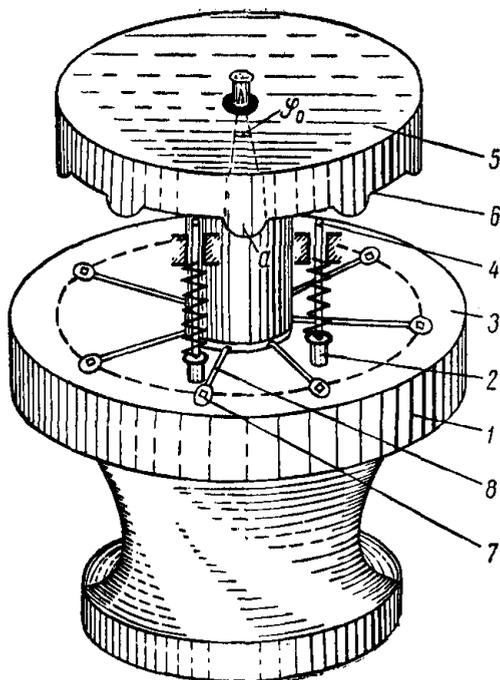


Рис. 16. Кинематическая схема карусельного штамповочного автомата

1 — круглый горизонтальный стол; 2 — штамп; 3 — пружины; 4 — ролики; 5 — карусельный барабан; 6 — копир; 7 — деталь; 8 — автоматические «руки»

повочными шаблонами, прижимаемых роликами с помощью пружин к карусельному барабану. Барабан имеет восемь копиров, расположенных по окружности на равных расстояниях. При вращении барабана с того момента, когда копиры касаются роликов, все штампы движутся одновременно и одинаково вниз, проштампуют детали и возвращаются на место с помощью пружин в момент, когда ролики сходят с копиров. За один оборот барабана происходит восемь таких движений штампов, причем каждая деталь проходит семь различных штамповок (восьмая операция — проталкивание детали в приемник). За интервалы покоя штампов деталь переносится из данного положения в смежное с помощью автоматических «рук».

Вес штампователя — 1200 кг.

Вес одного штампа — 5 кг.

Диаметр барабана (по осевой окружности копиров) — 100 см.

Число оборотов барабана — 15 об/мин.

Копир очерчен по кривой, определяющей перемещение y штампа как следующую функцию угла φ поворота барабана в пределах центрального угла φ_0 :

$$y = a \sin \left(\pi \frac{\varphi}{\varphi_0} \right), \quad 0 \leq \varphi \leq \varphi_0,$$

$$\text{где } \varphi_0 = \frac{\pi}{10} = 18^\circ, \quad a = 5 \text{ см.}$$

Готовые детали поступают в приемник, расположенный рядом с автоматом. Вес наполненного приемника — 30 кг.

2. Определение динамических нагрузок на перекрытие от рубильного станка и штампователя

Имеющихся данных достаточно для определения всех необходимых характеристик динамических нагрузок, передаваемых действующим оборудованием.

а) Динамические нагрузки от рубильного станка

При работе рубильного станка возникают вертикальные переменные силы двух видов: гармоническая сила, представляющая вертикальную проекцию центробежной силы инерции, возникающей вследствие неизбежной неуравновешенности маховика, и импульсивная периодическая сила, представляющая силу инерции возвратно-поступательного движения кулисы. Давление ножей в процессе резания ленты представляет внутреннюю силу и на перекрытие не передается. Согласно Инструкции И 200—54 амплитуда гармонической силы равна:

$$P_0 = \frac{\bar{q}_0 r_0 \omega^2}{g} = \frac{500 \cdot 0,1}{980} \left(\frac{\pi \cdot 15}{30} \right)^2 = 0,125 \text{ кг.}$$

Здесь $\bar{q}_0 = 500 \text{ кг}$ — вес маховика;

$r_0 = 1 \text{ мм}$ — эксцентриситет, принимаемый таким же, как и для вентиляторов (И 200—54);

$$\omega = \frac{\pi N_0}{30},$$

где $N_0 = 15 \text{ об/мин}$ — число оборотов маховика.

Так как частота этой гармонической силы ($n_0 = 0,25 \text{ гц}$) заведомо во много раз меньше основной частоты собственных колебаний перекрытия, амплитуда колебаний перекрытия, вызываемых этой силой, равна

статическому прогибу перекрытия от действия силы $P_0 = 125$ г. Совершенно очевидно, что с этими колебаниями перекрытия можно не считаться.

Определим теперь характеристики импульсивной нагрузки. Согласно рис. 15 кулиса за период $T_0 = 4$ сек одного оборота маховика движется по уравнению (момент $t = 0$ относим к началу движения кулисы):

$$y = -h \sin \frac{3\pi t}{2} \text{ для } 0 \leq t \leq \frac{2}{3} \text{ сек,}$$

$$y = 0 \text{ для } \frac{2}{3} \text{ сек} \leq t \leq 4 \text{ сек,}$$

где h — ход кулисы. Сила инерции движения кулисы с массой m равна $P = -my$, т. е.

$$P = -P_0 \sin \frac{3\pi t}{2} \text{ для } 0 \leq t \leq \frac{2}{3} \text{ сек,}$$

$$P = 0 \text{ для } \frac{2}{3} \text{ сек} \leq t \leq 4 \text{ сек,}$$

где P_0 наибольшее значение силы, равное

$$P_0 = mh \left(\frac{3\pi}{2} \right)^2 = \frac{15 \cdot 0,127 \cdot 9,87}{9,84} = 4,3 \text{ кг.}$$

Импульс силы P за время ее действия $\tau = 2/3$ сек равен (п. 2.4):

$$S = \int_0^{\tau} P dt = -P_0 \int_0^{\tau} \sin \frac{3\pi t}{2} dt = \frac{4P_0}{3\pi} = 1,83 \text{ кг} \cdot \text{сек.}$$

График этих периодических импульсов показан на рис. 17, а.

б) Импульсивная нагрузка от штамповомата

В процессе работы штамповомата давление штампов на стол является внутренней силой в системе автомата, не передающейся перекрытию. На перекрытие передаются силы инерции, возникающие при движении всех восьми штампов.

Движение каждого штампа за $1/8$ периода $T_0 = 4$ сек определяется уравнением:

$$y = -a \sin 5\pi t \text{ при } 0 \leq t \leq 0,2 \text{ сек,}$$

$$y = 0 \text{ при } 0,2 \text{ сек} \leq t \leq 0,5 \text{ сек,}$$

Сила инерции движения всех штампов равна $P = -8my$, где m масса одного штампа. Она изменяется по уравнению

$$P = -P_0 \sin 5\pi t \text{ для } 0 \leq t \leq 0,2 \text{ сек,}$$

$$P = 0 \text{ для } 0,2 \text{ сек} \leq t \leq 0,5 \text{ сек,}$$

где P_0 — максимальное значение силы, равное:

$$P_0 = 8ma \cdot 25\pi^2 = 200\pi^2 \cdot \frac{5}{9,8} \cdot 0,05 = 50,5 \text{ кг.}$$

Импульс этой силы за время ее действия $\tau = 0,2$ сек равен (п. 2.4):

$$S = \int_0^{\tau} P dt = -P_0 \int_0^{\tau} \sin 5\pi t dt = \frac{2P_0}{5\pi} = 6,42 \text{ кг} \cdot \text{сек.}$$

График этих периодических импульсов показан на рис. 17, б.

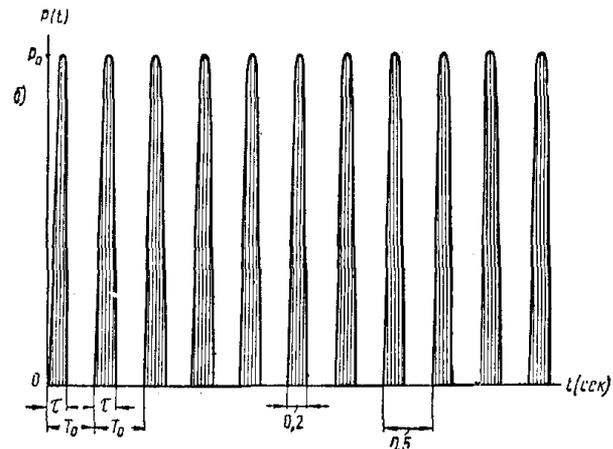
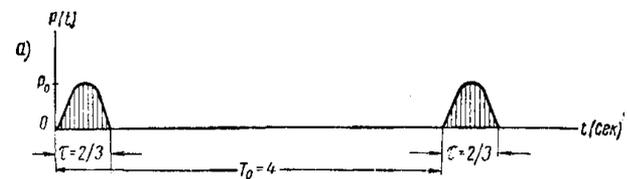


Рис. 17. Графики периодических импульсов, возникающих при действии оборудования
а — при действии рубильного станка; б — при действии штамповомата

в) Определение категории импульсивных нагрузок

Согласно п. 1.3 категория импульсивной нагрузки зависит от основного периода собственных колебаний конструкции, на которую она действует. Поэтому прежде всего мы должны определить основные частоты собственных колебаний балки и плиты, которые нам понадобятся и в дальнейшем. Расчетные схемы для балки и плиты показаны на рис. 18, а и б.

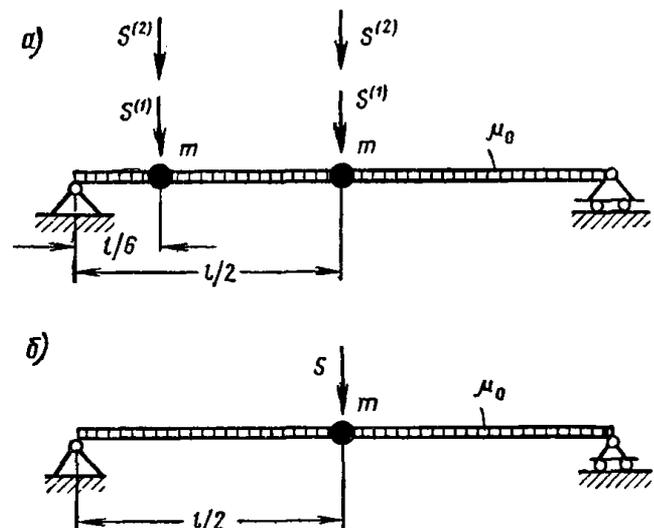


Рис. 18. Расчетные схемы
а — балки; б — плиты

Основная круговая частота собственных колебаний балки, свободно лежащей на жестких опорах и несущей

щей, помимо равномерно распределенной массы μ_0 , сосредоточенные массы, определяется согласно прил. 1, раздел Б, п. 1 по формуле

$$\rho_1 = \frac{\pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{D}{\rho_1}}$$

Здесь ρ_1 — приведенная погонная масса, вычисляемая по формуле (34), которая в данном случае имеет вид

$$\rho_1 = \rho_0 + \frac{m}{l} [X_1^2(0,167) + X_1^2(0,5)].$$

Погонная масса ρ_0 состоит из массы балки и массы плит:

$$\rho_0 = \frac{q_0}{g} = \frac{542 + 3 \cdot 880}{9,8} = 325 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}^2.$$

Сосредоточенная масса m равна сумме масс обоих агрегатов

$$m_0 = \frac{2 \cdot 1200}{9,8} = 245 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}.$$

Из табл. 21 (прил. 5) находим $X_1^2(0,167) = 0,5$; $X_1^2(0,5) = 2$.

Следовательно,

$$\rho_1 = 325 + \frac{245}{5,70} \cdot 2,5 = 432 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}^2.$$

Подставляя данные в формулу для ρ_1 , получим

$$\rho_1 = \frac{9,87}{32,5} \sqrt{\frac{30,7 \cdot 10^6}{432}} = 80,8 \text{ рад/сек}.$$

Частота

$$n_1 = \frac{\rho_1}{2\pi} = 12,8 \text{ ц}.$$

Период

$$T_1 = \frac{1}{n_1} = 0,078 \text{ сек}.$$

Аналогично определяется основная круговая частота плиты, рассматриваемой как свободно опертая балка.

Теперь:

$$\mu_0 = \frac{q_0}{g} = \frac{880}{9,8} = 90 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}^2,$$

$$m = \frac{1200}{9,8} = 122,5 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м},$$

$$\rho_1 = \mu_0 + \frac{m}{l} X_1^2(0,5) = 90 + \frac{122,5 \cdot 2}{5,85} = 132 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}^2.$$

Круговая частота

$$\rho_1 = \frac{\pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{D}{\rho_1}} = \frac{9,87}{5,85^2} \sqrt{\frac{3,85 \cdot 10^6}{132}} = 49,2 \text{ рад/сек}.$$

Частота

$$n_1 = \frac{\rho_1}{2\pi} = \frac{49,2}{6,28} = 7,85 \text{ ц}.$$

Период

$$T_1 = \frac{1}{n_1} = 0,127 \text{ сек}.$$

Согласно пп. 1.3 и 2.6 определяем коэффициенты ϵ_1 : для балки

$$\frac{\tau}{T_1} = \frac{0,667}{0,078} = 8,5 > 2,5; \quad \epsilon_1 = 0,031;$$

для плиты

$$\frac{\tau}{T_1} = \frac{0,200}{0,127} = 1,58; \quad \epsilon_1 = 0,232.$$

Приведенный импульс, действующий на балку, равен

$$S_1 = \epsilon_1 S = 0,031 \cdot 1,83 = 0,057 \text{ кг} \cdot \text{сек}.$$

Приведенный импульс, действующий на плиту, равен

$$S_1 = \epsilon_1 S = 0,232 \cdot 6,42 = 1,49 \text{ кг} \cdot \text{сек}.$$

Первый импульс относится к I категории, второй — ко II категории.

3. Определение допускаемой амплитуды колебаний плиты

Теперь ясно, что штамповый автомат более динамичен, чем рубильный станок, но установлен на более податливом элементе перекрытия. Поэтому, чтобы не производить лишней расчетной работы, проверим прежде колебания плиты и только в том случае, если они окажутся допустимыми, учтем колебания балки. Для плиты и штампового автомата имеем период импульсов $T_0 = 0,5 \text{ сек}$. Период собственных колебаний плиты $T_1 = 0,127 \text{ сек}$, коэффициент внутреннего трения $\gamma = 0,05$ (согласно табл. 2 для импульсов I и II категории).

Так как $n_1 = 7,85 \text{ ц} < 10 \text{ ц}$, то допускаемая амплитуда определяется через допускаемое ускорение по формуле (4) п. 1.5. За допускаемое ускорение для людей принимаем $\omega_0 = 130 \text{ мм/сек}^2$ (соответствующее $n = 8 \text{ ц}$), а за допускаемое ускорение для штампового автомата, относящегося ко II классу по чувствительности к колебаниям, принимаем значение $\omega_0 = 63 \text{ мм/сек}^2$ (табл. 4, п. 1.5). Допускаемая амплитуда должна определяться, очевидно, по наименьшему допускаемому ускорению $\omega_0 = 63 \text{ мм/сек}^2$.

Вычисляя d (п. 1.5), находим:

$$d = 10\gamma \left(1 - \frac{T_1}{T_0}\right) = 10 \cdot 0,05 \left(1 - \frac{0,127}{0,5}\right) = 0,37.$$

Допускаемая амплитуда

$$a_0 = \frac{\omega_0}{4\pi^2 n_1^2} (1 + d) = \frac{63 \cdot 1,37}{4 \cdot 9,87 \cdot 7,85^2} \approx 0,035 \text{ мм}$$

4. Определение амплитуды колебаний плиты при действии на нее штампового автомата

Так как $T_0 = 0,5 \text{ сек} < \frac{2T_1}{\gamma} = 5,1 \text{ сек}$, то действующая на плиту динамическая нагрузка должна рассматриваться как периодические импульсы. Согласно п. 4.8 наибольшее перемещение при колебаниях должно определяться по формулам прил. 4, в данном случае по формуле (117);

$$z^* = \Psi z_0.$$

Здесь Ψ — коэффициент, вычисляемый по формуле (122):

$$\Psi = \frac{\sqrt{1 + e^{2\pi\gamma\theta} - 2e^{\pi\gamma\theta} \cos(2\pi\theta)}}{2 \operatorname{ch}(\pi\gamma\theta) - 2 \cos(2\pi\theta)},$$

а z_0 — наибольшее перемещение от однократного импульса, определяемое по формуле (69) прил. 2, раздел Б, п. 1:

$$z_0 = \frac{S}{m_1 p_1} \Phi_z(0,5).$$

Выпишем все необходимые для расчета данные:

$$S = 6,42 \text{ кг} \cdot \text{сек}; \quad \tau = 0,2 \text{ сек}; \quad T_1 = 0,127 \text{ сек};$$

$$\varepsilon_1 = 0,232; \quad T_0 = 0,5 \text{ сек}; \quad p_1 = 49,2 \text{ рад/сек};$$

$$\gamma = 0,05; \quad \theta = \frac{T_0}{T_1} \approx 4;$$

$$m_1 = \mu_1 l = 132 \cdot 5,85 = 772 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}.$$

Заметим, что коэффициент кратности $\theta = 4$ является в данном случае целым числом. Это значит, что имеет место импульсный резонанс, при котором значение Ψ может быть в несколько раз больше 1.

Вычисляя Ψ , получаем:

$$\begin{aligned} \Psi &= \frac{\sqrt{1 + e^{1,256} - 2e^{0,628} \cos 8\pi}}{2(\operatorname{ch} 0,628 - \cos 8\pi)} = \\ &= \frac{\sqrt{1 + 3,508 - 2 \cdot 1,874 \cdot 1}}{2(1,204 - 1)} = 1,86. \end{aligned}$$

Коэффициент $\Phi_z(0,5)$ вычисляется как сумма ряда (65). Нетрудно проверить, что для однопролетной балки этот ряд сходится очень быстро и с достаточной точностью здесь можно ограничиться одним первым членом ряда:

$$\Phi_z(0,5) = a_1 X_1(0,5) = a_1 \sqrt{2}.$$

Здесь $X_1(0,5) = 1,414 = \sqrt{2}$ берется из табл. 21, прил. 5. Коэффициент a_1 вычисляется по формуле (66):

$$\begin{aligned} a_1 &= \varepsilon_1 b_1 e^{-\frac{\gamma\pi}{4}} = 0,232 \sqrt{2} e^{-0,04} = \\ &= 0,232 \sqrt{2} \cdot 0,961 = 0,223 \sqrt{2}. \end{aligned}$$

Здесь b_1 для сосредоточенного импульса, приложенного по середине плиты ($a_0 = 0,5$), вычисляется по формуле (67):

$$b_1 = X_1(0,5) = \sqrt{2}.$$

Подставляя a_1 в $\Phi_z(0,5)$, получим:

$$\Phi_z(0,5) = 0,223 \cdot 2 = 0,446.$$

Следовательно, наибольшая амплитуда колебаний плиты от однократного импульса равна:

$$z_0 = \frac{6,42 \cdot 0,446}{772 \cdot 49,2} = 0,0755 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,0755 \text{ мм},$$

а наибольшая амплитуда колебаний плиты при действии периодических импульсов равна:

$$z_0^* = 0,0755 \cdot 1,86 = 0,141 \text{ мм} > 0,035 \text{ мм}.$$

Таким образом, расчетная амплитуда в 4 раза превышает допускаемую. При этом мы не учли колебаний балки.

5. Мероприятия по уменьшению колебаний

Выше отмечалось, что намеченный план расположения оборудования был принят исходя из предположения, как теперь, очевидно, неверного, что штампаوماتы вызывают меньшую импульсивную нагрузку, нежели рубильные станки.

Целесообразно изменить план расположения оборудования, поменяв местами штампаوماتы и рубильные станки. С технологической стороны эта перестановка не вызывает никаких осложнений.

Приняв новую схему расположения оборудования, вновь проверим колебания перекрытия с точки зрения их допустимости для людей и штампаومات.

6. Определение амплитуды колебаний плиты при действии на нее рубильного станка

При работе рубильного станка на плиту действуют также периодические импульсы (так как $T_0 = 4 \text{ сек} < \frac{2T_1}{\gamma} = 5,1 \text{ сек}$; п. 2.9), но с другими характеристиками. Поэтому ход расчета аналогичен изложенному в § 4 настоящего примера.

Выписываем необходимые для расчета данные:

$$S = 1,83 \text{ кг} \cdot \text{сек}; \quad \tau = 0,667 \text{ сек}; \quad T_1 = 0,127 \text{ сек};$$

$$\varepsilon_1 = 0,054$$

(импульс синусоидальной формы, см. табл. 8); $T_0 = 4 \text{ сек}$; $p_1 = 49,2 \text{ рад/сек}$ (так как массы станка и автомата одинаковы, частота плиты не изменилась от их перестановки); $\gamma = 0,05$;

$$\theta = \frac{T_0}{T_1} = 3,15; \quad m_1 = 772 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}.$$

Снова применяем формулу

$$z^* = \Psi z_0.$$

Коэффициент Ψ вычисляем, принимая $\theta = 3$ (см. прил. 4, раздел Б):

$$\begin{aligned} \Psi &= \frac{\sqrt{1 + e^{0,94} - 2e^{0,47} \cos 6\pi}}{2(\operatorname{ch} 0,47 - \cos 6\pi)} = \\ &= \frac{\sqrt{1 + 2,56 - 2 \cdot 1,60 \cdot 1}}{2(1,113 - 1)} = 2,65. \end{aligned}$$

Далее

$$\begin{aligned} z_0 &= \frac{S}{m_1 p_1} \Phi_z(0,5) = \frac{1,83 \cdot 0,104}{772 \cdot 49,2} = \\ &= 0,00503 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,00503 \text{ мм}, \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} \Phi_z(0,5) &= a_1 X_1(0,5) = \varepsilon_1 b_1 e^{-\frac{\gamma\pi}{4}} X_1(0,5) = \\ &= 0,054 \sqrt{2} \cdot 0,961 \sqrt{2} = 0,104. \end{aligned}$$

Заметим, что поскольку $\frac{\tau}{T_1} = 5,25 > 2,5$, то согласно примечанию 1 к п. 2.1 амплитуду z_0 можно было бы определять проще, как статический прогиб от максимума импульсивной силы $P_0 = 4,3 \text{ кг}$ (см. выше), умноженного на коэффициент $\alpha = 1,106$. Проверим это.

$$z_0 = \frac{\chi P_0 l^3}{48 D} = \frac{1,106 \cdot 4,3 \cdot 5,85^3}{48 \cdot 3,85 \cdot 10^6} = 0,00513 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,00513 \text{ мм.}$$

Итак,

$$z_0^* = 2,65 \cdot 0,00513 = 0,0136 \text{ мм.}$$

Заметим, что допускаемая амплитуда колебаний плиты теперь изменится и станет больше, так как она должна определяться теперь не по допускаемому ускорению $\omega_0 = 63 \text{ мм/сек}^2$ для штампователя (установленного теперь на балке), а по допускаемому ускорению $\omega_0 = 130 \text{ мм/сек}^2$ для обслуживающего персонала.

Однако мы не учли влияния колебаний балки под действием штампователей и рубильных станков. Поэтому проверку на допускаемые колебания произведем после проведения расчета балки.

7. Определение амплитуды колебаний балки при действии на нее штампователей и рубильных станков

На балку действуют в середине пролета и в одной шестой пролета периодические импульсы двух видов: от штампователей (передающиеся непосредственно на балку) и от рубильных станков (передающиеся на балку через опоры плит согласно п. 4.6). Расчетная схема показана на рис. 18,а

Заметим, что поскольку отношение продолжительности действия импульса к основному периоду собственных колебаний балки для обоих импульсов больше 2,5, перемещение балки от действия однократного импульса можно определять как статический прогиб согласно примечанию 1 к п. 2.1. Оба импульса имеют синусоидальную форму.

Отмечаем характеристики первого импульса (от штампователей) индексом (1), а второго—индексом (2), выписываем необходимые для расчета данные:

$$T_1 = 0,078 \text{ сек}; \quad \gamma = 0,05; \quad l = 5,70 \text{ м};$$

$$D = 30,7 \cdot 10^6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

$$\tau^{(1)} = 0,2 \text{ сек}; \quad \frac{\tau^{(1)}}{T_1} = 2,57 > 2,5; \quad \chi^{(1)} = 1,24;$$

$$P_0^{(1)} = 50,5 \text{ кг};$$

$$T_0^{(1)} = 0,5 \text{ сек}; \quad \theta^{(1)} = \frac{T_0^{(1)}}{T_1} = 6,4; \quad \Psi_1 = 0,76.$$

$$\tau^{(2)} = 0,667 \text{ сек}; \quad \frac{\tau^{(2)}}{T_1} = 8,55 > 2,5; \quad \chi^{(2)} = 1,062;$$

$$P_0^{(2)} = 4,3 \text{ кг};$$

$$T_0^{(2)} = 4 \text{ сек}; \quad \theta^{(2)} = \frac{T_0^{(2)}}{T_1} = 51,5; \quad \Psi_2 = 1.$$

Значения Ψ_1 и Ψ_2 подсчитаны по формуле (122) прил. 4, которая при большом значении θ дает $\Psi = 1$. Заметим, что второй импульс можно считать как однократный, так как

$$T_0^{(2)} = 4 \text{ сек} > \frac{2T_1}{\gamma} = 3,1 \text{ сек.}$$

Характеристики периодических импульсов различны. Поэтому наибольшее перемещение в середине балки следует определять согласно указаниям прил. 4, раздел В. Поскольку отношения $\frac{\tau}{T_2}$ для обоих им-

пульсов больше 2,5, наибольшее перемещение балки от однократных импульсов можно определять как статические прогибы от максимумов импульсивных сил $P_0^{(k)} \chi^{(k)}$ (см. прим. 1 к п. 2.1), а перемещения от периодических импульсов—как статические прогибы от сил $P_0^{(k)} \chi^{(k)} \Psi_k$. Для середины балки получаем:

$$\begin{aligned} z_0^* &= \frac{(P_0^{(1)} \chi^{(1)} \Psi_1 + P_0^{(2)} \chi^{(2)} \Psi_2) l^3}{48 D} + \\ &+ \frac{(P_0^{(1)} \chi^{(1)} \Psi_1 + P_0^{(2)} \chi^{(2)} \Psi_2) l^3}{100 D} = \\ &= \frac{0,0308 l^3}{D} (P_0^{(1)} \chi^{(1)} \Psi_1 + P_0^{(2)} \chi^{(2)} \Psi_2) = \\ &= \frac{0,0308 \cdot 5,70^3}{30,7 \cdot 10^6} (50,5 \cdot 1,24 \cdot 0,76 + 4,3 \cdot 1,06 \cdot 1) = \\ &= 9,7 \cdot 10^{-6} \text{ м.} \end{aligned}$$

Таким образом,

$$z_0^* = 0,0097 \text{ мм} \approx 0,01 \text{ мм.}$$

8. Проверка колебаний перекрытия по условию их безвредного влияния на людей и на работу штампователей

Так как штампователи установлены на балке, они участвуют в колебаниях только балки; эти колебания, вызванные работой штампователей и рубильных станков, были определены в предыдущем параграфе. Наибольшая амплитуда этих колебаний равна $z_0 = 0,01 \text{ мм}$, а частота равна $n_1 = 12,8 \text{ гц}$ (основная частота колебаний балки).

Определим допускаемую амплитуду a_0 согласно п. 1.5. Так как теперь $n_1 > 10 \text{ гц}$, то допускаемая амплитуда должна определяться по формуле (3), причем за допускаемую скорость должно быть принято из табл. 4 значение $v = 1 \text{ мм/сек}$ (для оборудования II класса чувствительности к колебаниям), а для вычисления d имеем значения: $\gamma = 0,05$, $T_0 = 0,5 \text{ сек}$, $T_1 = 0,078 \text{ сек}$.

Находим

$$d = 10\gamma \left(1 - \frac{T_1}{T_0}\right) = 10 \cdot 0,05 \left(1 - \frac{0,078}{0,5}\right) = 0,422;$$

$$a_0 = \frac{v(1+d)}{2\pi n_1} = \frac{1 \cdot 1,422}{6,28 \cdot 12,8} = 0,018 \text{ мм.}$$

Таким образом, расчетная амплитуда $z_0 = 0,010 \text{ мм}$ меньше допускаемой $a_0 = 0,018 \text{ мм}$.

Что касается влияния колебаний на людей, то оно будет наибольшим, когда человек находится в середине плиты. При этом он будет испытывать два колебания (см. п. 4,2, примечание): колебания плиты с амплитудой $z_d = 0,014 \text{ мм}$ и частотой $n_1' = 7,85 \text{ гц}$ и колебания балки с амплитудой $z_d' = 0,01 \text{ мм}$ и частотой $n_1'' = 12,8 \text{ гц}$. В этом случае проверка допустимости колебаний должна производиться согласно указанию п. 1.16.

Вычисляя соответствующие скорости v' и v'' и ускорения ω' и ω'' , убеждаемся, что их наибольшие значения отвечают второму колебанию с частотой $n_1'' = 12,8 \text{ гц}$. Следовательно, $n_1 = 12,8 \text{ гц} > 10 \text{ гц}$.

За расчетную принимаем амплитуду

$$z_x = \frac{z'_d n'_1 + z''_d n''_1}{n_1} = \frac{0,014 \cdot 7,85 + 0,01 \cdot 12,8}{12,8} = 0,019 \text{ мм.}$$

Для определения допускаемой амплитуды надо вычислить d для колебания с частотой $n_1 = n''_1 = 12,8 \text{ гц}$, для которого $T_1 = 0,078 \text{ сек}$, $T_0 = 0,5 \text{ сек}$ (для штампов-автоматов, как наиболее динамичной нагрузки); это значение d подочитано выше и равно $d = 0,422$. Допускаемая скорость колебаний для людей равна $v_0 = 2,4 \text{ мм/сек}$ (см. п. 1.5, прим. к табл. 3). По формулам (3) и (5) находим:

$$a_0 = \frac{2,4 \cdot 1,422}{2,3 \cdot 14 \cdot 12,8} = 0,039 \text{ мм.}$$

Пример 2. РАСЧЕТ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ ПОД МАСЛОИЗГОТОВИТЕЛЬ

1. Задание

На монолитном железобетонном ребристом перекрытии второго этажа устанавливается маслоизготовитель 3000/1200 л, производящий сливочное масло. При вращении барабана маслоизготовителя наблюдаются систематический отрыв и падение внутри барабана большой глыбы масла, что создает ударную нагрузку на перекрытие. Требуется проверить перекрытие на ударное воздействие маслоизготовителя, в частности, допустимость для обслуживающего персонала колебаний перекрытия, возникающих при ударах.

План перекрытия с указанием длин пролетов, размеров поперечных сечений элементов, и схемы расположения маслоизготовителя даны на рис. 19.

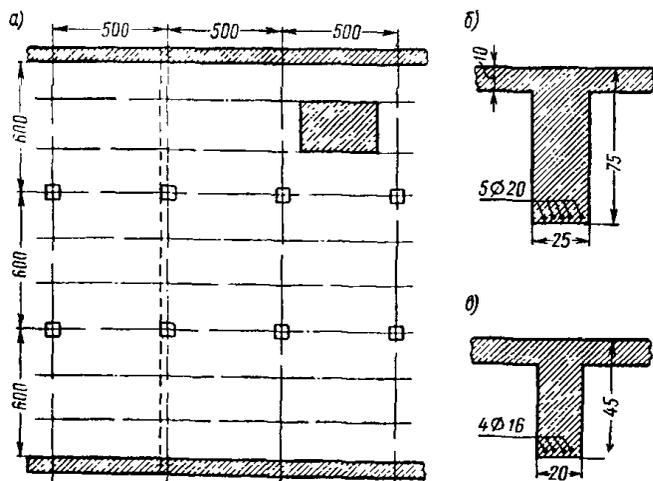


Рис. 19. Схема перекрытия

a — план; *б* — сечение главной балки; *в* — сечение вспомогательной балки

Данные по маслоизготовителю

| | |
|--|-------------------------|
| Вес маслоизготовителя без пахты | $W_0 = 2000 \text{ кг}$ |
| Вес маслоизготовителя с пахтой | $W = 3200 \text{ »}$ |
| Расстояние между опорами маслоизготовителя по длине | $a_0 = 3 \text{ м}$ |
| Расстояние между опорами маслоизготовителя по ширине | $b_0 = 2 \text{ »}$ |
| Вес падающего масла | $w = 600 \text{ кг}$ |
| Высота падения масла | $H = 1,3 \text{ м}$ |

Расчетная амплитуда меньше допускаемой.

Таким образом, перестановка оборудования полностью решила в положительном смысле вопрос о допустимости колебаний перекрытия для здоровья людей и для нормальной работы штампов-автоматов.

9. Замечание о влиянии колебаний на прочность перекрытия

Так как для каждого из элементов перекрытия z_d/l не превышает $1/50000$, при проверке прочности перекрытия динамические нагрузки можно не учитывать (л. 1.17 инструкции).

Продолжительность удара, обусловленная пластической деформацией масла $\tau = 0,08 \text{ сек}$
 Число оборотов барабана $N = 26 \text{ об/мин}$
 Общее время, за которое наблюдаются режимы повторных падений масла, не превышает 15% рабочего времени.

Данные по перекрытию

| | |
|--|-------------------------------------|
| Модуль упругости бетона | 290000 кг/см |
| Пролет вспомогательной балки (шестипролетной) | $l' = 5 \text{ м}$ |
| Погонный вес вспомогательной балки с плитой | $q' = 510 \text{ кг/м}$ |
| Момент инерции поперечного сечения вспомогательной балки | $I' = 31 \cdot 10^4 \text{ см}^4$ |
| Пролет главной балки | $l'' = 6 \text{ м}$ |
| Момент инерции поперечного сечения главной балки | $I'' = 200 \cdot 10^4 \text{ см}^4$ |
| Погонный вес ребра главной балки | $q'' = 390 \text{ кг/м}$ |

Значения q и I определены в соответствии с указаниями пп. 3.3, 3.4 и 4.3 настоящей инструкции.

2. Характеристики ударной нагрузки

Когда масло «собьется», его падение имеет повторный характер с наименьшим периодом повторений T_0 , равным времени полуоборота барабана:

$$T_0 = \frac{60}{2 \cdot 26} \approx 1,2 \text{ сек.}$$

Для определения величины ударного импульса находим начальную скорость удара масла

$$v_0 = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 1,3} = 5,05 \text{ м/сек}$$

и массу падающего масла

$$m = \frac{w}{g} = \frac{600}{9,8} = 61,3 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м.}$$

Согласно п. 2.7, принимая в соответствии с табл. 9 коэффициент восстановления удара $\nu = 0$, получаем по формуле (13) величину ударного импульса

$$S = mv_0 = 61,3 \cdot 5,05 = 310 \text{ кг} \cdot \text{сек},$$

имеющего продолжительность $\tau = 0,08 \text{ сек}$.

Для определения категории и вида импульса (пп. 1.3 и 2.3) необходимо вычислить первую частоту (или период T_1) собственных колебаний перекрытия

под маслоизготовителем. Поскольку в дальнейшем мы будем принимать для перекрытия приближенные расчетные схемы (табл. 10), предусматривающие расчленение его на вспомогательные и главные балки, категорию и вид импульса следует установить для каждого из этих элементов (примечание 5 к п. 1.3). Определяем поэтому основные периоды собственных колебаний каждого элемента, которые потребуются нам и в дальнейших расчетах. Расчетные схемы показаны на рис. 20. Расчет балочной плиты отпадает, так как маслоизготовитель на нее не опирается.

Пятипролетная вспомогательная балка на жестких опорах (рис. 20,а) кроме распре-

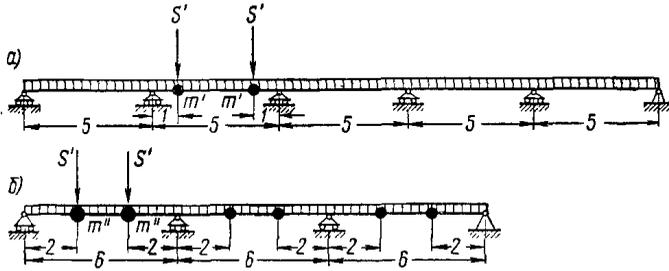


Рис. 20. Расчетные схемы элементов перекрытия
а — вспомогательная балка; б — главная балка

деленной массы имеет во втором пролете две одинаковые сосредоточенные массы (масса маслоизготовителя вместе с пахтой распределяется поровну между смежными вспомогательными балками):

$$m' = \frac{W}{4g} = \frac{3200}{4 \cdot 9,8} = 81,5 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}.$$

Собственная погонная масса, приходящаяся на вспомогательную балку,

$$\mu'_0 = \frac{q'}{g} = \frac{510}{9,8} = 52 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}^2.$$

Для определения круговой частоты ρ_1 обращаемся к прил. 1, раздел Б, п. 2. Приведенную погонную массу определяем по формуле (37):

$$\begin{aligned} \mu'_1 &= \mu'_0 + \frac{m'}{l'} [X_1^2(0,2) + X_1^2(0,8)] = 52 + \\ &+ \frac{81,5}{5} 2 \cdot 0,138 = 56,5 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}^2, \end{aligned}$$

где $X_1(\alpha)$ берется из табл. 36.

Жесткость D' определяем в соответствии с п. 3.4 инструкции

$$D' = EI' = 2,9 \cdot 10^9 \cdot 31,0 \cdot 10^{-4} = 89,9 \cdot 10^5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Первая круговая частота вспомогательной балки

$$\begin{aligned} \rho_1 &= \frac{\lambda_1^2}{l'^2} \sqrt{\frac{D'}{\mu'_1}} = \frac{9,87}{25} \sqrt{\frac{89,9 \cdot 10^5}{56,5}} = \\ &= 157 \text{ рад/сек}. \end{aligned}$$

Период собственных колебаний по основному тону

$$T_1 = \frac{2\pi}{\rho_1} = \frac{6,28}{157} = 0,040 \text{ сек}.$$

Отношение

$$\tau^* = \frac{\tau}{T_1} = \frac{0,08}{0,04} = 2,0.$$

Принимая в соответствии с примечанием 4 к п. 2.4 колоколообразную форму импульса (форма 6), получаем из табл. 8

$$\epsilon_1 = 0,212.$$

Эквивалентный по первому тону импульс находим по формуле (12):

$$S_1 = \epsilon_1 S = 0,212 \cdot 310 = 65,8 \text{ кг} \cdot \text{сек}.$$

Согласно табл. 1 импульс S относится к III категории (сильный), а согласно п. 2.3 его следует считать кратковременным, так как (учитывая, что $T_n < T_1$)

$$0,1 T_n < \tau < 2,5 T_1.$$

Импульс S распределяется поровну между двумя вспомогательными балками, так что на каждую из них действуют одновременно два одинаковых сосредоточенных кратковременных импульса S' , приложенных к сосредоточенным массам m' :

$$S' = \frac{S}{4} = \frac{310}{4} = 77,5 \text{ кг} \cdot \text{сек}$$

и имеющих продолжительность $\tau = 0,08 \text{ сек}$.

Трехпролетная главная балка на жестких опорах кроме распределенной массы несет в третях всех пролетов сосредоточенные массы на грузок, передаваемых через вспомогательные балки (рис. 20,б):

$$m = \mu'_0 l' = 52 \cdot 5 = 260 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м},$$

$$m'' = m + m' = 260 + 81,5 = 341,5 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}.$$

Собственная погонная масса ребра главной балки

$$\mu''_0 = \frac{q''}{g} = \frac{390}{9,8} = 39,8 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}^2.$$

Аналогично предыдущему определяем приведенную погонную массу μ''_1 по формуле (37), пользуясь таблицами 28—30:

$$\begin{aligned} \mu''_1 &= \mu''_0 + \frac{2m''}{l''} X_1^{(1)} \left(\frac{1}{3} \right) + \frac{2m}{l''} X_1^{(2)} \left(\frac{1}{3} \right) + \\ &+ \frac{2m}{l''} X_1^{(3)} \left(\frac{1}{3} \right) = 39,8 + \\ &+ \frac{(2 \cdot 341,5 + 4 \cdot 260) 0,483}{6} = 178,5 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}^2. \end{aligned}$$

Жесткость

$$D'' = EI'' = 2,9 \cdot 10^9 \cdot 200 \cdot 10^{-4} = 580 \cdot 10^5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Первая круговая частота главной балки

$$\begin{aligned} \rho_1 &= \frac{\lambda_1^2}{l''^2} \sqrt{\frac{D''}{\mu''_1}} = \frac{9,87}{36} \sqrt{\frac{580 \cdot 10^5}{178,5}} = \\ &= 156,5 \text{ рад/сек}. \end{aligned}$$

Она случайно совпала с первой круговой частотой вспомогательной балки. Следовательно, и по отношению к главной балке развиваемый маслоизготовителем импульс характеризуется III категорией и является кратковременным. На одну главную балку действуют в третях первого пролета два одинаковых импульса:

$$S' = \frac{S}{4} = 77,5 \text{ кг} \cdot \text{сек}$$

с продолжительностью $\tau = 0,08 \text{ сек}$.

При этом удары во всех дальнейших расчетах мож-

но считать однократными (не периодическими), так как выполняется условие (см. п. 2.9).

$$T_0 = 1,2 \text{ сек} > \frac{2T_1}{\gamma} = \frac{2 \cdot 0,04}{0,1} = 0,8 \text{ сек.}$$

3. Определение наибольших перемещений перекрытия

Так как требование безвредного влияния колебаний на людей более жестко, чем требование прочности перекрытия, расчет перекрытия на удар начнем с определения наибольших перемещений при колебаниях.

Наибольшие перемещения будут наблюдаться, очевидно, в пролете вспомогательной балки под маслоизготовителем и складываться из перемещений вспомогательной и главной балок. Чтобы избежать работы, которая может оказаться излишней, проверим вначале на допускаемые колебания только вспомогательную балку и лишь в том случае, если ее колебания окажутся допустимыми, учтем колебания главной балки.

Расчетная схема вспомогательной балки дана на рис. 20,а. Поскольку ударяющая масса меньше массы двух вспомогательных балок, воспринимающих удар, обращаемся за указаниями по расчету к разделу Г прил. 3. Проверив, что условие (115) не выполняется:

$$\epsilon_1 \frac{v_0 \rho_1}{g} = 0,212 \frac{5,05 \cdot 157}{9,8} = 17,2 < 50,$$

закключаем, что наибольшее перемещение следует определять по формуле (84) прил. 3, раздел А:

$$\bar{z}_0 = \sqrt{\left(z_{\text{ст}} e^{-\frac{\gamma \pi}{4}}\right)^2 + z_0^2},$$

где z_0 должно определяться согласно указаниям прил. 2, раздел Б, п. 2:

$$z_0 = \frac{S'}{m_1 \rho_1} \Phi_z(\alpha).$$

Примем $\alpha = \frac{1}{2}$, так как наибольший прогиб будет близок к середине пролета. Подставляя значения приведенной массы второго пролета $m_1 = \mu_1' l' = 56,5 \cdot 5 = 282,5 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}$, круговой частоты $\rho_1 = 157 \text{ рад/сек}$ и импульса $S' = 77,5 \text{ кг} \cdot \text{сек}$, получим в метрах

$$z_0 = 0,00175 \Phi_z\left(\frac{1}{2}\right).$$

Чтобы убедиться, надо ли производить точное определение Φ_z , оценим его значение заведомо в запас жесткости, считая импульсы S' мгновенными.

Так как импульсы относятся к III категории, принимаем из табл. 2 $\gamma = 0,1$.

Согласно примечанию 1 к п. 4.5 значение Φ_z для двух импульсов можно в этом случае определять как сумму значений, отвечающих каждому импульсу. Пользуясь табл. 51, находим:

$$\begin{aligned} \Phi_z\left(\frac{1}{2}\right) &= \Phi_z\left(\frac{1}{2}\right)_{\alpha_0=0,2} + \Phi_z\left(\frac{1}{2}\right)_{\alpha_0=0,8} = \\ &= 0,667 + 0,658 = 1,325. \end{aligned}$$

Следовательно,

$$z_0 = 0,00175 \cdot 1,325 = 0,00232 \text{ м} = 2,32 \text{ мм.}$$

Излишне проверять влияние колебаний с такой

большой амплитудой на людей, так как согласно п. 1.5 амплитуда превышает верхний допустимый предел 1,2 мм.

Необходимо поэтому определить Φ_z , принимая действительные характеристики импульсов: их продолжительность $\tau = 0,08 \text{ сек}$ и колоколообразную форму.

Обращаемся к прил. 2, раздел Б, п. 2 и определяем $\Phi_z\left(\frac{1}{2}\right)$ по формулам (71), (72), (73), (68) и (75),

пользуясь табл. 36 прил. 5. Для вычисления $\Phi_z\left(\frac{1}{2}\right)$ по этим формулам составляем табл. 60, последняя цифра которой и является искомой:

$$\Phi_z = \left(\frac{1}{2}\right) = 0,200.$$

Это значение в 6,5 раза меньше значения, полученного выше в предположении мгновенного действия импульсов. Для z_0 получаем теперь значение

$$z_0 = 0,00175 \cdot 0,2 = 35 \cdot 10^{-5} \text{ м} = 0,350 \text{ мм.}$$

Для определения полного перемещения при ударе находим в той же точке статический прогиб $z_{\text{ст}}$ от двух грузов $P = m'g = 150 \text{ кг}$ (рис. 20,а):

$$\begin{aligned} z_{\text{ст}} &= 0,0113 \frac{Pl'^3}{D'} = \frac{0,0113 \cdot 150 \cdot 125}{89,9 \cdot 10^5} = \\ &= 2,71 \cdot 10^{-5} \text{ м} = 0,027 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Подставив значения z_0 и $z_{\text{ст}}$ в формулу для полного перемещения \bar{z}_0 при ударе, получим

$$\bar{z}_0 = \sqrt{(0,027 \cdot 0,925)^2 + 0,350^2} = 0,351 \text{ мм.}$$

Проверим влияние колебаний вспомогательных балок на людей без учета дополнительных колебаний главной балки, так как в случае отрицательного результата расчет главной балки оказался бы излишним.

4. Проверка влияния колебаний вспомогательных балок на людей

Частота собственных колебаний вспомогательной балки по основному тону равна:

$$n_1 = \frac{\rho_1}{2\pi} = \frac{157}{6,28} = 25 \text{ гц.}$$

Согласно п. 1.5 допускаемая амплитуда колебаний при частотах более 10 гц определяется по допускаемой скорости колебаний, т. е. по формуле (3):

$$a_0 = \frac{v_0}{2\pi n_1} (1 + d).$$

Здесь

$$d = 10\gamma \left(1 - \frac{T_1}{T_0}\right) = 10 \cdot 0,1 \left(1 - \frac{0,04}{1,2}\right) = 0,97.$$

В соответствии с примечанием к табл. 3 и данными по маслоизготовителю (режимы повторных ударов в общей сложности длятся не более 15% рабочего времени) за допускаемую скорость можно принять

$$v_0 = 2,3 = 6 \text{ мм/сек.}$$

Следовательно, допускаемая амплитуда при частоте 25 гц равна:

$$a_0 = \frac{6 \cdot 1,97}{6,28 \cdot 25} = 0,075 \text{ мм.}$$

Вычисление Φ_z с учетом продолжительности ударного импульса

| i | μ_i Формула (37) табл. 36 | λ_i Табл. 12 | ρ_i Формула (83) | $T_i = \frac{2\pi}{\rho_i}$ | $\tau_i = \frac{\tau}{T_i}$ | ε_i Табл. 8 | $b_i = X_i^{(2)} \left(\frac{1}{5}\right) + X_i^{(2)} \left(\frac{4}{5}\right)$ Формулы (73) и (68) табл. 36 | $\frac{\rho_i}{\rho_1}$ | $e = -0,0785 \frac{\rho_i}{\rho_1}$ | $\frac{\rho_i}{\rho_1} e^{-0,0785 \frac{\rho_i}{\rho_1}}$ | a_i Формула (72) | $X_i^{(2)} \left(\frac{1}{2}\right)$ Табл. 36 | $a_i X_i^{(2)} \left(\frac{1}{2}\right)$ | $\Phi_z = \sum_{i=1}^n a_i X_i \left(\frac{1}{2}\right)$ Формула (71) |
|-----|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---|-------------------------|-------------------------------------|---|-----------------------|--|--|--|
| 1 | 56,5 | 9,87 | 157 | 0,04 | 2 | 0,212 | -0,7436 | 1 | 0,925 | 0,925 | -0,1455 | -0,6325 | 0,0921 | 0,0921 |
| 2 | 55,2 | 10,95 | 176,5 | 0,0356 | 2,25 | 0,182 | -0,6073 | 1,125 | 0,916 | 0,815 | -0,09 | -0,5272 | 0,0475 | 0,1396 |
| 3 | 53,5 | 13,69 | 225 | 0,0279 | 2,87 | 0,128 | 0,3015 | 1,435 | 0,894 | 0,623 | 0,0241 | 0,2788 | 0,0067 | 0,1463 |
| 4 | 58,1 | 17,25 | 272 | 0,023 | 3,47 | 0,1 | 0,8566 | 1,73 | 0,873 | 0,505 | 0,0432 | 0,8812 | 0,038 | 0,1843 |
| 5 | 55,8 | 20,7 | 333 | 0,0188 | 4,25 | 0,08 | 0,6517 | 2,12 | 0,847 | 0,399 | 0,0208 | 0,7699 | 0,016 | 0,2003 |
| 6 | 63,8 | 39,48 | 594 | 0,0106 | 7,55 | 0,043 | 0 | 3,78 | 0,743 | 0,196 | 0 | 0 | 0 | 0,2003 |

Условие (9) п. 1.16 инструкции, которое в данном случае записывается как $\bar{z}_0 \leq a_0$, не удовлетворяется. Расчетная амплитуда \bar{z}_0 почти в 5 раз превышает допускаемую. Очевидно, необходимо предусмотреть мероприятия, существенно уменьшающие скорость колебаний перекрытия.

При данных условиях наиболее эффективным и экономичным мероприятием по уменьшению скорости колебаний является виброизоляция маслоизготовителя (п. 5.6 инструкции).

5. Расчет вспомогательных балок на действие виброизолированного маслоизготовителя

Маслоизготовитель устанавливается на 10 одинаковых виброизоляторов — комбинированных стальных и резиновых пружин, расположенных симметрично по контуру жесткой опорной рамы и опирающихся на перекрытие (рис. 21). Резина вводится для уменьшения

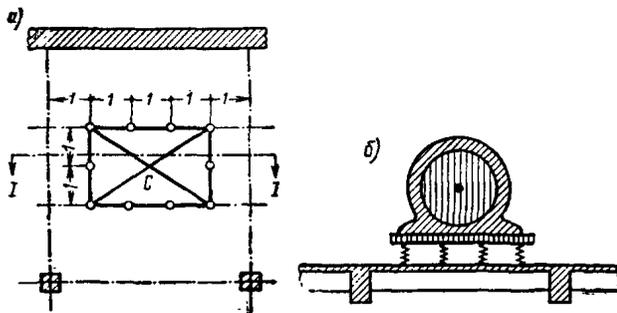


Рис. 21. Схема опирания рамы маслоизготовителя на виброизоляторы:

а — план; б — разрез по 1-1

времени затухания колебаний маслоизготовителя на виброизоляторах, возникающих при падении масла. Общую жесткость стальных и резиновых пружин подбираем из условия, чтобы частота собственных колебаний маслоизготовителя на виброизоляторах n_B была

приблизительно в 6 раз меньше основной частоты собственных колебаний вспомогательных балок (см. п. 1.9 инструкции). Назначаем $n_B = 4$ гц. В таком случае круговая частота собственных колебаний маслоизготовителя на виброизоляторах будет равна:

$$p_B = 2\pi n_B = 25,1 \text{ рад/сек.}$$

Маслоизготовитель на виброизоляторах при его вертикальных колебаниях можно рассматривать как систему с одной степенью свободы, учитывая, что центр масс и центр жесткости установки лежат на одной вертикали, а жесткость пружин мала в сравнении с обобщенной жесткостью балок перекрытия. Действительно, из формулы (16) для круговой частоты системы с одной степенью свободы

$$p_B = \sqrt{\frac{k_B}{m_1}},$$

где m_1 — масса маслоизготовителя с пахтой, равная

$$m_1 = \frac{W}{g} = \frac{3200}{9,8} = 326 \text{ кг·сек}^2/\text{м},$$

определяется общая жесткость виброизоляторов:

$$k_B = m_1 p_B^2 = 326 \cdot 25,1^2 = 205\,000 \text{ кг/м} = 2050 \text{ кг/см.}$$

Обобщенная жесткость двух вспомогательных балок K равна силе, которую надо приложить в центре C жесткой опорной рамы, свободно опирающейся на перекрытие в тех же десяти точках через абсолютно жесткие опоры, чтобы вызвать перемещение рамы, равное единице. Учитывая, что абсолютно жесткая рама при изгибе балок будет опираться только в четырех угловых точках, и считая приближенно все четыре реакции P_1 в этих точках одинаковыми, получим для относительной абсциссы точки приложения силы $\alpha_0 = 0,2$ величину этой реакции

$$P_1 = \frac{EI \cdot 1}{0,0049 l^3}.$$

Обобщенная жесткость двух балок будет равна:

$$K = 4P_1 = \frac{4 \cdot 89,9 \cdot 10^5}{0,0049 \cdot 125} = 653 \cdot 10^5 \text{ кг/м} = 653\,000 \text{ кг/см.}$$

Общая жесткость виброизоляторов составляет таким образом 0,3% обобщенной жесткости балок.

Указания по проектированию виброизоляции и по расчету пружин (в частности, по подбору соотношения между жесткостями стальных и резиновых пружин для обеспечения надлежащего затухания) даны в Инструкции И 204—55 (см. п. 1.9). Выбираем $\gamma_B = 0,1$ (коэффициент неупругого сопротивления виброизоляторов).

Согласно п. 4.7 наибольшая амплитуда колебаний балок под действием виброизолированного маслоизготовителя равна их прогибам от сил \bar{P}_B и P_1 , приложенных к центру C опорной рамы, вычисляемых по формулам (14) и (15) п. 2.10:

$$P_B = \frac{2\pi}{T_B} S \times \left(\frac{T_B}{2T_1} \right) \varepsilon \left(\frac{\tau}{T_B} \right) e^{-\frac{\pi\gamma_B}{4}},$$

$$\bar{P}_B = \sqrt{\omega^2 + P_B^2},$$

$$P_1 = 2\pi \frac{T_1}{T_B^2} S \varepsilon \left(\frac{\tau}{T_1} \right) e^{-\frac{\pi\gamma}{4}}.$$

Здесь

$$S = 310 \text{ кг}\cdot\text{сек}, \quad \tau = 0,08 \text{ сек}, \quad \gamma_B = \gamma = 0,1;$$

$$T_B = \frac{1}{n_B} = 0,25 \text{ сек}, \quad T_1 = \frac{2\pi}{p_1} = \frac{2\pi}{164} \approx 0,04 \text{ сек}$$

(круговая частота $p_1 = 164 \text{ рад/сек}$ вычислена без учета массы маслоизготовителя, согласно примечанию к п. 2.10):

$$e^{-\frac{\pi\gamma}{4}} = 0,925, \quad \frac{\tau}{T_B} = 0,32, \quad \varepsilon \left(\frac{\tau}{T_B} \right) = 0,935, \quad \frac{\tau}{T_1} = 2,$$

$$\varepsilon \left(\frac{\tau}{T_1} \right) = 0,212, \quad \frac{T_B}{2T_1} = 3,1, \quad \varepsilon \left(\frac{T_B}{2T_1} \right) = 1,12.$$

$$\omega = 600 \text{ кг}.$$

Подставляя эти значения в формулы для P_B и P_1 , получим:

$$P_B = \frac{6,28}{0,25} 310 \cdot 1,12 \cdot 0,935 \cdot 0,925 = 7550 \text{ кг},$$

$$\bar{P}_B = \sqrt{600^2 + 7550^2} = 7570 \text{ кг},$$

$$P_1 = 6,28 \frac{0,04}{0,0625} 310 \cdot 0,212 \cdot 0,925 = 244 \text{ кг}.$$

Найдем прогиб $z_{ст}$ в середине пролета вспомогательной балки, вызываемый некоторой силой P , приложенной статически к центру опорной рамы виброизолированной установки. С достаточной точностью можно считать, что реакции пружин R во всех точках опирания одинаковы (вследствие податливости пружин) и равны $R = P/10$. Применяя известные методы статики неразрезных балок на жестких опорах, получаем (рис. 22,а):

$$\begin{aligned} z_{ст} &= z_{\alpha=0,2} + z_{\alpha=0,4} + z_{\alpha=0,6} + z_{\alpha=0,8} = \\ &= (0,00561 \cdot 1,5 + 0,01033 + 0,00984 + 0,00570 \cdot 1,5) \times \\ &\times \frac{Rl^3}{EI} = 0,00372 \frac{Pl^3}{EI} = \frac{0,00372 \cdot 5^3}{89,9 \cdot 10^5} P = \\ &= 517 \cdot 10^{-10} P \text{ м}. \end{aligned}$$

Подставляя сюда вместо P значения сил \bar{P}_B и P_1 , находим амплитуды двух колебаний вспомогательной балки в середине второго пролета:

$$\bar{z}_B = 517 \cdot 10^{-10} \cdot 7570 = 0,391 \cdot 10^{-3} \text{ м} \approx 0,39 \text{ мм};$$

$$\bar{z}_1 = 517 \cdot 10^{-10} \cdot 244 = 0,0126 \cdot 10^{-3} \text{ м} \approx 0,013 \text{ мм},$$

$$p_B = 25,1 \text{ рад/сек} \text{ и } p_1 = 164 \text{ рад/сек}.$$

На первый взгляд может показаться, что виброизоляция маслоизготовителя только ухудшила дело, так как амплитуда первого колебания получилась даже больше, чем она была до виброизоляции. Но при ближайшем рассмотрении станет ясным, что мы полностью достигли желаемого результата.

6. Проверка влияния на людей колебаний вспомогательных балок при работе виброизолированного маслоизготовителя

До виброизоляции маслоизготовителя вспомогательные балки колебались с начальной амплитудой $z_0 = 0,35 \text{ мм}$ и частотой $n_1 = 25 \text{ гц}$. После его виброизоляции балки имеют два колебания: первое — с начальной амплитудой $z_B \approx 0,39 \text{ мм}$ и частотой $n_B = 4 \text{ гц}$ и второе — с начальной амплитудой $z_1 = 0,013 \text{ мм}$ и частотой $n_1 = 26,1 \text{ гц}$. Согласно п. 1.166 инструкции условие (9) можно проверять для каждого из двух колебаний отдельно. Обращаясь к п. 1.5 инструкции, заключаем, что первое колебание должно проверяться по ускорению (так как $n_B < 10 \text{ гц}$), а второе колебание — по скорости (так как $n_1 > 10 \text{ гц}$).

В соответствии с примечанием к табл. 3 п. 1.5, учитывая, что общая длительность колебательного режима перекрытия не превышает 15% рабочего времени, принимаем за допустимое ускорение значение $\omega_0 = 435 \text{ мм/сек}^2$, а за допустимую скорость значение $v_0 = 6 \text{ мм/сек}$.

Для первого колебания допустимая амплитуда будет равна по формуле (4) п. 1.5:

$$a_0 = \frac{\omega_0}{4\pi^2 n_B^2} (1+d) = \frac{435 \cdot 1,79}{4 \cdot 9,87 \cdot 16} = 1,24 \text{ мм},$$

где

$$d = 10 \gamma \left(1 - \frac{T_B}{T_0} \right) = 10 \cdot 0,1 \left(1 - \frac{0,25}{1,2} \right) = 0,79.$$

Но поскольку допустимая амплитуда согласно п. 1.5 не должна превышать 1,2 мм, принимаем $a_0 = 1,2 \text{ мм}$.

Следовательно, расчетная амплитуда $\bar{z}_B = 0,39 \text{ мм}$ первого колебания в 3 раза меньше допустимой.

Для второго колебания допустимая амплитуда будет равна по формуле (3) п. 1.5 (см. п. 4 настоящего расчета):

$$a_0 = \frac{v_0}{2\pi n_1} (1+d) = \frac{6 \cdot 1,97}{6,28 \cdot 26,1} = 0,072 \text{ мм}.$$

Следовательно, расчетная амплитуда $\bar{z}_1 = 0,013 \text{ мм}$ второго колебания в 5,5 раза меньше допустимой.

Таким образом, если до виброизоляции маслоизготовителя амплитуда колебаний вспомогательных балок в несколько раз превышала допустимую, то после его виброизоляции амплитуды колебаний балок в несколько раз меньше допустимых.

7. Учет влияния колебаний главных балок

Теперь своевременно учесть дополнительное влияние колебаний главных балок, возникающих при действии

виброизолированного маслоизготовителя. На главную трехпролетную балку действуют в третях крайнего пролета две силы, передающиеся через опоры вспомогательных балок. Примем приближенную расчетную схему, показанную на рис. 22,б, согласно которой каждая сила равна половине сил, действующих на вспомогательную

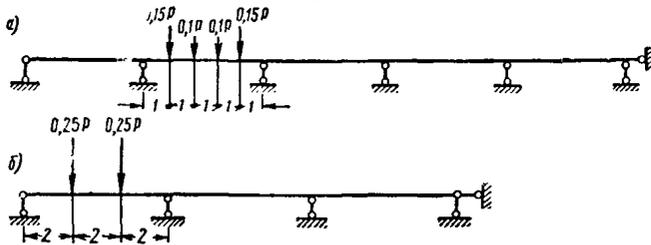


Рис. 22. Схема передачи на балку через виброизоляторы силы P , приложенной в центре рамы маслоизготовителя
а — вспомогательная балка; б — главная балка

балку, или одной четверти силы P , действующей на маслоизготовитель.

Сила P имеет два значения \bar{P}_B и P_1 , вычисленные ранее. Амплитуда колебаний главной балки определится как статический прогиб в середине первого пролета от указанных сил. Определяя прогиб методами статике неразрезных балок, получим

$$z_{ст} = (0,0116 + 0,0128) \frac{0,25Pl^3}{EI} = 0,0061 \frac{6^3 P}{580 \cdot 10^5} = 227 \cdot 10^{-10} P \text{ м.}$$

Подставляя сюда вместо P значения \bar{P}_B и P_1 , полученные выше, найдем:

$$\bar{z}_B = 227 \cdot 10^{-10} \cdot 7570 = 0,172 \cdot 10^{-3} \text{ м} \approx 0,17 \text{ мм};$$

$$\bar{z}'_1 = 227 \cdot 10^{-10} \cdot 244 = 0,0055 \cdot 10^{-3} \text{ м} \approx 0,006 \text{ мм}.$$

Итак, главная балка имеет также два колебания: первое с амплитудой $\bar{z}'_B = 0,17 \text{ мм}$ и частотой $n_B = 4 \text{ гц}$ и второе с амплитудой $\bar{z}'_1 = 0,006 \text{ мм}$ и частотой собст-

венных колебаний $n_1 = 25 \text{ гц}$, практически совпадающей с частотой собственных колебаний вспомогательной балки (см. п. 2 настоящего примера).

Следовательно, полная амплитуда колебаний перекрытия может быть получена как сумма амплитуд колебаний вспомогательной и главной балок. Считая в запас, что амплитуды колебаний главной балки в трети и половине пролета мало отличаются, имеем:

$$\bar{z}_{ов} = \bar{z}_B + \bar{z}'_B = 0,39 + 0,17 = 0,56 \text{ мм} < 1,2 \text{ мм};$$

$$\bar{z}_{о1} = \bar{z}_1 + \bar{z}'_1 = 0,013 + 0,006 = 0,019 \text{ мм} < 0,072 \text{ мм}$$

Таким образом, колебания перекрытия, после виброизоляции маслоизготовителя, безвредны для людей.

8. Проверка прочности перекрытия

Так как амплитуда колебаний превышает $1/50000$ пролета балки (п. 1.17 инструкции), при проверке прочности перекрытия необходимо учитывать динамические изгибающие моменты от импульсивной нагрузки.

Согласно п. 4.7 инструкции изгибающий момент от действия виброизолированного маслоизготовителя можно определять статическим расчетом на нагрузку $P = \bar{P}_B + mg$, где $\bar{P}_B = 7570 \text{ кг}$ определено выше, а $w = mg = 600 \text{ кг}$ — вес падающего масла. Обращаясь к схеме действия сил на вспомогательную балку (рис. 22,а), находим динамический изгибающий момент по середине второго пролета этой балки:

$$M_d = 0,04 Pl = 0,04 (\bar{P}_B + mg) l = 0,04 \cdot 8170 \cdot 5 = 1634 \text{ кг}\cdot\text{м}.$$

Этот момент и должен быть подставлен в формулы (7) и (8), выражающие соответственно условия статической прочности и выносливости. Арматура должна быть подобрана так, чтобы оба эти условия выполнялись. Аналогично проверяются эти условия для главной балки, причем динамический изгибающий момент можно определять по расчетной схеме на рис. 22,б.

Пример 3. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАМЕРЫ ОГРАЖДЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ЦЕНТРИФУГИ

1. Задание

Камера служит для ограждения горизонтальной центрифуги, на которой производится испытание некоторых приборов. Прибор может срываться с центрифуги и с большой скоростью ударять в стену камеры. Его полет может быть как горизонтальным, так и с некоторым углом возвышения. При всех углах вылета прибора с центрифуги высота стен (3,5 м) обеспечивает пересечение траектории прибора со стенами камеры. Требуется запроектировать камеру так, чтобы предотвратить возможность разрушения и сквозного пробивания прибором стен и двери камеры.

План и поперечный разрез камеры показаны на рис. 23. Внутренние размеры камеры $3,5 \times 3,5 \times 3,5 \text{ м}$.

Необходимые для проектирования данные приведены ниже:

Вес испытываемого прибора $P = 30 \text{ кг}$
Кинетическая энергия прибора в момент отрыва его от центрифуги $T = 160 \text{ кг}\cdot\text{м}$
Диаметр окружности, описываемой

центром массы прибора при вращении центрифуги $d = 1,5 \text{ м}$
Наименьшее расстояние от центра массы прибора до стены $l_1 = 1 \text{ м}$
Высота центра массы прибора над полом камеры $h_0 = 1,65 \text{ м}$
Расстояние от оси вала центрифуги до стен по нормали к ним $l_0 = 1,75 \text{ м}$
Число оборотов центрифуги $n_0 = 130 \text{ об/мин}$
Материал прибора — сталь специальная
Форма прибора — прямоугольный параллелепипед
Наименьшая площадь грани прибора $F_0 = 15 \times 15 \text{ см}^2$
Направление вращения центрифуги — против хода часовой стрелки при взгляде сверху

По опытным данным прямой удар прибора углом в неподвижный бетонный массив производит вмятину глубиной около 25 мм.

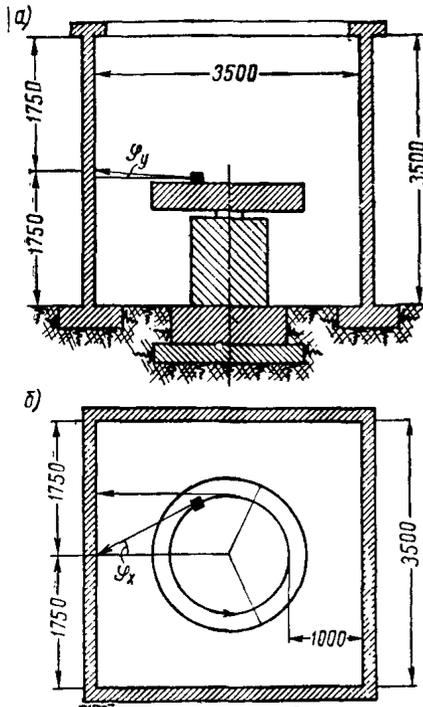


Рис. 23. Камера ограждения центрифуги
а—поперечный разрез; б—план

2. Определение характеристик импульсивной (ударной) нагрузки

Масса прибора

$$m = \frac{P}{g} = \frac{30}{9,8} = 3,06 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2/\text{м}.$$

Начальная горизонтальная скорость прибора (из условия $2T = m v_0^2$)

$$v_0 = \sqrt{\frac{2T}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 160}{3,06}} = 10,25 \text{ м/сек}.$$

Для определения категории данной импульсивной нагрузки (см. п. 1.3 инструкции) определяем величину ударного импульса по формуле (13) (п. 2.7), принимая коэффициент восстановления удара из табл. 9 равным $\nu = 0,15$,

$$\bar{S} = m v_0 (1 + \nu) = 3,06 \cdot 10,25 \cdot 1,15 = 36 \text{ кг} \cdot \text{сек}.$$

Далее необходимо определить величину эквивалентного (по первому тону колебаний) мгновенного импульса по формуле (12) п. 2.6:

$$S_1 = \epsilon_1 \left(\frac{\tau}{T_1} \right) \bar{S}.$$

Основной период T_1 собственных колебаний стены ограждения нам заранее неизвестен, поэтому принимаем его согласно примечанию 4 к п. 1.3 равным $T_1 = 0,15 \text{ сек}$.

Продолжительность удара τ оценим приближенно из условия, что, согласно приведенным выше данным, прибор теряет скорость на пути, равном $h^* = 25 \text{ мм}$. Считая движение прибора на этом пути равнозамедленным, получим из соотношения

$$\frac{v_0 \tau}{2} = h^*$$

продолжительность удара τ :

$$\tau = \frac{2h^*}{v_0} = \frac{2 \cdot 0,025}{10,25} \approx 0,005 \text{ сек}.$$

Заметим, что если бы данные для оценки продолжительности отсутствовали, мы приняли бы ее равной $0,001 \text{ сек}$ в соответствии с примечанием 5 к п. 2.4.

Для отношения $\tau/T_1 = \frac{0,005}{0,15} = 0,033$ находим из табл. 8 п. 2.6 $\epsilon_1 = 1$. Следовательно,

$$S_1 = 1 \cdot 36 = 36 \text{ кг} \cdot \text{сек}.$$

Согласно табл. 1, п. 1.3 данный сосредоточенный импульс относится к III категории (сильный импульс), а согласно п. 2.3 его следует считать кратковременным (не мгновенным), так как $\tau > 0,1 T_n$, где $T_n = 0,05 T_1 = 0,0075 \text{ сек}$.

Поскольку вес прибора заведомо меньше веса стены, обращаемся к разделу Г приложения 3. Так как условие (115) удовлетворяется (учитывая, что значение $T_1 = 0,15 \text{ сек}$ заведомо преувеличено):

$$\epsilon_1 \frac{v_0 p_1}{g} = \epsilon_1 \frac{2\tau v_0}{g T_1} = \frac{1 \cdot 6,28 \cdot 10,25}{9,8 \cdot 0,15} = 44 \approx 50,$$

то справедливы формулы (116). Это значит, что расчет можно вести по формулам прил. 2, принимая за импульс силы ударный импульс.

Как видно из рис. 23, прибор может ударять в любую точку стены, находящуюся выше 1,6 м (высота прибора над полом минус снижение h' прибора за время полета, равное 5 см, определяемое по очевидной формуле $h_1 = g t_1^2 / 2 v_0^2$). За расчетный случай принимается косой удар в центр плиты, поскольку он более невыгоден, чем прямой удар в четверти пролета плиты.

Проекция S на нормаль к плите косого импульса \bar{S} , приложенного к центру плиты, равна

$$S = \bar{S} \cos \varphi_x \cos \varphi_y = 36 \cdot 0,91 \cdot 1 = 32,8 \text{ кг} \cdot \text{сек}.$$

Здесь φ_x и $\varphi_y \approx 0$ — углы между нормалью к плите и проекциями косого импульса, приложенного в центре плиты, соответственно на горизонтальную и вертикальную плоскости (рис. 23).

Форму импульса принимаем колоколообразной (6-я форма в табл. 8 и на рис. 2) в соответствии с примечанием 4 к п. 2.4.

Итак, расчет стены ведется на сосредоточенный одиночный кратковременный импульс $S = 32,8 \text{ кг} \cdot \text{сек}$, приложенный в центре стены нормально к ее плоскости, имеющий продолжительность $\tau = 0,005 \text{ сек}$ и колоколообразную форму.

3. Общие соображения по проектированию и расчету стен камеры ограждения

Для увеличения массы и затухания колебаний стен камеры с целью уменьшения прогибов и внутренних усилий (см. п. 1.8 и раздел 5 инструкции), принимаем стены выполненными в железобетоне.

Заметим, что предписываемые п. 1.5 инструкции ограничения амплитуды колебаний по соображениям их вредного влияния на людей или точное оборудование здесь отпадают согласно п. 1.18 (импульс — одиночный, а элемент — вертикальный), но остается в силе ограничение амплитуды с целью сохранения целостности шту-

катушки. Согласно этому ограничению (п. 1.5) амплитуда не должна превышать 1,2 мм.

Учитывая возможность появления вследствие ударов трещин в местах сопряжения стен, расчет стены производится ниже, как квадратной плиты, свободно опертой по контуру.

4. Подбор толщины стены по допусжаемому прогибу от удара

До уточненного расчета стены на удар установим ее толщину по допусжаемому прогибу, основываясь на грубой оценке амплитуды z_0 возникающих при ударе колебаний в ее центре. Зададимся ориентировочным значением толщины стены $h=12$ см.

По первой формуле (77) (прил. 2) имеем

$$z_0 = \frac{S}{m_0 \rho_1} \Phi_z(\alpha, \beta),$$

причем в данном случае $\alpha = \beta = 0,5$; $\alpha_0 = \beta_0 = 0,5$, $\eta = 1$. Так как импульс относится к III категории, принимаем $\gamma = 0,10$.

Для приближенной оценки амплитуды сверху будем считать импульс мгновенным. Из табл. 54 (1) (прил. 6) находим $\Phi_z = 5,37$

Круговая частота ρ_1 определяется по формуле (39) (прил. 1):

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1^2}{l^2} \sqrt{\frac{D}{\mu_0}}.$$

Здесь

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu_0^2)} = \frac{24 \cdot 10^8 \cdot 0,12^3}{12 \left(1 - \frac{1}{6^2}\right)} = 35,7 \cdot 10^4 \text{ кг}\cdot\text{м}.$$

Принимаем $E = E_0 = 24 \cdot 10^4$ кг/см²; $\nu_0 = 1/6$,

$$\mu_0 = \frac{\gamma_0 h}{g} = \frac{2400 \cdot 0,12}{9,8} = 29,4 \text{ кг}\cdot\text{сек}^2/\text{м}^3,$$

$$m_0 = \mu_0 l b = 29,4 \cdot 3,5 \cdot 3,5 = 360 \text{ кг}\cdot\text{сек}^2/\text{м},$$

$$\lambda_1^2 = \pi^2 (1 + \gamma^2) = 9,87 \cdot 2 = 19,74$$

Вычисляя ρ_1 , получим

$$\rho_1 = \frac{19,74}{3,5^2} \sqrt{\frac{35,7 \cdot 10^4}{29,4}} = 177 \text{ рад/сек}.$$

Подставляя эти данные в формулу для z_0 , находим

$$z_0 = \frac{32,8 \cdot 5,37}{360 \cdot 177} = 0,0028 \text{ м} = 2,8 \text{ мм} > 1,2 \text{ мм}.$$

Амплитуда значительно превышает допусаемую. Принимаем толщину плиты $h=15$ см. Подсчитывая D , μ_0 , m_0 и ρ_1 , получим

$$D = 69,5 \cdot 10^4 \text{ кг}\cdot\text{м}; \quad \mu_0 = 36,7 \text{ кг}\cdot\text{сек}^2/\text{м}^3;$$

$$m_0 = 450 \text{ кг}\cdot\text{сек}^2/\text{м};$$

$$\rho_1 = 247 \text{ рад/сек}.$$

Следовательно,

$$z_0 = \frac{32,8 \cdot 5,37}{450 \cdot 247} = 0,0016 \text{ м} = 1,6 \text{ мм} > 1,2 \text{ мм}.$$

Расчетная амплитуда все же превышает допусаемую. Тем не менее назначим окончательно толщину пли-

ты $h=15$ см, учитывая, что мы получили оценку амплитуды сверху и что дальше будут предложены мероприятия, предотвращающие местные повреждения стены, которые вместе с тем уменьшают амплитуду ее колебаний при ударе.

Уточним теперь категорию импульса, установленную ранее ориентировочно.

Основная частота n_1 и период T_1 собственных колебаний стены равны соответственно:

$$n_1 = \frac{\rho_1}{2\pi} = \frac{247}{6,28} = 39,3 \text{ гц}; \quad T_1 = \frac{1}{n_1} = 0,025 \text{ сек}.$$

Определяем

$$\tau_1^* = \frac{\varepsilon}{T_1} = \frac{0,005}{0,025} = 0,2$$

и согласно п. 2.6 $\varepsilon_1 = 0,97$. Следовательно, по уточненному расчету импульс получается также III категории. Для γ из табл. 2 принимаем окончательно $\gamma = 0,1$.

5. Уточненное определение наибольших перемещений и изгибающих моментов в стене от удара

Для определения z_0 и M_0 (в центре квадратной плиты $M_0^x = M_0^y = M_0$) служат две первые формулы (77):

$$z_0 = \frac{S}{m_0 \rho_1} \Phi_z; \quad M_0 = -\frac{SD}{m_0 \rho_1 l^2} \Phi_M.$$

Если импульс считать мгновенным, то с помощью табл. 54(1) получаются оценки z_0 и M_0 сверху: $z_0 = 1,6$ мм (см. выше) и

$$M_0 = \frac{32,8 \cdot 69,5 \cdot 10^4}{450 \cdot 247 \cdot 3,5^2} 191 = 3200 \text{ кг}\cdot\text{м/м}.$$

Подчеркнем, что оценка сверху M_0 более завышена, нежели оценка сверху z_0 , так как при замене $\tau = 0,005$ сек на $\tau = 0$ момент увеличивается гораздо больше, чем перемещение.

Вычислим точные значения Φ_z и Φ_M , учитывая конечную продолжительность импульса.

Значения исходных величин, от которых зависят Φ_z и Φ_M , в рассматриваемом случае таковы:

$$\alpha_0 = \beta_0 = \frac{1}{2}; \quad \alpha = \beta = \frac{1}{2}; \quad \eta = \frac{l}{b} = 1;$$

$$\gamma_0 = 0,1; \quad \tau = 0,005 \text{ сек}; \quad T_1 = 0,025 \text{ сек}.$$

В рядах (78) для Φ_z и Φ_M удерживаем 25 членов в соответствии с п. 3.6:

$$\Phi_z = \sum_{i=1}^{25} \left| a_i A_i \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right) \right|;$$

$$\Phi_M = \sum_{i=1}^{25} \left| a_i B_i \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right) \right|.$$

Коэффициенты A_i и B_i выражаются формулами (82); коэффициенты a_i выражаются формулой (79) через коэффициенты b_i , определяемые по формуле (80):

$$b_i = X_r \left(\frac{1}{2} \right) Y_j \left(\frac{1}{2} \right).$$

Обращаясь к табл. 21, замечаем, что из 25 коэффициентов b_i отличны от нуля только 9, которые соответствуют нечетным индексам r и j . Поэтому в каждой из сумм для Φ_z и Φ_M будет только 9 слагаемых.

Для вычисления Φ_z и Φ_M составляем табл. 61, пользуясь формулами (39), (79), (80) и (82) и таблицами 8, 13 и 21.

Учитывая правило знаков для Φ_z и Φ_M , получаем:

$$\Phi_z = 4,29; \quad \Phi_M = -87,5$$

и значения z_0 и M_0 :

$$z_0 = 1,27 \text{ мм}; \quad M_0 = 1470 \text{ кг}\cdot\text{м/м}.$$

Таким образом, в результате уточненного расчета амплитуда стала почти равна допускаемой, а изгибающий момент уменьшился вдвое. Заметим, что если в табл. 61 принять все $\epsilon_i = 1$, то мы получили бы значения $\Phi_z = 5,37$ и $\Phi_M = 191$, отвечающие мгновенному импульсу. Заметим также, что если в рядах для Φ_z и Φ_M удерживать только первый член ряда, то, как видно, из табл. 61, изгибающий момент получился бы преуменьшенным в 2 раза.

6. Определение диаметра арматуры железобетонных стен

Мы получили максимум $M_0 = 1470 \text{ кг}\cdot\text{м/м}$ в центре плиты на единицу ширины. Учитывая, что изгибающие моменты в стене после удара знакопеременны, а их эпюры симметричны относительно осей x и y , примем армирование двойной сеткой из стержней одинакового диаметра в обоих направлениях.

Исходя из схемы работы сечения по первой стадии, легко подсчитать, что в центре плиты в крайних фибрах сечения бетон испытывал бы относительные деформации растяжения около $2 \cdot 10^{-4}$, что превышает предельную относительную растяжимость тяжелого бетона. Поэтому следует считать бетон выключенным из работы и передать изгибающий момент полностью на арматуру. В таком случае

$$M_0 \leq m m_a R_a S_a,$$

где

$$S_a = h_0 F_a; \quad F_a = F'_a; \quad m = 1; \quad m_a = 0,9;$$

$$R_a = 2100 \text{ кг/см}^2; \quad h_0 = 11 \text{ см}.$$

Таблица 61

Вычисление Φ_z и Φ_M с учетом продолжительности импульса

| i | r | j | $X_r\left(\frac{1}{2}\right)$ | $Y_j\left(\frac{1}{2}\right)$ | b_i | λ_i^2 | $\frac{p_i}{p_1}$ | $\frac{p_1}{p_i} e^{-0,0785 \frac{p_i}{p_1}}$ | $T_i = \frac{p_1}{p_i} T_1$ | $\tau_i^* = \frac{\tau}{T_i}$ |
|-----|-----|-----|-------------------------------|-------------------------------|-------|---------------|-------------------|---|-----------------------------|-------------------------------|
| 1 | 1 | 1 | $\sqrt{2}$ | $\sqrt{2}$ | 2 | $2\pi^2$ | 1 | 0,9245 | 0,025 | 0,2 |
| 5 | 1 | 3 | $\sqrt{2}$ | $-\sqrt{2}$ | -2 | $10\pi^2$ | 5 | 0,1351 | 0,005 | 1 |
| 6 | 3 | 1 | $-\sqrt{2}$ | $\sqrt{2}$ | -2 | $10\pi^2$ | 5 | 0,1351 | 0,005 | 1 |
| 9 | 3 | 3 | $-\sqrt{2}$ | $-\sqrt{2}$ | 2 | $18\pi^2$ | 9 | 0,0548 | 0,0028 | 1,8 |
| 17 | 1 | 5 | $\sqrt{2}$ | $\sqrt{2}$ | 2 | $26\pi^2$ | 13 | 0,0276 | 0,0019 | 2,6 |
| 18 | 5 | 1 | $\sqrt{2}$ | $\sqrt{2}$ | 2 | $26\pi^2$ | 13 | 0,0276 | 0,0019 | 2,6 |
| 21 | 3 | 5 | $-\sqrt{2}$ | $\sqrt{2}$ | -2 | $34\pi^2$ | 17 | 0,0155 | 0,0015 | 3,3 |
| 22 | 5 | 3 | $\sqrt{2}$ | $-\sqrt{2}$ | -2 | $34\pi^2$ | 17 | 0,0155 | 0,0015 | 3,3 |
| 25 | 5 | 5 | $\sqrt{2}$ | $\sqrt{2}$ | 2 | $50\pi^2$ | 25 | 0,0056 | 0,001 | 5 |

| ϵ_i | a_i | A_i | $a_i A_i$ | $\Phi_z = \sum_1^i a_i A_i $ | $X_r''\left(\frac{1}{2}\right)$ | $Y_j''\left(\frac{1}{2}\right)$ | B_i | $a_i B_i$ | $\Phi_M = \sum_1^i a_i B_i $ |
|--------------|---------|-------|-----------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------|-----------|-------------------------------|
| 0,974 | 1,802 | 2 | 3,604 | 3,604 | -14 | -14 | -23 | -41,5 | 41,5 |
| 0,543 | -0,1468 | -2 | 0,2936 | 3,898 | -14 | 125,6 | 49,4 | -7,23 | 48,7 |
| 0,543 | -0,1468 | -2 | 0,2936 | 4,191 | 125,6 | -14 | 180,5 | -26,4 | 75,1 |
| 0,252 | 0,0276 | 2 | 0,0552 | 4,246 | 125,6 | 125,6 | -207 | -5,72 | 80,9 |
| 0,145 | 0,008 | 2 | 0,016 | 4,262 | -14 | 349 | 62,8 | +0,5 | 81,4 |
| 0,145 | 0,008 | 2 | 0,016 | 4,278 | 349 | -14 | 490,7 | +3,93 | 85,3 |
| 0,107 | -0,0033 | -2 | 0,0066 | 4,285 | 125,6 | 349 | 94,5 | -0,31 | 85,6 |
| 0,107 | -0,0033 | -2 | 0,0066 | 4,292 | 349 | 126,6 | -464,5 | +1,53 | 87,1 |
| 0,066 | 0,0007 | 2 | 0,0014 | <u>4,293</u> | 349 | 349 | 575 | +0,4 | <u>87,5</u> |

Отсюда находим площадь сечения F_a на 1 м ширины плиты:

$$F_a = \frac{M_0}{mm_a R_a h_0} = \frac{147\,000}{1 \cdot 0,9 \cdot 2100 \cdot 11} = 7,1 \text{ см}^2$$

и диаметр арматуры (учитывая, что на 1 м приходится 10 стержней)

$$d = \sqrt{\frac{4F_a}{10\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,1}{31,42}} = 0,95 \text{ см.}$$

Принимаем диаметр арматуры $d=10 \text{ мм}$.

7. Расчет деревянного амортизатора, предотвращающего местные повреждения стены

Установленные выше толщина стены и сечение арматуры обеспечивают общую прочность камеры ограждения, воспринимающей удар летящего прибора с заданными параметрами. Однако при невыгодном ударе прибора в стену — углом возможны существенные местные повреждения стен — выкол бетона с повреждением арматуры.

Во избежание сильных местных повреждений стены рекомендуется устройство на стене деревянного амортизатора, конструкция которого показана на рис. 24. По

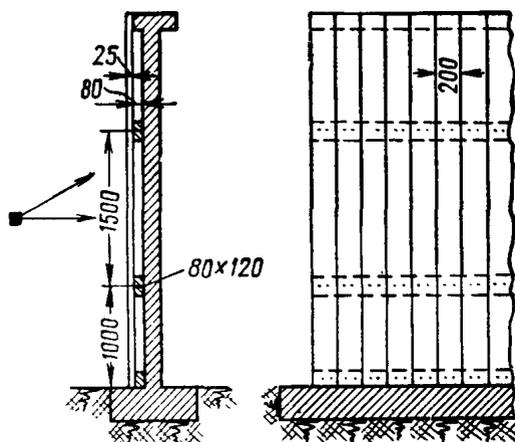


Рис. 24. Эскиз деревянного амортизатора

высоте стены впритык к ней укладывают горизонтально три деревянных бруса $18 \times 12 \text{ см}$. К этим брусам пришиваются гвоздями вертикально поставленные дюймовые доски шириной 20 см .

Летящий прибор, ударив по доске, затратит на ее разрушение значительную часть своей кинетической энергии, вследствие чего местных повреждений стены или вовсе не будет или же они будут незначительны.

Замена разбитой доски новой восстанавливает конструкцию амортизатора.

Чтобы судить о величине потерянной энергии, затраченной на разрушение доски амортизатора, ниже дается соответствующий расчет.

Данные по доске

| | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Пролет | $L = 150 \text{ см}$ |
| Толщина | $h_0 = 2,5 \text{ см}$ |
| Ширина | $b_0 = 20 \text{ см}$ |
| Модуль упругости | $E = 10^6 \text{ кг/см}^2$ |
| Временное сопротивление | $\sigma_{вр} = 450 \text{ кг/см}^2$ |

Зазор между доской и железобетонной стеной . . . $f_0 = 8 \text{ см}$

Расчет производится при следующих упрощающих предположениях:

1. Зависимость между напряжением и деформацией дерева линейна вплоть до разрушения при напряжении $\sigma_{вр}$.

2. Упругая линия доски при ударе подобна статической, соответствующей силе, приложенной в точке удара.

3. Концы доски после удара отрываются от брусков, так что доску можно рассчитывать как балку на двух опорах с пролетом $L=150 \text{ см}$.

При этих предположениях нетрудно получить выражения для потенциальной энергии V_0 деформации доски и для прогиба z_0 в момент разрушения, выраженные через $\sigma_{вр}$, E и размеры доски:

$$V_0 = \frac{h_0 b_0 L \sigma_{вр}^2}{2E} = \frac{2,5 \cdot 20 \cdot 150 \cdot 450^2}{2 \cdot 10^6} = 7590 \text{ кг} \cdot \text{см} = 76 \text{ кг} \cdot \text{м.}$$

$$z_0 = \frac{L^2 \sigma_{вр}}{6h_0 E} = \frac{150^2 \cdot 450}{6 \cdot 2,5 \cdot 10^6} = 6,75 \text{ см.}$$

Таким образом, на деформацию доски до разрушения затрачивается около 50% кинетической энергии ударяющего груза. Фактически потеря энергии будет больше, так как часть ее затратится еще на смятие древесины при контакте сломанной доски с ж.-б. стеной.

Найденная величина прогиба $z_0=6,75 \text{ см}$ меньше зазора $f_0=8 \text{ см}$ между досками и ж.-б. стеной, что обеспечивает полный перелом доски. Заметим, что наличие деревянного амортизатора, предохраняя ж.-б. стены от выколов, вдвое уменьшает общие деформации и внутренние усилия в ж.-б. стене.

8. Окончательные результаты расчета и проектирования

Так как благодаря устройству амортизатора на стены передается теперь вдвое меньший импульс, следует пересчитать амплитуду колебаний стены и диаметр арматуры. Поскольку прогиб и изгибающий момент пропорциональны импульсу, этот пересчет легко выполнить, основываясь на имеющихся результатах.

Толщину стены нецелесообразно уменьшать, так как это создает неудобства при размещении двойной арматурной сетки. Перемещение стены при $h=15 \text{ см}$ будет вдвое меньше найденного выше, т. е.

$$z_0 = \frac{1,27}{2} = 0,64 \text{ мм,}$$

что меньше прогиба, принятого за допускаемый.

Площадь арматуры будет вдвое меньше найденной выше (т. е. теперь $F_a=3,55 \text{ см}^2$), а диаметр арматуры уменьшится в $\sqrt{2}$ раз

$$d = \frac{0,95}{\sqrt{2}} = 0,67 \text{ см.}$$

Принимаем окончательно толщину стены $h=15 \text{ см}$ и двойную арматуру в виде квадратной сетки $100 \times 100 \text{ мм}$, диаметром $d=7 \text{ мм}$.

Заметим в заключение, что проектной организацией была намечена (до проведения настоящего расчета) ж.-б. камера с толщиной стен 50 см и с мощной жесткой арматурой.

9. Указания к устройству двери камеры

Существенное значение имеет расположение двери камеры в плане, что видно из рис. 25, на котором показаны наилучшие места для двери при заданном направлении вращения центрифуги.

При указанных положениях двери эффект удара в дверь снижается почти вдвое, так как направление удара образует с плоскостью двери угол около 30° .

Поскольку устройство двери с открыванием внутрь камеры не устраивает заказчика, целесообразно сделать ее отодвигающейся на роликах, тем более что дверь должна быть массивной. Ее можно сделать деревянной с обивкой 3-мм листовым железом внутренней и наружной сторон. Верхнюю поражаемую часть двери рекомендуется изнутри закрывать на время испытаний откидным деревянным щитком, играющим роль амортизатора.

Если позволяет место, наилучшим вариантом будет устройство тамбура, при наличии которого дверь будет

находиться вне зоны поражаемости (рис. 25) и может быть сделана обычной конструкции.

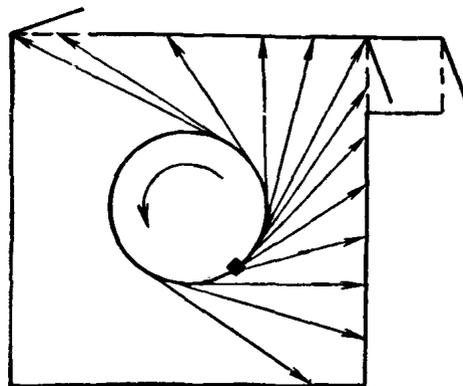


Рис. 25. Наилучнейшие положения двери камеры

ПОЯСНЕНИЯ К ОСНОВНЫМ ПАРАГРАФАМ ИНСТРУКЦИИ

П. 1.1. При одновременном действии на перекрытие динамических нагрузок двух видов: импульсивной и периодической неимпульсивной (например, гармонической) расчет перекрытия следует вести по двум инструкциям: расчет на импульсивную нагрузку — по настоящей инструкции и расчет на периодическую неимпульсивную нагрузку — по инструкции И200—54 (Инструкция по проектированию и расчету несущих конструкций зданий под машины с динамическими нагрузками. Госстройиздат, 1955).

Проверку прочности перекрытия в этом случае следует производить по формулам (7) и (8) настоящей инструкции (п. 1.14 и 1.15), принимая за динамический изгибающий момент M_d в данном сечении элемента перекрытия сумму изгибающих моментов M'_d и M''_d , полученных из первого и второго динамических расчетов.

Проверку допустимости колебаний перекрытия для людей и для чувствительного к вибрациям оборудования в этом случае можно производить по формуле (9) п. 1.16 настоящей инструкции, определяя перемещение z_d по формулам п. 1.16а или б через перемещения z'_d и z''_d найденные из первого и второго расчетов соответственно, а допускаемую амплитуду a_0 — по формулам (3) или (4) п. 1.5, подставляя в них вместо d соответственно величину

$$d' = d \frac{z'_d n'_1}{z'_d n'_1 + z''_d n''_1},$$

или

$$d' = d \frac{z'_d n_1{}^2}{z'_d n_1{}^2 + z''_d n''_1{}^2},$$

где n'_1 и n''_1 частоты колебаний, соответствующие перемещениям z'_d и z''_d .

П. 1.5. Допускаемые для людей и для чувствительного к колебаниям оборудования максимальные значения скорости v_0 и ускорения w_0 колебаний перекрытия с непостоянной амплитудой, вызванных систематическим действием повторных импульсивных нагрузок, принимаются несколько большими, чем значения v_0 и w_0 в Инструкции И200—54, рассматривающей установившиеся колебания с постоянной амплитудой, вызванные действием периодических неимпульсивных нагрузок:

$$\bar{v}_0 = v_0 (1 + d); \quad \bar{w}_0 = w_0 (1 + d);$$

$$d = 10\gamma \left(1 - \frac{T_1}{T_0}\right) \leq 1.$$

Это принято вследствие того, что с допускаемой амплитудой a_0 , определяемой через допускаемые значения v_0 и w_0 по формулам (3) или (4) п. 1.5, сравнивается максимальная амплитуда z_d (п. 1.16) периодически возбуждающихся и затухающих колебаний; амплитуды этих колебаний периодически уменьшаются за некоторый промежуток времени от максимума (равного начальной амплитуде) до некоторого минимума (в частности, до нуля). Минимум амплитуды и промежуток времени, за который он достигается, зависят от величины коэффициента внутреннего трения и от отношения T_1/T_0 основного периода собственных колебаний перекрытия T_1 к периоду повторных импульсов T_0 .

Введение поправки $(1+d)$ соответствует условию, что допускаемые амплитуды скорости v_0 и ускорения w_0 гармонических колебаний, установленные опытным путем, соответствуют приблизительно средним амплитудам скорости и ускорения периодически возбуждающихся и затухающих колебаний.

П. 2.1. В основу параграфа принято следующее определение импульсивной нагрузки. Кратковременная сила относится к импульсивной нагрузке, если реакция конструкции (прогиб, внутреннее усилие в конструкции) существенно зависит от отношения продолжительности действия силы (τ) к основному периоду собственных колебаний конструкции (T_1). В противном случае ее действие теряет специфику кратковременной силы и приближается к действию некоторой статически прикладываемой силы, эффект которой уже слабо зависит от отношения τ/T_1 . Необходимо, однако, условиться об определенном граничном значении $\tau_{\text{макс}}/T_1$, которое может

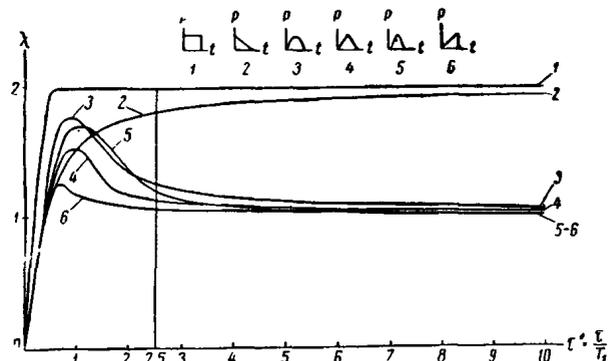


Рис. 26. Кривые зависимости коэффициента α приведения кратковременной силы к постоянной силе от продолжительности и закона действия кратковременной силы

служить разделом между импульсивной нагрузкой и статически действующей силой.

Для этого рассмотрим систему с одной степенью свободы, имеющую период собственных колебаний T_1 , на которую действует кратковременная сила $P(t)$, изменяющаяся во времени по любому закону и имеющая максимум P_0 и продолжительность τ .

Наибольшую амплитуду колебаний этой системы всегда можно рассматривать как статический прогиб от некоторой эквивалентной постоянной силы

$$P^* = \kappa \left[\frac{\tau}{T_1}, f(t) \right] P_0,$$

где κ — коэффициент приведения, зависящий от отношения $\frac{\tau}{T_1}$ и от закона $f(t) = \frac{P(t)}{P_0}$ изменения силы во времени.

На рис. 26 показаны кривые, изображающие коэффициент κ в зависимости от отношения τ/T_1 для шести различных законов $f(t)$. Из рассмотрения кривых видно, что для области значений τ/T_1 от 0 до 2,5 наблюдается сильное изменение коэффициента κ , а для области значений $\tau/T_1 > 2,5$ коэффициент κ изменяется слабо и стремится к постоянной величине с возрастанием τ/T_1 .

Значение $\tau_{\text{макс}} = 2,5 T_1$ и принято условно за границу, разделяющую импульсивную и статическую нагрузки. Такое разделение целесообразно потому, что для об-

ласти $\tau \geq 2,5 T_1$ расчет конструкций с любым числом степеней свободы на кратковременную нагрузку, изменяющуюся по любому закону, можно производить как статический расчет на постоянную нагрузку $P^* = \kappa P_0$, где κ близко к 1 или к 2.

Результаты расчета не зависят от выбора предельного значения $\tau_{\text{макс}}$, поскольку расчетные формулы для $\tau < \tau_{\text{макс}}$ и $\tau > \tau_{\text{макс}}$ отличаются только по форме, но не по существу.

П. 2.4. Обоснование примечаний 2—5 к п. 2.4 следует из табл. 8 и графика на рис. 2 инструкции.

П. 2.9. Разделение повторных импульсов на однократные и периодические в зависимости от величины затухания колебаний перекрытия объясняется тем, что при большом затухании периодические импульсы могут рассматриваться как однократные в том случае, если вызываемые ими колебания успевают затухнуть за время одного периода импульсов T_0 . Этому случаю практически соответствует неравенство $T_0 > 2T_1/\gamma$.

П. 2.10. Формулы (14) для виброизолированной установки импульсивного действия получены из решения задачи о действии кратковременного импульса на систему с двумя степенями свободы. Одна степень свободы соответствует виброизолированной установке, на которую непосредственно действует импульс, другую степень свободы соответствует перекрытию, трактуемому, в свою очередь, как система с одной степенью свободы. При этом предполагается, что отношение периодов T_B/T_1 , определенных для виброизолированной установки и для перекрытия независимо друг от друга, не менее 5 в соответствии с п. 1.9 инструкции.

СОДЕРЖАНИЕ

| | Стр. |
|--|-----------|
| 1. Общие указания | 3 |
| Состав задания на проектирование | — |
| Указания по проектированию | — |
| Основные расчетные положения | 7 |
| 2. Импульсивные нагрузки | 8 |
| 3. Частоты собственных колебаний | 13 |
| 4. Наибольшие перемещения и внутренние усилия при действии импульсивных нагрузок | 15 |
| 5. Способы уменьшения колебаний, возникающих в конструкциях под действием импульсивных нагрузок | 16 |
| Увеличение массы конструкции | — |
| Увеличение жесткости конструкции | — |
| Одновременное увеличение массы и жесткости конструкции | 17 |
| Изменение мест приложения импульсов или ударов на перекрытии | — |
| Виброизоляция установок с импульсивными нагрузками | — |
| <i>Приложение 1. Определение частот собственных колебаний</i> | <i>19</i> |
| А. Конструкции, которые можно рассматривать как системы с конечным числом степеней свободы | — |
| Б. Конструкции, которые следует рассматривать как системы с бесконечно большим числом степеней свободы | 21 |
| 1. Однопролетные балки | — |
| 2. Неразрезные балки | 22 |
| 3. Однопролетные прямоугольные плиты | 23 |
| <i>Приложение 2. Определение наибольших перемещений и внутренних усилий, вызванных действием однократных импульсов</i> | <i>27</i> |
| А. Конструкции, которые можно рассматривать как системы с конечным числом степеней свободы | — |
| Б. Конструкции, которые следует рассматривать как системы с бесконечно большим числом степеней свободы | 30 |
| 1. Однопролетные балки | — |
| 2. Неразрезные балки | 31 |
| 3. Однопролетные прямоугольные плиты | 32 |
| <i>Приложение 3. Определение наибольших переменных перемещений и внутренних усилий при однократных ударах тел</i> | <i>35</i> |
| А. Общий случай | — |
| Б. Масса ударяющего тела m велика в сравнении с массой конструкции, воспринимающей удар | 36 |
| В. Масса ударяющего тела m больше массы конструкции m_0 , но сравнима с ней | — |
| 1. Конструкции, которые можно рассматривать как системы с одной степенью свободы | — |
| 2. Конструкции, которые можно рассматривать как системы с несколькими степенями свободы | — |
| 3. Однопролетные балки | 37 |
| 4. Неразрезные балки | — |
| 5. Однопролетные прямоугольные плиты | 38 |
| Г. Масса ударяющего тела m меньше массы конструкции m_0 , воспринимающей удар | 41 |

| | |
|--|-----|
| <i>Приложение 4. Определение наибольших перемещений и внутренних усилий, вызванных действием периодических импульсов и ударов</i> | 42 |
| А. Число повторений импульсов или ударов невелико (не установившиеся колебания конструкции) | — |
| Б. Число повторений импульсов или ударов велико (установившиеся колебания конструкции) | 43 |
| В. Одновременное действие нескольких периодических импульсов | — |
| <i>Приложение 5. Таблицы балочных функций и их производных</i> | 44 |
| А. Однопролетные балки | — |
| Б. Неразрезные равнопролетные балки со свободно опертыми концами | — |
| <i>Приложение 6. Таблицы функций Φ_z и Φ_M для определения наибольших перемещений z_0 и изгибающих моментов M_0, возникающих в железобетонных балках и плитах при действии на них мгновенных импульсов</i> | 70 |
| <i>Приложение 7. Примеры расчета</i> | 114 |
| Пример 1. Расчет сборного железобетонного перекрытия под штампавтоматы | — |
| Пример 2. Расчет монолитного железобетонного перекрытия под маслоизготовитель | 120 |
| Пример 3. Расчет и проектирование камеры ограждения горизонтальной центрифуги | 125 |
| <i>Приложение 8. Пояснения к основным параграфам инструкции</i> | 131 |

ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко Госстроя СССР
ИНСТРУКЦИЯ ПО РАСЧЕТУ ПЕРЕКРЫТИЙ
НА ИМПУЛЬСИВНЫЕ НАГРУЗКИ

* * *

Стройиздат
Москва, Третьяковский проезд, д. 1

* * *

Редактор издательства *В. П. Страшных*
Технический редактор *Д. Я. Касимов*
Корректоры *И. В. Бошнякович, Н. П. Короткова*

Сдано в набор 30/III-1965 г. Подписано к печати 14/III-1966 г.
Т-02974 Бумага 84×108^{1/16} — 4,25 бум. л.
14,28 усл. печ. л. (16,61 уч.-изд. л.).
Тираж 13 000 экз. Изд. № XII-9284 Зак. № 278 Цена 88 к.

Подольская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
г. Подольск, ул. Кирова, д. 25