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

ИНСТРУКЦИЯ ПО РАСЧЕТУ ПЕРЕКРЫТИЙ НА ИМПУЛЬСИВНЫЕ НАГРУЗКИ

Москва — 1966

gost.e-ecolog.ru

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

УДК 69.025.2:624.042(083.96)

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. Кореневым.

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

3—2—4
План I кв. 1965 г., № 23

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, воздействующей 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	Более 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, обусловливающая 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 поглощения 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:

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

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

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

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:

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

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

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 w_0 — допускаемые амплитуды соответственно скорости в *мм/сек* и ускорения в *мм/сек²* при установившихся гармонических колебаниях с частотой n_1;

$1 \geqslant d \geqslant 0$ — 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 $T_0 \leqslant T_1$ параметр d принимается равным нулю.

При отсутствии данных о допускаемых значениях a_0, v_0 и w_0 следует руководствоваться табл. 3 и 4. Однако во всех случаях допускаемая амплитуда колебаний перекрытий и перегородок 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 w_0 в *мм/сек²*
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 допускается увеличивать, но не более чем в 3 раза.

2. В качестве средних значений можно принимать $w_0 = 150$ *мм/сек²* при $n_1 < 10$ *гц* и $v_0 = 2{,}4$ *мм/сек* при $n_1 \geqslant 10$ *гц*.

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

Таблица 4

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* Ускорение w_0 в *мм/сек²*	Для частот от 10 до 100 *гц* 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 резьбошлифовальные 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

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

Здесь $\sigma_{расч}$ — расчетное сопротивление материала;

ρ — коэффициент, принимаемый по табл. 6;

$k_{вын}$ — коэффициент выносливости, определяемый по формуле

$$k_{вын} = \frac{1+s}{1+s\alpha_0\mu^*}, \qquad (6)$$

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

α_0 — отношение предела прочности материала к пределу усталости материала при симметричных циклах напряжений, принимаемое по табл. 6;

$\mu^* \geqslant 1$ — 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 трением. 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.

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

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 нагрузки 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 динамической импульсивной нагрузок, проверяется по формуле (7):

$$M_{\text{с}}^{\text{р}} + M_{\text{д}} \leqslant M, \qquad (7)$$

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

$M_{\text{с}}^{\text{р}}$ — изгибающий момент от расчетной статической нагрузки;

$M_{\text{д}}$ — изгибающий момент (с тем же знаком, что и $M_{\text{с}}^{\text{р}}$) 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

$$Q_{\text{с}}^{\text{р}} + Q_{\text{д}} \leqslant Q, \qquad (7')$$

с аналогичными значениями входящих в нее величин.

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

$$M_{\text{с}}^{\text{н}} + M_{\text{д}} \leqslant M_{\text{вын}}, \qquad (8)$$

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

$M_{\text{с}}^{\text{н}}$ — изгибающий момент от нормативной статической нагрузки;

$M_{\text{д}}$ — изгибающий момент (с тем же знаком, что и $M_{\text{с}}^{\text{н}}$) 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

$$Q_{\text{с}}^{\text{н}} + Q_{\text{д}} \leqslant Q_{\text{вын}}, \qquad (8')$$

с аналогичными значениями входящих в нее величин.

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

1.16. Наибольшее перемещение $z_{\text{д}}$ при колебаниях перекрытия, вызываемых действием повторной импульсивной нагрузки, не должно превышать величины a_0:

$$z_{\text{д}} \leqslant a_0. \qquad (9)$$

Величина a_0 определяется в п. 1.5, а величина $z_{\text{д}}$ — 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 $z_д'$ и $z_д''$, 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: $v' = 2\pi n_1' z_д'$ и $v'' = 2\pi n_1'' z_д''$), если $n_1 \geqslant 10$ *гц*, или наибольшее ускорение колебаний (из двух: $w' = 4\pi^2 n_1'^2 z_д'$ и $w'' = 4\pi^2 n_1''^2 z_д''$), если $n_1 < 10$ *гц*, а значение d вычислять для колебания с частотой n_1. В качестве $z_д$ в формуле (9) следует принимать величину

$$z_д = \frac{z_д' n_1' + z_д'' n_1''}{n_1} \quad \text{при } n_1 \geqslant 10 \text{ гц},$$

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

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) раздельно.

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 низкими 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.

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

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 считается достаточно малой, если $\tau \leqslant 2{,}5\ T_1$, 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 $\varkappa P_0$, где P_0 — максимальное значение переменной нагрузки

(рис. 1), а $\varkappa$ — 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 $\varkappa=2$ для внезапной нагрузки и $\varkappa=1$ 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 степенями 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 $\tau<0{,}1T_n$.

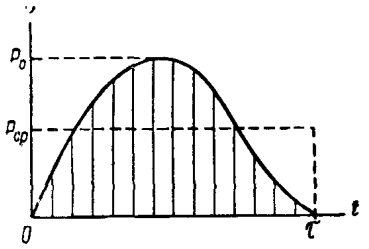


Рис. 1. График кратковременной силы

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

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

формой импульса

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

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 ($кг \cdot сек$), импульс сил, распределенных по длине ($кг \cdot сек/м$), или площади ($кг \cdot сек/м^2$), сосредоточенный импульс момента ($кг \cdot сек \cdot м$).

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 $\tau_{мин}=0{,}001$ *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 расчета совокупностью n эквивалентных мгновенных импульсов, соответствующих различным тонам собственных колебаний конструкции.

Эти мгновенные импульсы определяются по формуле

$$S_i = \varepsilon_i S \quad (i = 1,2,\ldots,n). \qquad (12)$$

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

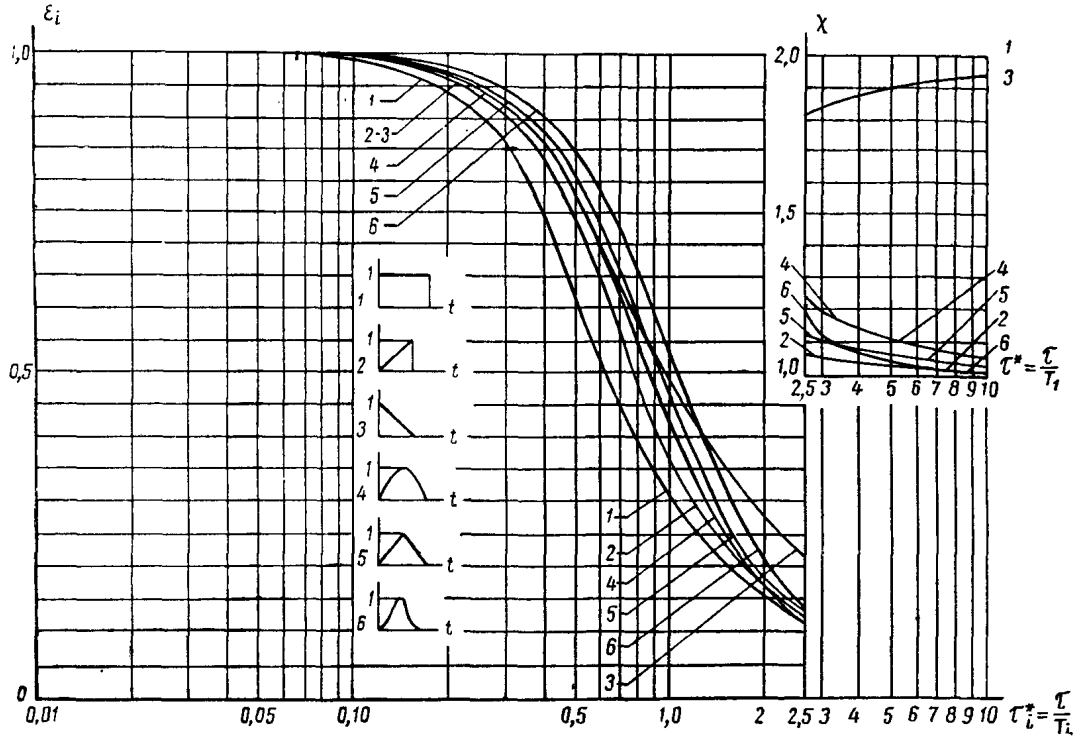


Рис. 2. Зависимости коэффициентов ε_i и $\varkappa$ от отношения $\tau^* = \frac{\tau}{T_i}$ для импульсов различных форм

$\varepsilon_i \leqslant 1$ — коэффициент, зависящий от отношения τ_i^* продолжительности τ кратковременного импульса к периоду T_i собственных колебаний конструкции по i-му тону, 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 $\varepsilon_i = 1$ 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 ($T_1 \approx 0{,}15 \div 0{,}05$ *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 контакта 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

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

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.

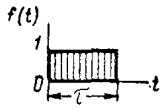
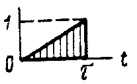
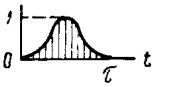
Примечания: 1. Все примечания к п. 2.4 остаются справедливыми и для ударного импульса, возникающего при соударении жестких тел.

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

2. Коэффициент восстановления ν равен отношению нормальных составляющих скоростей ударяющего

Таблица 8

Значения коэффициентов ε_i и $\varkappa$

Форма импульса $f(t)$												
$\tau_i^* = \frac{\tau}{T_i}$	ε	$\varkappa$	ε	$\varkappa$	ε	$\varkappa$	ε	$\varkappa$	ε	$\varkappa$	ε	$\varkappa$
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 периодом импульсов (ударов) и обозначается через T_0.

2.10. При проверке перекрытия на воздействие 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:

$$\left.\begin{aligned} P_в &= \frac{2\pi}{T_в} S\varkappa\left(\frac{T_в}{2T_1}\right)\varepsilon\left(\frac{\tau}{T_в}\right) e^{-\frac{\pi\gamma_в}{4}}, \\ P_1 &= 2\pi\frac{T_1}{T_в^2} S\varepsilon\left(\frac{\tau}{T_1}\right) e^{-\frac{\pi\gamma}{4}}, \end{aligned}\right\} \qquad (14)$$

приложенные к установке там же и так же, как и импульсивная нагрузка и соответствующие колебаниям перекрытия с двумя различными периодами $T_в$ и T_1.

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

τ — продолжительность импульса в *сек;*

$T_в$ и T_1 — основные периоды собственных колебаний виброизолированной установки и перекрытия соответственно в *сек;*

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

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

$\gamma_в$ 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 $P_в$ играет нагрузка $\bar{P}_в$, вычисляемая по формуле

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

Указания по определению перемещений и внутренних усилий в элементах перекрытия от действия на него виброизолированной установки даны в п. 4.7 инструкции, а указания 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 ($g=9{,}8$ *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-В.3-62;

для бетонных и железобетонных конструкций — модуль упругости бетона при сжатии $E_б$ по СНиП II-В.1-62;

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

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

Для элементов балочных перекрытий можно принимать следующие моменты инерции:

для балок при уложенном по балкам немонолитном 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 $(i=1,2,..,n)$.

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:

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

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 $z_д$, изгибающие моменты $M_д$ и поперечные силы $Q_д$ 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 $z_д$ и внутренних усилий $M_д$ и $Q_д$ 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 $p_в = \frac{2\pi}{T_в}$ и $p_1 = \frac{2\pi}{T_1}$ (п. 2.10) и наибольшими амплитудами $z_в$ и z_1. Амплитуды перемещений $z_в$ и z_1 можно определять как прогибы при статическом действии эквивалентных на-

грузок $P_в$ 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 $P_в$.

В случае виброизолированной установки с ударной нагрузкой роль амплитуды $z_в$ играет амплитуда $z_в$, которая определяется как прогиб при статическом действии нагрузки $\overline{P}_в$, где $\overline{P}_в$ определяется по формуле (15) п. 2.10, $\overline{z}_1 = z_1$, а внутренние усилия определяются статическим расчетом на нагрузку $\overline{P}_в + mg$.

4.8. При непосредственном действии на конструкцию импульсивной нагрузки наибольшие во времени перемещения $z_д$ и внутренние усилия $M_д$ и $Q_д$ в конструкции определяются с учетом указаний настоящего раздела и вычисляются:

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

при действии однократных ударов — по формулам прил. 3, полагая $z_д = \overline{z}_0$, $M_д = \overline{M}_0$, $Q_д = \overline{Q}_0$;

при действии периодических импульсов и ударов — по формулам прил. 4, полагая $z_д = z_0^*$, $M_д = M_0^*$, $Q_д = Q_0^*$.

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 заведомым 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 равномерно распределенной в пролете или к сосредоточенной 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_i, приводят к некоторому уменьшению эквивалентных импульсов S_i (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 основание 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 производятся 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

$$\rho_1 = \frac{T_в^2}{T_1^2};$$

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

$$\rho_2 = \frac{T_в}{T_1} \cdot \frac{\varepsilon\left(\frac{\tau}{T_1}\right)}{\varepsilon\left(\frac{\tau}{T_в}\right)} \cdot \frac{1}{\varkappa\left(\frac{T_в}{2T_1}\right)}.$$

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*).

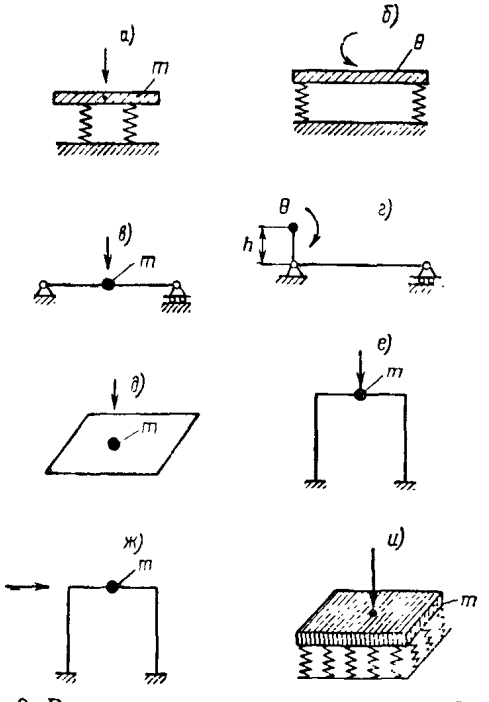


Рис. 3. Различные схемы систем с одной степенью свободы — *а, б, в, г, д, е, ж, и*

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

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

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

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

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

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

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*).

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-

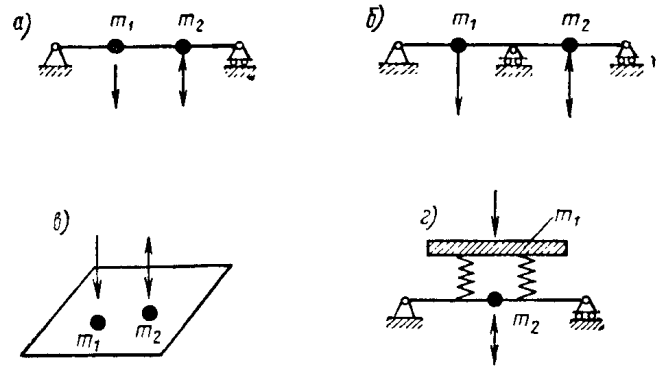


Рис. 4. Различные схемы систем с двумя степенями свободы — *а*, *б*, *в*, *г*

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:

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

где ζ_1 и ζ_2 — корни частотного уравнения;

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

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

$$\zeta^2 - A_1\zeta + A_2 = 0, \tag{21}$$

где обозначено

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

Корни уравнения (21)

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

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:

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

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

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

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

$$\zeta^3 - A_1\zeta^2 + A_2\zeta - A_3 = 0, \tag{26}$$

где

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

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:

$$p_i = \frac{1}{\sqrt{\zeta_i}}, \tag{28}$$

где ζ_i — корни частотного уравнения

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

Здесь δ_{kr} определено выше.

Раскрытие определителя (29) приводит к уравнению n-й степени относительно ζ:

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

коэффициенты которого представляются выражениями:

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

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

$$A_3 = \sum_{k=1}^{n}\sum_{r=1}^{k-1}\sum_{q=1}^{r-1} m_k m_r m_q \begin{vmatrix} \delta_{kk}, & \delta_{kr}, & \delta_{kq} \\ \delta_{rk}, & \delta_{rr}, & \delta_{rq} \\ \delta_{qk}, & \delta_{qr}, & \delta_{qq} \end{vmatrix}, \quad (31)$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$A_n = m_1 m_2 \ldots m_n \begin{vmatrix} \delta_{11}, & \delta_{12}, & \ldots & \delta_{1n} \\ \delta_{21}, & \delta_{22}, & \ldots & \delta_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \delta_{n1}, & \delta_{n2}, & \ldots & \delta_{nn} \end{vmatrix}.$$

Возрастающей последовательности частот (28) соответствует убывающая последовательность корней

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

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 $i = 1, 2, 3\ldots$ — 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*;

q_0 — 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							
левого	правого	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i>5$
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

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

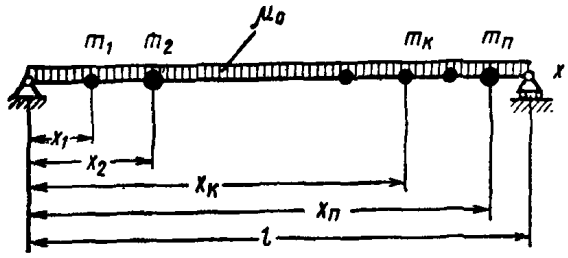


Рис. 5. Схема однопролетной балки с равномерно распределенной и сосредоточенными массами

где μ_i — приведенная погонная масса в *кг · сек²/м²*, соответствующая i-му тону колебаний, вычисляемая по приближенной формуле

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

Здесь k — номер сосредоточенной массы на балке;
n — количество сосредоточенных масс на балке;
m — сосредоточенная масса номера k в *кг·сек²/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

$$\left(1 - \lambda_i^4 \zeta\right) a_i + \sum_{k=1}^{n} \frac{m_k}{\mu_0 l} X_i(\alpha_k) \sum_{j=1}^{s} a_j X_j(\alpha_k) = 0, \qquad (35)$$

где a_i, a_j — параметры, подлежащие исключению;
$i = 1,2, \ldots, s$;
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*,

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

определяются приведенные массы μ_i по формуле

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

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 прежнее значение, 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

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

Здесь: μ_0 — постоянная погонная масса в *кг · сек²/м²*;
k — номер сосредоточенной массы, отсчитываемый от левого конца балки;
n — число всех сосредоточенных масс на балке;
$\alpha_k = \frac{x_k}{l}$ — 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.

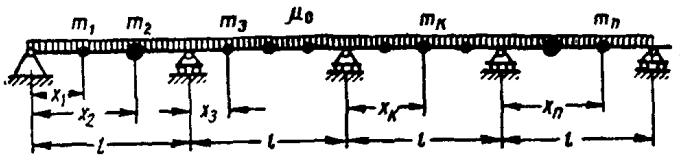


Рис. 6. Схема неразрезной равнопролетной балки с равномерно распределенной и сосредоточенными массами

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.

Таблица 12

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	—	—	—
		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
Оперт	Защемлен	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	—	—	—	—	—	—
		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
Защемлен	Защемлен	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 находиться 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.

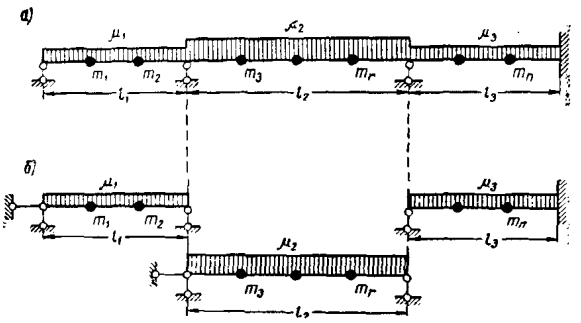


Рис. 7. Расчетная схема для приближенной оценки основной частоты собственных колебаний неразрезных балок

а — неразрезная балка; *б* — расчлененная балка

Если первые круговые частоты этих однопролетных балок обозначить через

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

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):

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

Частоты p_{r1} вычисляются в соответствии с указаниями раздела Б, п. 1 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

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

Здесь $D = \dfrac{Eh^3}{12(1-\nu_0^2)}$ — цилиндрическая жесткость плиты в *кг · м*;

E — модуль нормальной упругости в *кг/м²*;

h — толщина плиты в *м*;

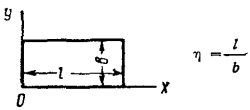
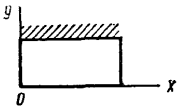
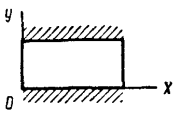
ν_0 — коэффициент поперечной деформации;

μ_0 — интенсивность равномерно распределенной массы (собственной и присоединенной) на единицу площади в *кг · сек²/м³*;

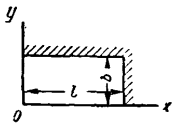
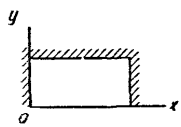
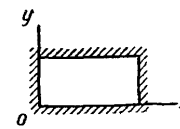
l и b — размеры плиты в направлениях осей x и y соответственно в *м*;

Таблица 13

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

Номер тона i	Индексы r	Индексы l	Вид закрепления краев плиты:  $\eta = \frac{l}{b}$		
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	$625\,\pi^4 (1 + \eta^2)^2$	$60880 + 126100\,\eta^2 + 74000\,\eta^4$	$60880 + 130300\,\eta^2 + 89140\,\eta^4$

Продолжение табл. 13

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

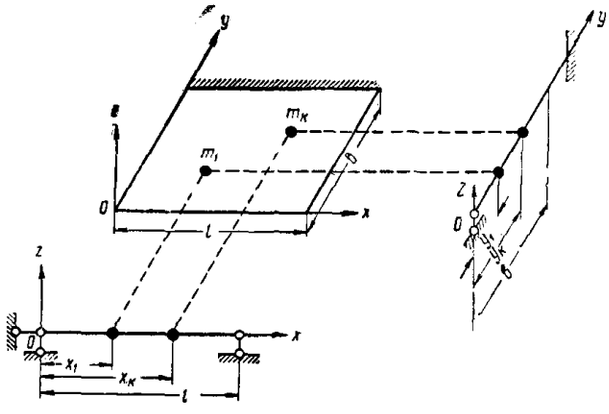


Рис. 8. Схема, показывающая характер соответствия между плитой и воображаемыми балками

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

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

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

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

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 косого 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

$$z_{01} = \frac{\varepsilon_1 S^{(1)}}{m_1 p_1} e^{-\frac{\gamma\pi}{4}}. \qquad (41)$$

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

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

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

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

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-

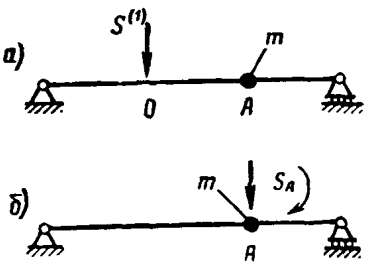


Рис. 9. Схема замены импульса $S^{(1)}$ эквивалентным, приложенным в центре массы

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:

$$\theta_1 = \frac{\varepsilon_1 S^{(1)} h}{\Theta_1 p_1} e^{-\frac{\gamma\pi}{4}}, \qquad (44)$$

а наибольшее линейное перемещение ее равно:

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

Наибольшие во времени перемещения и внутренние

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

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

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),

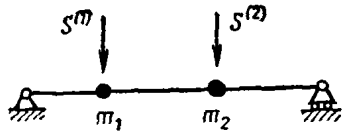


Рис. 10. Схема системы с двумя степенями свободы, на которую действуют два импульса

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:

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

где

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

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

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

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

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:

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

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

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

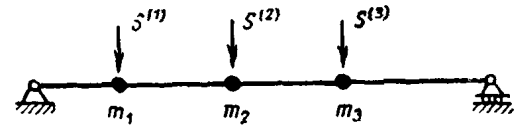


Рис. 11. Схема системы с тремя степенями свободы, на которую действуют три импульса

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 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:

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

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

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

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

$$\left.\begin{aligned}
\Delta_{1i} &= m_3\delta_{13}\left(m_2\delta_{22}-p_i^{-2}\right)-m_2m_3\,\delta_{12}\delta_{23},\\
\Delta_{2i} &= m_3\delta_{23}\left(m_1\delta_{11}-p_i^{-2}\right)-m_1m_3\,\delta_{12}\delta_{13},\\
\Delta_{3i} &= m_1m_2\delta_{12}^2-\left(m_1\delta_{11}-p_i^{-2}\right)\left(m_2\delta_{22}-p_i^{-2}\right),\\
\Delta_i &= \sqrt{m_1\Delta_{1i}^2+m_2\Delta_{2i}^2+m_3\Delta_{3i}^2}\,.
\end{aligned}\right\}\quad(56)$$

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;

$\varepsilon_i^{(k)}$ — 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:

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

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

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

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

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

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

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

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:

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

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

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

$$a_i=\frac{1}{p_i}\,e^{-\frac{\gamma\mp p_i}{4p_1}}\left(\varphi_i^{(1)}\,\varepsilon_i^{(1)}\,S^{(1)}+\right.$$
$$\left.+\varphi_i^{(2)}\,\varepsilon_i^{(2)}\,S^{(2)}+\ldots+\varphi_i^{(n)}\,\varepsilon_i^{(n)}\,S^{(n)}\right). \quad (62)$$

Значения коэффициентов $\varepsilon_i^{(k)}$ 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, . . ., P_n, приложенных статически в точках 1, 2, . . . , n системы и определяемых из уравнений:

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

Здесь z_{01}, z_{02}, ... , 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:

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

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

x — абсцисса точки оси балки в $м$;

l — пролет балки в $м$;

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

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

μ_0 — интенсивность равномерено распределенной массы в $кг \cdot сек^2/м^2$;

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

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

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

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 $X_i(\alpha)$, $X_i''(\alpha)$ и $X_i'''(\alpha)$ представлены табл. 20—25 (прил. 5);

a_i — безразмерный коэффициент, определяемый по формуле

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

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

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

а для импульса, равномерно распределенного в пролете, по формуле

$$b_i = \int_0^1 X_i(\alpha)\, d\alpha. \qquad (67')$$

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	Защемлен	Свободен	0,783	0,434	0,254	0,182	0,141
2	Оперт	Оперт	0,9	0	0,3	0	0,18
3	»	Защемлен	0,86	—0,083	0,334	—0,044	0,207
4	»	Свободен	0,37	0,2	0,138	0,106	0,086
5	Защемлен	Защемлен	0,831	0	0,364	0	0,232
6	Свободен	Свободен	0	0	0	0	0

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

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

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:

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

Здесь $m_1 = \mu_1 l$ *кг · сек²/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:

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

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 *м*;

l — длина одного пролета балки в *м*;

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

N — число пролетов балки;

$m_0 = \mu l$ — масса одного пролета балки в *кг · сек²/м*;

μ — погонная масса балки в *кг · сек²/м²*;

EI — жесткость поперечного сечения балки в *кг · м²*;

p_1 — первая круговая частота собственных колебаний балки в *рад/сек*, определяемая в прил. 1, раздел Б, п. 2;

S — импульс (сосредоточенный или распределенный), приложенный в каком-либо одном пролете балки, в *кг · сек*.

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

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

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

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

где p_i — круговые частоты собственных колебаний в *рад/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

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

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

$$b_i = \int_0^1 X_i^{(j)}(\alpha)\, d\alpha; \qquad (74)$$

значения коэффициента b_i (74) даны в табл. 16. В формулах (71), $X_i^{(r)}$, $X_i^{(r)''}$ и $X^{(r)'''}$ 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 $\varepsilon_i = 1$) 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 $z_0^{(r)}$, $M_0^{(r)}$ $Q_0^{(r)}$ можно пользоваться формулами (70), если в них вместо m_0 подставить приведенную массу одного пролета балки

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

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:

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

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:

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

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

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

M_0^x, M_0^y — изгибающие моменты, действующие соответственно в плоскостях, параллельных xz и yz, в *кг · 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 · сек*, сосредоточенный или равномерно распределенный по площади плиты; в последнем случае он равен $S = s_0 lb$, где s_0 в *кг · сек/м²* — постоянная интенсивность распределенного импульса на единицу площади;

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

$m_0 = \mu_0 lb$ — масса плиты в *кг · сек²/м*;

μ_0 — интенсивность равномерно распределенной массы на единицу площади в *кг · сек²/м³*;

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

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

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

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

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

Здесь a_i — безразмерный коэффициент, вычисляемый по формуле

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

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

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

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

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

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

В формулах (80) и (81) функции $X_r(\alpha)$ и $Y_j(\beta)$ являются балочными 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:

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

Здесь одним, двумя и тремя штрихами обозначены соответственно первая, вторая и третья производные балочной 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 удержать 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).

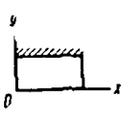
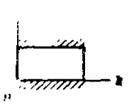
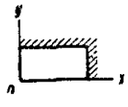
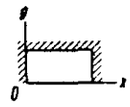
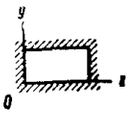
О возможности использования этих таблиц при действии кратковременных (не мгновенных) импульсов сказано в прим. 2 к п. 4.8 инструкции.

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,

Таблица 17

Значения коэффициента b_i для прямоугольных плит при действии равномерно распределенного импульса

Номер тона i	Индексы r	Индексы j	Вид закрепления краев плиты					
								
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 $m = \mu_1 lb$, где μ_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:

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

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, 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:

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

При горизонтальном ударе по вертикальному элементу конструкции (по стене, перегородке и т. д.) формулы (83) принимают вид $\left(\varphi_0 = \frac{\pi}{2}\right)$:

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

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):

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

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

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

в которой ξ — коэффициент удара, определяемый выражением

$$\xi = \frac{\varepsilon_1 p_1 S}{mg}. \qquad (88)$$

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 ударяющего тела в *рад/сек*, определяемая по формуле

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

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:

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

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

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

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

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

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

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

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*;

$m_0 = \sum_{k=1}^{n} m_k$ — полная масса конструкции в *кг·сек²/м*;

0 — 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

$$\xi = \frac{(m + \varkappa_1 m_0)\,\varepsilon_1 p_1 S}{(m + \varkappa_2 m_0)\,mg}, \qquad (93)$$

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

$$p_1 = \frac{1}{\sqrt{\delta_{00}\,(m + \varkappa_1 m_0)}}, \qquad (94)$$

где $\varkappa_1$ и $\varkappa_2$ — коэффициенты приведения масс в точку удара соответственно по кинетической энергии и по количеству движения, определяемые по формулам:

$$\varkappa_1 = \frac{\sum_{k=1}^{n} m_k \delta_{k0}^2}{m_0 \delta_{00}^2} \qquad (95)$$

$$\varkappa_2 = \frac{\sum_{k=1}^{n} m_k \,|\,\delta_{k0}\,|}{m_0\,|\,\delta_{00}\,|}, \qquad (96)$$

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 $\varkappa_1$ и $\varkappa_2$ равны соответственно определенным интегралам:

$$\varkappa_1 = i_1 = \int_0^1 \frac{\delta_{\alpha 0}^2}{\delta_{00}^2}\, d\alpha, \qquad (97)$$

$$\varkappa_2 = i_2 = \int_0^1 \left| \frac{\delta_{\alpha 0}}{\delta_{00}} \right| d\alpha. \qquad (98)$$

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 $\varkappa_1$ и $\varkappa_2$ представляются выражениями:

$$\varkappa_1 = \frac{m_б}{m_0}\, i_1 + \frac{\sum_{k=1} m_k \delta_{k0}^2}{m_0 \delta_{00}^2}, \qquad (99)$$

$$\varkappa_2 = \frac{m_б}{m_0}\, i_2 + \frac{\sum_{k=1}^{n} m_k \,|\,\delta_{k0}\,|}{m_0\,|\,\delta_{00}\,|}. \qquad (100)$$

Здесь $m_б$ — равномерно распределенная масса балки в *кг · сек²/м*.

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

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*;

$\alpha_r = \frac{x_r}{l_r}$ — 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:

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

а коэффициенты $\varkappa_1$ и $\varkappa_2$ вычисляются по формулам:

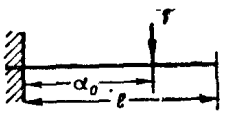
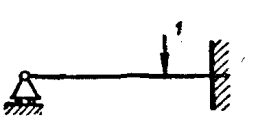
$$\varkappa_1 = \sum_{r=1}^{N} \frac{m_r}{m_0}\, i_1^{(r)}, \qquad (103)$$

$$\varkappa_2 = \sum_{r=1}^{N} \frac{m_r}{m_0}\, i_2^{(r)}, \qquad (104)$$

в которых i_1^r и i_2^r представляют определенные интегралы:

Таблица 18

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	∞	∞	∞	∞	∞	∞

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

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

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

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

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

коэффициенты $\varkappa_1$ и $\varkappa_2$ определяются по формулам:

$$\varkappa_1 = \sum_{r=1}^{N} \frac{m_r}{m_0} i_1^{(r)} + \sum_{k=1}^{n} \frac{m_k}{m_0} \cdot \frac{\delta_{k0}^2}{\delta_{00}^2}, \qquad (108)$$

$$\varkappa_2 = \sum_{r=1}^{N} \frac{m_r}{m_0} i_2^{(r)} + \sum_{k=1}^{n} \frac{m_k}{m_0} \left| \frac{\delta_{k0}}{\delta_{00}} \right|. \qquad (109)$$

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 $\varkappa_1$ и $\varkappa_2$ равны соответственно двойным определенным интегралам:

$$\varkappa_1 = i_{11} = \int_0^1 \int_0^1 \frac{\delta_{\alpha\beta 0}^2}{\delta_{00}^2} d\alpha\, d\beta, \qquad (110)$$

$$\varkappa_2 = i_{22} = \int_0^1 \int_0^1 \left| \frac{\delta_{\alpha\beta 0}}{\delta_{00}} \right| d\alpha\, d\beta. \qquad (111)$$

Таблица 19

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 α_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
		3	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
		3	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
		3	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
			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
		4	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	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
			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
		4	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

Продолжение табл. 19

Число N пролетов	Номер пролета, в котором приложен удар	Текущий номер пролета r	Относительная абсцисса α_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
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	0,006	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	0,006	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 *м*;

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

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

x, y — координаты точек плиты в *м*.

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:

$$m_0 = m_{\text{п}} + \sum_{k=1}^{n} m_k , \tag{112}$$

где $m_{\text{п}}$ — масса плиты в *кг · сек²/м*;

m_k — сосредоточенные на плите массы в *кг · сек²/м*.

Коэффициенты $\varkappa_1$ и $\varkappa_2$ определяются по формулам:

$$\varkappa_1 = \frac{m_{\text{п}}}{m_0} i_{11} + \frac{\sum_{k=1}^{n} m_k \delta_{k0}^2}{m_0 \delta_{00}^2}, \tag{113}$$

$$\varkappa_2 = \frac{m_{\text{п}}}{m_0} i_{22} + \frac{\sum_{k=1}^{n} m_k |\delta_{k0}|}{m_0 |\delta_{00}|} . \tag{114}$$

Обозначения остальных величин даны в предшествующих пунктах 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

$$\varepsilon_1 \frac{v_0 p_1}{g} > 50, \tag{115}$$

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 $z_{\text{ст}}$, $M_{\text{ст}}$, и $Q_{\text{ст}}$, принимая

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

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

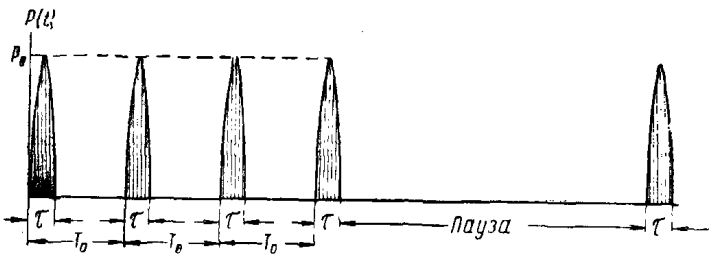


Рис. 12. График периодических импульсов (ударов) при небольшом числе повторений

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):

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

$$z_0^* = \overline{z}_0 \Psi, \quad M_0^* = \overline{M}_0 \Psi, \quad Q_0^* = \overline{Q}_0 \Psi. \qquad (118)$$

Здесь z_0, M_0, Q_0 и $\overline{z}_0$, $\overline{M}_0$, $\overline{Q}_0$ — 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:

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

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

$\theta = \frac{T_0}{T_1} \geqslant 1$ — 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:

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

где A и B представляются выражениями:

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

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:

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

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.

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 элемента перекрытия определяются так же, как z_0, M_0, Q_0, по формулам прил. 2 для случая одновременного действия нескольких однократных импульсов $S^{(k)}$, но при условии, что теперь в формулы (62) или (68) для a_l 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 неразмерных 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: $0 \leqslant \alpha \leqslant 1$. Шаг переменной α равен 0,025.

Балочная функция для всех балок и любого тона колебаний нормирована условием

$$\int_0^1 X_i^2 \, d\alpha = 1.$$

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

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

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 ($i = 1, 2, \ldots, N + 1$). 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

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

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

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

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	1,4562	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	—12,993	— 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	—0,969	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	—3,8053	—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	22,05	—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

Таблица 21

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	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	1,3963	— 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

Таблица 22

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	4,1335	—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	1,355	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	49,89	—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	—1,4388	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	—2583,9	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	—121,07	—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

Таблица 23

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	—35,683	—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	67,286	—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	—1686,9	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	4103,8
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*	*—32,986*	*0*	*0*

Таблица 24

Балка с защемленными 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

Таблица 25

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

Таблица 26

Б. НЕРАЗРЕЗНЫЕ РАВНОПРОЛЕТНЫЕ БАЛКИ СО СВОБОДНО ОПЕРТЫМИ КОНЦАМИ

Двухпролетная балка, 1-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	0,1565	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 \ 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	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

Таблица 27

Двухпролетная 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	—0,1565	—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 \ 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	—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

Таблица 28

Трехпролетная балка, 1-й пролет

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

Таблица 29

Трехпролетная 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	—0,1277	—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 \ 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	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

Таблица 30

Трехпролетная 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	0,1277	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 \ 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	—2,49	—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

Таблица 31

Четырехпролетная балка, 1-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	0,1537	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

Ном ер 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	15,5	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

Таблица 32

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''	5,128	5,431	5,693	5,892	6,002	6,005	5,885	5,662	5,241	4,712
	$X_2'^{2}$	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	41,64
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

Таблица 33

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

Таблица 34

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

Таблица 35

Пятипролетная балка, 1-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	0,0989	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	0,1384	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

Продолжение табл. 35

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	0,6325	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

Таблица 36

Пятипролетная 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	—0,0989	—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 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	—0,5024	—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

Таблица 37

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	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	0,037	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

Продолжение табл. 37

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	0,6325	0,6247	0,6015	0,5636	0,5117	0,4473	0,3718	0,2872	0,1955	0,0990	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	—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

Таблица 38

Пятипролетная 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	—0,0989	—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	0,0486	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	—0,3827	—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

Продолжение **табл. 38**

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	—0,6325	—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

Таблица 39

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	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	—8,905	—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

Продолжение табл. 39

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	0,6325	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 импульсивных нагрузок может быть оценена величиной порядка $\tau_{мин} = 0{,}001$ *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 гармоники 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.

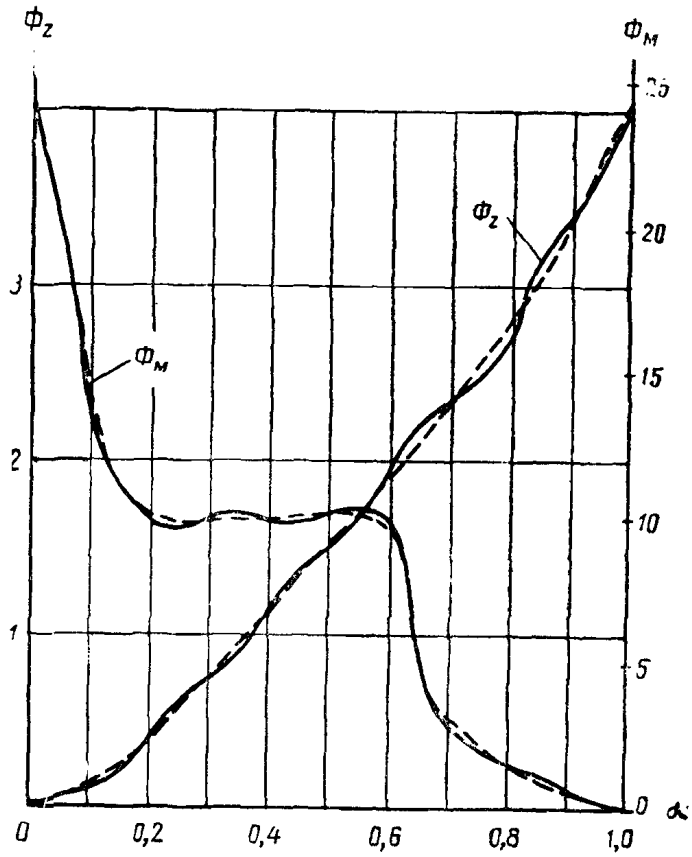


Рис. 13. Кривые $\Phi_z(\alpha)$ и $\Phi_M(\alpha)$ для консоли, построенные по табличным значениям функций

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 $\Phi_z(\alpha, \beta)$ и $\Phi_M(\alpha, \beta)$ 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	Ф	$\gamma = 0{,}1$										
		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	Ф	$\gamma = 0{,}05$										
		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

Таблица 41

Балка со свободно опертыми концами

α_0	Ф	$\gamma=0,1$										
		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	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	Ф	$\gamma=0,05$										
		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

Таблица 42

Балка с левым свободно опертым и правым защемленным концами

α_0	Ф	$\gamma=0,1$										
		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	Ф	$\gamma=0,05$										
		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

Таблица 43

Балка с защемленными концами

α_0	Ф	$\gamma=0,1$										
		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	Ф	$\gamma=0,05$										
		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

Таблица 44

I. Равномерно распределенный импульс

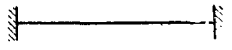
Вид закрепления концов балки	γ	Φ	Значения α										
			0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	0,1	Φ_z	0	0,03	0,12	0,25	0,39	0,55	0,72	0,89	1,06	1,29	1,54
		Φ_M	7,5	5,5	4,1	3,9	3,7	3,1	2,7	2	1,2	0,4	0
	0,05	Φ_z	0	0,04	0,14	0,27	0,43	0,59	0,77	0,93	1,11	1,36	1,63
		Φ_M	9	6,1	4,6	4,6	4,5	3,8	3,5	2,8	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 \ σ_0	γ = 0,1									γ = 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	0,24	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	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

Таблица 46

Трехпролетная балка, 1-й пролет

α	Φ \ α_0	γ = 0,1									γ = 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	0,22	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	0,77	0,69	0,52	0,27
	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

α	Φ \ α_0	γ = 0,1									γ = 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

Таблица 48

Четырехпролетная балка, 1-й пролет

α	Φ \ α₀	γ=0,1									γ=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	0,21	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	Φ \ α₀	γ = 0,1									γ = 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

Таблица 50

Пятипролетная балка, 1-й пролет

α	Φ \ α_0	γ = 0,1									γ = 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 \ α_0	γ = 0,1									γ = 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

Продолжение табл. 51

α	Φ \ α_0	γ = 0,1									γ = 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

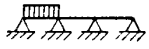
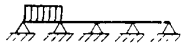
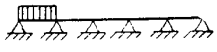
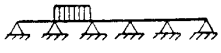
Таблица 52

Пятипролетная балка, 3-й пролет

α	Φ \ α_0	γ = 0,1									γ = 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

Таблица 53

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

Таблица 54

Сосредоточенный импульс

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

β_0	γ_0	β	α / Φ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,25	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,2	0,3	0,4	0,5
0,1	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	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	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	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

Продолжение табл. 54

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

α_0			0,1					0,25					0,4					0,5				
β_0	β	α / Φ	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	2,98	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	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
0,25	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
0,4	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
0,5	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	β	Φ	α_0=0,1; α=0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	α_0=0,25; α=0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	α_0=0,4; α=0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	α_0=0,5; α=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	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
0,25	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
0,4	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
0,5	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 $\gamma=0{,}05$, $\eta=1/2$

β_0	β	Φ	α_0=0,1; α=0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	α_0=0,25; α=0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	α_0=0,4; α=0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	α_0=0,5; α=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	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
0,25	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
0,4	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	101	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
0,5	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	1,37	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 $\gamma=0{,}05$, $\eta=1{,}4$

α_0	β_0	β	Φ	α = 0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	α_0 = 0,25	0,2	0,3	0,4	0,5	α_0 = 0,4	0,2	0,3	0,4	0,5	α_0 = 0,5	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	22,65	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	β	α_0 / 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
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	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
	0,1	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
		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
	0,2	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
		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
	0,3	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
		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
	0,4	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
		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
	0,5	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
		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
	0,1	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
		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
	0,2	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
		Φ_M	315	215	258	206	209	203	189	215	139	189	206	210	178	223	118	209	140	178	118	267
	0,3	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
		Φ_M	339	237	280	226	225	224	216	242	160	208	226	235	201	249	136	225	158	195	136	294
	0,4	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
		Φ_M	311	221	258	210	207	208	204	227	152	193	210	220	190	233	129	207	148	181	129	274
	0,5	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
		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
	0,1	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
		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
	0,2	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
		Φ_M	290	199	238	190	192	188	177	201	130	174	190	196	166	207	110	192	130	164	110	247
	0,3	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
		Φ_M	328	234	271	221	218	219	216	239	161	203	221	233	200	245	135	218	156	189	135	287
	0,4	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
		Φ_M	379	272	316	258	253	256	254	281	191	238	258	273	236	288	161	253	184	222	161	336
	0,5	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

Продолжение табл. 55

β_0	β	Φ \ α_0 / α	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 защемленная: $\gamma = 0,1$, $\eta = 1/2$

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
		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	26,6
	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	66,3
	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	92,4
	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	84,2
	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	73,7
	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	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	30,1
	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	67,3
	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	148
	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	155
	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	141
	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	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	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	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

Продолжение табл. 55

β_0	β	Φ \ 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
		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: $\gamma = 0{,}1$, $\gamma_1 = 1/4$

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	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
0,25	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
0,40	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	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

Продолжение табл. 55

β_0	β	Φ \ α_0 / α	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
0,50	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: $\gamma = 0{,}05$, $\eta = 1$

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
		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	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	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	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

Продолжение табл. 55

β_0	β	α_0 / 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
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	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
		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
		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: $\gamma = 0{,}05$, $\eta = 1/3$

0,1	0	Φ_z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Φ_M	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
0,25	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	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
0,4	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	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

Продолжение табл. 55

β_0	β	Φ \ 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	0,5
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

0,4	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	4,58	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
0,5	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	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

Таблица 56

1) Плита, защемленная по контуру: $\gamma = 0,1$, $\eta = 1$

β_0	β	Φ \ α_0	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						0,25						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
		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
	0,1	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
		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	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,	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	197	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, защемленная 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

Продолжение табл. 56

β_0	β	Φ \ α_0	0,1						0,25						0,4						0,5					
		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	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	0,48	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	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, защемленная 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

0,25	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	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
	0,3	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
0,4	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	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
0,5	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	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	179	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

Продолжение табл. 56

4) Плита, защемленная по контуру: $\gamma = 0,1$, $\eta = 1/4$

β_0	α_0		0,1						0,25						0,4						0,5					
	β	α / Φ	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
		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
	0,1	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
		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
	0,2	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
		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
	0,3	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
		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
	0,4	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
		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
	0,5	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
		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
0,25	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
	0,1	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
		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
	0,2	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
		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
	0,3	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
		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
	0,4	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
		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
	0,5	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
		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
0,4	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
	0,1	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
		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
	0,2	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
		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
	0,3	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
		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
	0,4	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
		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
	0,5	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
		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

		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	3,2	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
		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
	0,1	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
		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
	0,2	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
0,5		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
	0,3	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
		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
	0,4	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
		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
	0,5	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, защемленная по контуру: $\gamma = 0{,}05$, $\eta = 1$

		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	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
		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
	0,1	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
		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
	0,2	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
0,1		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
	0,3	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
		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	173	2,18	2,27	3,11
	0,4	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
		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
	0,5	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
		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	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
		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
	0,1	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
		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
	0,2	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
0,25		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
	0,3	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
		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
	0,4	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
		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
	0,5	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

Продолжение табл. 56

β_0	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
			σ_0 = 0,1						σ_0 = 0,25						σ_0 = 0,4						σ_0 = 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	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	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, защемленная по контуру: $\gamma = 0{,}05$, $\nu = 1/2$

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	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
0,25		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
	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
0,4		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
	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
0,5		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, защемленная по контуру: $\gamma = 0{,}05$, $\gamma_1 = 1/3$

β_0	α_0 / β / α	Ф	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,1	0	Φ_z	0	0	0	0	0	0
		Φ_M	0	8,35	13,4	13	12,2	10,4
	0,1	Φ_z	0	1,16	1,87	1,82	1,72	1,45
		Φ_M	407	123	195	193	165	168
	0,2	Φ_z	0	1,34	2,19	2,16	2,05	1,74
		Φ_M	468	142	224	222	192	194
	0,3	Φ_z	0	1,21	1,96	1,93	1,83	1,55
		Φ_M	422	129	203	202	174	176
	0,4	Φ_z	0	0,99	1,63	1,61	1,53	1,3
		Φ_M	346	105	165	165	142	144
	0,5	Φ_z	0	1,02	1,65	1,62	1,53	1,3
		Φ_M	358	109	172	171	148	150
0,25	0	Φ_z	0	0	0	0	0	0
		Φ_M	0	65,6	10,7	10,6	10	8,53
	0,1	Φ_z	0	1,05	1,73	1,71	1,63	1,38
		Φ_M	366	110	172	171	147	149
	0,2	Φ_z	0	1,87	3,1	3,1	2,97	2,53
		Φ_M	648	195	306	304	264	266
	0,3	Φ_z	0	1,82	3,03	304	2,92	2,49
		Φ_M	630	190	297	296	257	258
	0,4	Φ_z	0	1,58	2,64	2,66	2,56	2,19
		Φ_M	547	165	258	257	223	224
	0,5	Φ_z	0	1,38	2,29	2,3	2,2	1,88
		Φ_M	479	145	227	226	196	197
0,4	0	Φ_z	0	0	0	0	0	0
		Φ_M	0	6,22	10,2	10	9,5	8,06
	0,1	Φ_z	0	0,99	1,63	1,61	1,53	1,3
		Φ_M	346	104	163	161	139	141
	0,2	Φ_z	0	1,73	2,86	2,86	2,74	2,33
		Φ_M	600	181	284	282	245	247
	0,3	Φ_z	0	1,61	2,69	2,72	2,62	2,24
		Φ_M	557	168	262	261	227	228
	0,4	Φ_z	0	1,93	3,22	3,25	3,12	2,66
		Φ_M	670	202	316	315	273	275
	0,5	Φ_z	0	1,25	2,1	2,14	2,06	1,77
		Φ_M	432	130	203	202	176	176

β_0	α_0 / β / α	Ф	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,1	0	Φ_z	0	0	0	0	0	0
		Φ_M	0	12,6	28,9	34,1	33,2	27,6
	0,1	Φ_z	0	1,76	4,05	4,8	4,69	3,91
		Φ_M	526	133	238	258	237	209
	0,2	Φ_z	0	2,09	4,84	5,81	5,73	4,82
		Φ_M	618	158	277	305	282	248
	0,3	Φ_z	0	1,87	4,32	5,17	5,09	4,27
		Φ_M	554	141	250	276	256	225
	0,4	Φ_z	0	1,56	3,62	4,37	4,33	3,65
		Φ_M	461	118	205	228	211	185
	0,5	Φ_z	0	1,57	3,61	4,3	4,22	3,53
		Φ_M	466	118	212	234	216	190
0,25	0	Φ_z	0	0	0	0	0	0
		Φ_M	0	10,2	23,7	28,5	28,2	23,7
	0,1	Φ_z	0	1,65	3,85	4,65	4,61	3,89
		Φ_M	488	126	214	232	215	189
	0,2	Φ_z	0	2,99	7,02	8,57	8,57	7,28
		Φ_M	879	229	383	424	396	347
	0,3	Φ_z	0	2,93	6,9	8,46	8,49	7,23
		Φ_M	860	225	374	415	388	340
	0,4	Φ_z	0	2,56	6,04	7,43	7,47	6,38
		Φ_M	751	197	325	361	339	296
	0,5	Φ_z	0	2,21	5,19	6,35	6,35	5,4
		Φ_M	650	169	284	315	295	258
0,4	0	Φ_z	0	0	0	0	0	0
		Φ_M	0	9,68	22,5	27	26,6	22,4
	0,1	Φ_z	0	1,56	3,62	4,37	4,33	3,65
		Φ_M	461	118	202	219	203	178
	0,2	Φ_z	0	2,76	6,47	7,88	7,87	6,68
		Φ_M	812	211	355	392	366	321
	0,3	Φ_z	0	2,61	6,19	7,62	7,68	6,56
		Φ_M	767	202	331	367	344	301
	0,4	Φ_z	0	3,12	7,36	9,03	9,07	7,73
		Φ_M	916	240	398	441	414	362
	0,5	Φ_z	0	2,05	4,87	6,03	6,1	5,23
		Φ_M	600	159	257	285	268	235

β_0	α_0 / β / α	Ф	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,1	0	Φ_z	0	9	0	0	0	0
		Φ_M	0	12,2	28,8	37,3	43,4	37,1
	0,1	Φ_z	0	1,72	4,05	5,27	6,14	5,27
		Φ_M	505	159	209	207	276	161
	0,2	Φ_z	0	2,05	4,91	6,48	7,59	6,61
		Φ_M	599	190	242	248	331	199
	0,3	Φ_z	0	1,83	4,37	5,75	6,73	5,85
		Φ_M	536	170	218	225	300	180
	0,4	Φ_z	0	1,53	3,7	4,9	5,75	5,03
		Φ_M	447	143	179	186	248	150
	0,5	Φ_z	0	1,53	3,64	4,76	5,56	4,8
		Φ_M	449	142	185	191	253	151
0,25	0	Φ_z	0	0	0	0	0	0
		Φ_M	0	10	24,1	31,9	37,4	32,6
	0,1	Φ_z	0	1,63	3,93	5,22	6,13	5,37
		Φ_M	474	153	190	186	250	149
	0,2	Φ_z	0	2,97	7,25	9,76	11,5	10,2
		Φ_M	860	280	337	346	464	285
	0,3	Φ_z	0	2,92	7,16	9,69	11,4	10,2
		Φ_M	844	276	329	340	456	282
	0,4	Φ_z	0	2,56	6,29	8,54	10,1	8,99
		Φ_M	738	242	286	296	398	247
	0,5	Φ_z	0	2,2	5,37	7,24	8,54	7,57
		Φ_M	637	207	250	258	346	213
0,4	0	Φ_z	0	0	0	0	0	0
		Φ_M	0	9,5	22,8	30,1	35,3	30,7
	0,1	Φ_z	0	1,53	3,69	4,9	5,75	5,03
		Φ_M	447	144	179	176	236	140
	0,2	Φ_z	0	2,74	6,67	8,96	10,5	9,33
		Φ_M	794	258	312	320	429	262
	0,3	Φ_z	0	2,62	6,45	8,78	10,4	9,28
		Φ_M	755	249	291	301	405	251
	0,4	Φ_z	0	3,12	7,65	10,4	12,2	10,9
		Φ_M	899	295	350	362	486	301
	0,5	Φ_z	0	2,06	5,11	6,99	8,28	7,43
		Φ_M	593	197	227	234	316	197

β_0	α_0 / β / α	Ф	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,1	0	Φ_z	0	0	0	0	0	0
		Φ_M	0	10,4	22,9	31,8	37,1	46
	0,1	Φ_z	0	1,45	3,23	4,51	5,27	6,52
		Φ_M	449	154	162	207	157	318
	0,2	Φ_z	0	1,74	3,95	5,59	6,61	8,09
		Φ_M	531	184	186	245	194	379
	0,3	Φ_z	0	1,55	3,51	4,96	5,85	7,17
		Φ_M	476	165	167	222	176	344
	0,4	Φ_z	0	1,3	2,98	4,24	5,03	6,13
		Φ_M	397	138	138	182	146	283
	0,5	Φ_z	0	1,3	2,91	4,09	4,8	5,91
		Φ_M	400	138	141	189	148	290
0,25	0	Φ_z	0	0	0	0	0	0
		Φ_M	0	8,53	19,4	27,5	32,6	39,8
	0,1	Φ_z	0	1,38	3,18	4,53	5,37	6,54
		Φ_M	421	147	148	184	145	287
	0,2	Φ_z	0	2,53	5,91	8,51	10,2	12,3
		Φ_M	763	270	260	337	276	531
	0,3	Φ_z	0	2,49	5,85	8,48	10,2	12,3
		Φ_M	750	266	253	330	273	521
	0,4	Φ_z	0	2,19	5,15	7,48	8,99	10,8
		Φ_M	655	233	220	287	239	455
	0,5	Φ_z	0	1,88	4,38	6,32	7,57	9,14
		Φ_M	565	200	192	252	207	396
0,4	0	Φ_z	0	0	0	0	0	0
		Φ_M	0	8,06	18,3	26	30,7	37,5
	0,1	Φ_z	0	1,3	2,98	4,24	5,03	6,13
		Φ_M	397	138	140	174	136	271
	0,2	Φ_z	0	2,33	5,43	7,81	9,33	11,3
		Φ_M	704	248	241	312	255	491
	0,3	Φ_z	0	2,24	5,29	7,7	9,28	11,1
		Φ_M	670	239	225	291	244	462
	0,4	Φ_z	0	2,66	6,25	9,07	10,9	13,1
		Φ_M	799	284	270	351	292	555
	0,5	Φ_z	0	1,77	4,21	6,15	7,43	8,91
		Φ_M	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	400	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	0,3	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, защемленная 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	0,3	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	0,3	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

Продолжение табл. 56

β_0	β	Φ \ α	α_0 = 0,1						α_0 = 0,25						α_0 = 0,4						α_0 = 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	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

Таблица 57

II. Равномерно распределенный импульс

Плита, опертая по контуру

η	β	Φ	γ = 0,1 значения α					γ = 0,05 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
		Φ_M	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
		Φ_M	5,87	7,19	7,95	8,7	11,5	7,9	8,62	9,89	10,1	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
		Φ_M	9,3	11,6	12,8	14,1	18,4	11,8	13,2	15,1	15,6	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
		Φ_M	11,4	14,4	15,9	17,7	22,9	14,4	16,4	18,7	19,5	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
		Φ_M	13,3	16,8	18,6	20,6	26,7	16,5	18,9	21,5	22,4	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
		Φ_M	15,1	18,9	21	23,2	30,1	19,3	21,7	24,8	25,7	35,6
1/2	0	Φ_z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Φ_M	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
		Φ_M	4,56	6,4	7,13	8,26	10	6,17	7,59	8,57	9,33	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
		Φ_M	6,59	9,47	10,7	12,5	14,9	8,52	10,9	12,4	13,7	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
		Φ_M	7,98	11,5	13,1	15,3	18,3	10,3	13,2	15,2	16,8	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
		Φ_M	9,08	13,2	15,1	17,6	20,9	11,5	15	17,2	19,1	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
		Φ_M	10,8	15,5	17,5	20,4	24,4	14,0	17,8	20,4	22,4	28,7
1/3	0	Φ_z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Φ_M	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
		Φ_M	4,62	6,76	7,64	8,95	10,6	6,12	7,9	8,96	9,96	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
		Φ_M	6,29	9,41	10,8	12,7	14,9	8,07	10,7	12,4	13,8	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
		Φ_M	7,57	11,3	13,1	15,3	18	9,75	13	14,9	16,7	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
		Φ_M	8,44	12,7	14,8	17,3	20,2	10,7	14,4	16,7	18,8	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
		Φ_M	10,3	15,4	17,7	20,7	24,4	13,3	17,6	20,3	22,7	28,4
1/4	0	Φ_z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Φ_M	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
		Φ_M	4,79	7,16	8,18	9,62	11,3	6,26	8,28	9,46	10,6	13,3
	0,2	Φ_z	0,39	0,73	0,97	1,15	1,22	0,42	0,77	1,02	1,21	1,29
		Φ_M	6,27	9,55	11,1	13	15,1	8	10,9	12,6	14,2	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
		Φ_M	7,54	11,5	13,3	15,6	18,2	9,65	13,1	15,1	17	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
		Φ_M	8,27	12,7	14,8	17,4	20,1	10,5	14,3	16,7	18,8	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
		Φ_M	10,3	15,7	18,1	21,3	24,8	13,2	17,9	20,7	23,3	28,7

Таблица 58

Плита, двумя краями, параллельными оси y, свободно опертая, двумя другими защемленная

η	β	Φ	$\gamma = 0{,}1$ значения α					$\gamma = 0{,}05$ 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
		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	γ=0,1 значения α						γ=0,05 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

Пример 1. РАСЧЕТ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРЫТИЯ ПОД ШТАМПАВТОМАТЫ

1. Задание

На сборном железобетонном перекрытии устанавливаются штамповочные автоматы карусельного типа, штампующие однотипные латунные детали, а также соединенные с ними транспортерами рубильные станки, разрезающие латунную ленту на заготовки для этих деталей.

По данным технологов штампавтоматы относятся ко второму классу по чувствительности к колебаниям. Требуется проверить колебания перекрытия, возникающие при действии рубильных станков и штампавтоматов, с точки зрения их безвредного влияния на обслуживающий персонал и на работу штампавтоматов.

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 штампавтоматы.

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 $E_б = 290\,000$ *кг/см²*.

Расстояние между центрами опор балки l=5,70 *м*.

Высота балки $h = 75$ *см*.

Ширина балки $b = 30$ *см*.

Жесткость балки $D = E_б I = 30{,}7 \cdot 10^6$ *кг · м²* (п. 3.4).

Погонный вес балки $q_0 = 542$ *кг/м*.

Длина плиты 6 *м*.

Пролет плиты (расстояние между центрами опор) $l = 5{,}85$ *м*.

Ширина плиты $b = 200$ *см*.

Приведенная высота плиты по моменту инерции сечения $h = 20$ *см*.

Приведенная высота плиты по площади сечения $h' = 12$ *см*.

Жесткость плиты $D = 3{,}85 \cdot 10^6$ *кг · м²*.

Погонный вес плиты вместе с полом $q_0 = 880$ *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 прорези в направляющем лотке и перерезают на семь частей участок ленты, лежащий в лотке. Эти заготовки проталкиваются по транспортеру к штампавтомату пе-

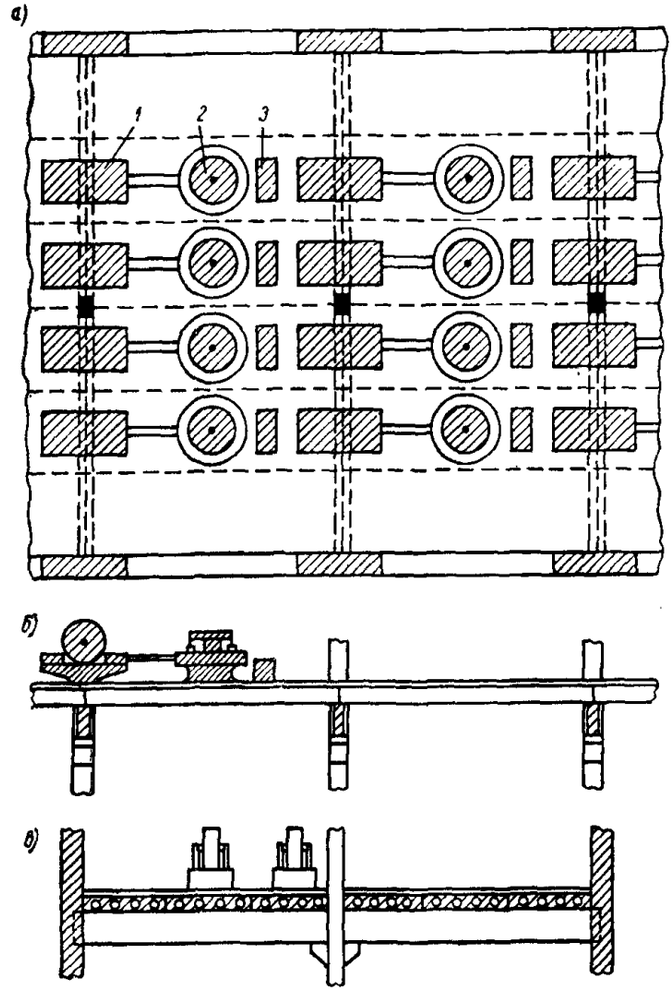


Рис. 14. Эскиз перекрытия и план расположения оборудования

а — план перекрытия: *1* — рубильные станки; *2* — штампавтоматы; *3* — приемники деталей; *б* — продольный разрез; *в* — поперечный разрез

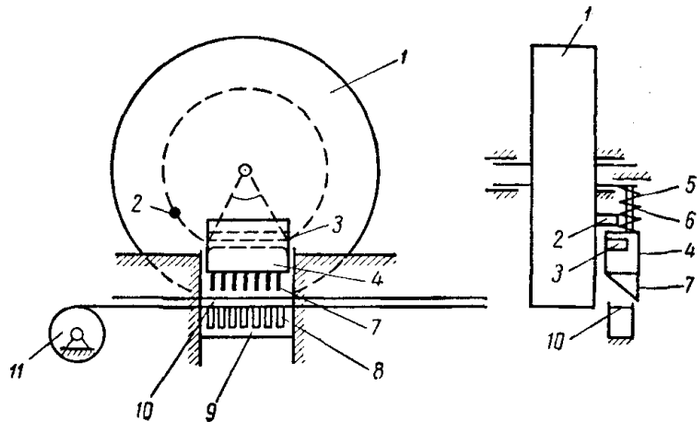


Рис. 15. Кинематическая схема рубильного станка

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 штампавтомату. Кинематическая схема карусельного штамповочного автомата показана на рис. 16. Над круглым горизонтальным столом расположены на равных расстояниях по окружности восемь одинаковых штампов с различными штамповочными 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, проштамповывают 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».

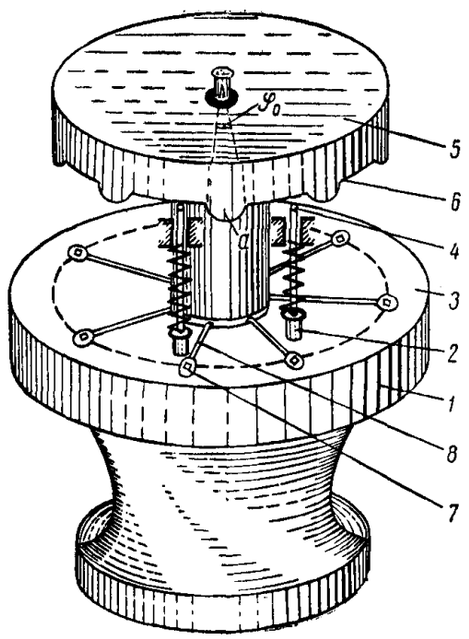


Рис. 16. Кинематическая схема карусельного штампавтомата

1 — круглый горизонтальный стол; *2* — штамп; *3* — пружины; *4* — ролики; *5* — карусельный барабан; *6* — копир; *7* — деталь; *8* — автоматические «руки»

Вес штампавтомата — 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:

$$y = a \sin\left(\pi \frac{\varphi}{\varphi_0}\right), \quad 0 \leqslant \varphi \leqslant \varphi_0,$$

где $\varphi_0 = \frac{\pi}{10} = 18°$, $a = 5$ *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 штампавтомата

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 $\bar{q}_0 = 500$ *кг* — вес маховика;

$r_0 = 1$ *мм* — эксцентрицитет, принимаемый таким же, как и для вентиляторов (И 200—54);

$$\omega = \frac{\pi N_0}{30},$$

где $N_0 = 15$ *об/мин* — число оборотов маховика.

Так как частота этой гармонической силы ($n_0 = 0{,}25$ *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):

$$y = -h \sin \frac{3\pi t}{2} \text{ для } 0 \leqslant t \leqslant \frac{2}{3} \text{ сек},$$

$$y = 0 \text{ для } \frac{2}{3} \text{ сек} \leqslant t \leqslant 4 \text{ сек},$$

где h — ход кулисы. Сила инерции движения кулисы с массой m равна $P = -my$, т. е.

$$P = -P_0 \sin \frac{3\pi t}{2} \text{ для } 0 \leqslant t \leqslant \frac{2}{3} \text{ сек},$$

$$P = 0 \text{ для } \frac{2}{3} \text{ сек} \leqslant t \leqslant 4 \text{ сек},$$

где P_0 наибольшее значение силы, равное

$$P_0 = mh \left(\frac{3\pi}{2}\right)^2 = \frac{15 \cdot 0{,}127 \cdot 9 \cdot 9{,}87}{9{,}8 \cdot 4} = 4{,}3 \text{ кг}.$$

Импульс силы P за время ее действия $\tau = {}^2/_3$ *сек* равен (п. 2.4):

$$S = \int_0^{\tau} P\,dt = -P_0 \int_0^{\frac{2}{3}} \sin \frac{3\pi t}{2}\,dt = \frac{4P_0}{3\pi} = 1{,}83 \text{ кг} \cdot \text{сек}.$$

График этих периодических импульсов показан на рис. 17,*а*.

б) Импульсивная нагрузка от штампавтомата

В процессе работы штампавтомата 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:

$$y = -a \sin 5\pi t \text{ при } 0 \leqslant t \leqslant 0{,}2 \text{ сек},$$

$$y = 0 \text{ при } 0{,}2 \text{ сек} \leqslant t \leqslant 0{,}5 \text{ сек},$$

Сила инерции движения всех штампов равна $P = -8\,my$, где m масса одного штампа. Она изменяется по уравнению

$$P = -P_0 \sin 5\pi t \text{ для } 0 \leqslant t \leqslant 0{,}2 \text{ сек},$$

$$P = 0 \text{ для } 0{,}2 \text{ сек} \leqslant t \leqslant 0{,}5 \text{ сек},$$

где P_0 — максимальное значение силы, равное:

$$P_0 = 8ma \cdot 25\pi^2 = 200\,\pi^2 \cdot \frac{5}{9{,}8}\,0{,}05 = 50{,}5 \text{ кг}.$$

Импульс этой силы за время ее действия $\tau = 0{,}2$ *сек* равен (п. 2.4):

$$S = \int_0^{\tau} P dt = -P_0 \int_0^{0{,}2} \sin 5\pi t\,dt = \frac{2P_0}{5\pi} = 6{,}42 \text{ кг} \cdot \text{сек}.$$

График этих периодических импульсов показан на рис. 17,*б*.

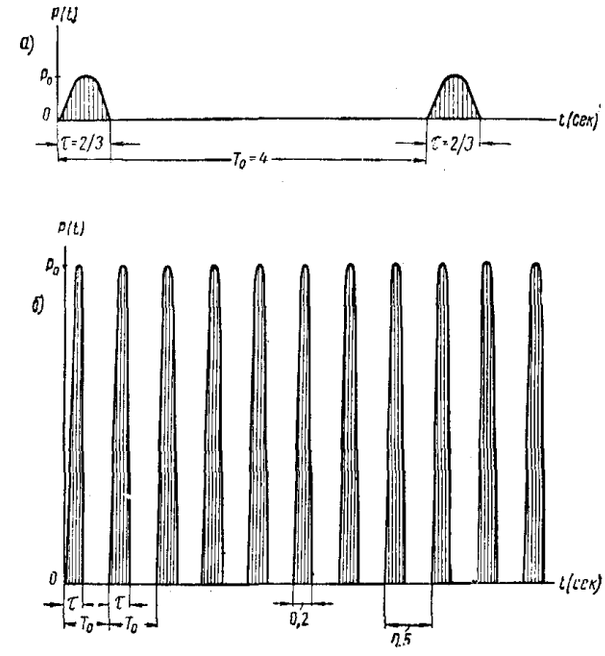


Рис. 17. Графики периодических импульсов, возникающих при действии оборудования

а — при действии рубильного станка; *б* — при действии штампавтомата

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*.

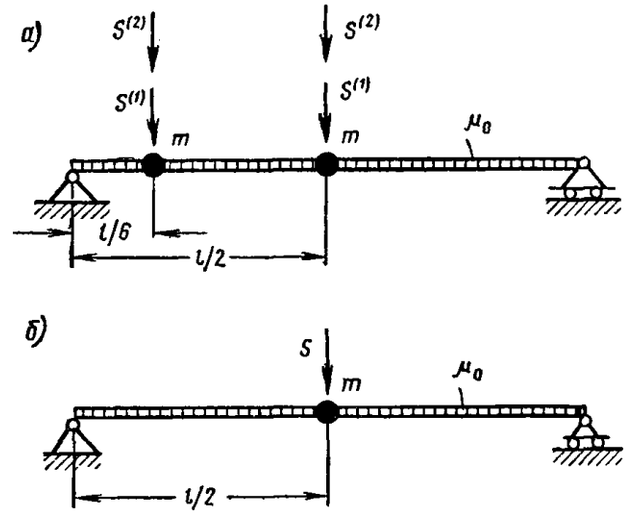


Рис. 18. Расчетные схемы

а — балки; *б* — плиты

Основная круговая частота собственных колебаний балки, свободно лежащей на жестких опорах и несу-

щей, помимо равномерно распределенной массы μ_0, сосредоточенные массы, определяется согласно прил. 1, раздел Б, п. 1 по формуле

$$p_1 = \frac{\pi^2}{l^2}\sqrt{\frac{D}{\mu_1}}.$$

Здесь μ_1 — приведенная погонная масса, вычисляемая по формуле (34), которая в данном случае имеет вид

$$\mu_1 = \mu_0 + \frac{m}{l}[X_1^2(0{,}167) + X_1^2(0{,}5)].$$

Погонная масса μ_0 состоит из массы балки и массы плит:

$$\mu_0 = \frac{q_0}{g} = \frac{542 + 3\cdot 880}{9{,}8} = 325 \ кг\cdot сек^2/м^2.$$

Сосредоточенная масса m равна сумме масс обоих агрегатов

$$m_0 = \frac{2\cdot 1200}{9{,}8} = 245 \ кг\cdot сек^2/м.$$

Из табл. 21 (прил. 5) находим $X_1^2(0{,}167) = 0{,}5$; $X_1^2(0{,}5) = 2$.

Следовательно,

$$\mu_1 = 325 + \frac{245}{5{,}70}\ 2{,}5 = 432 \ кг\cdot сек^2/м^2.$$

Подставляя данные в формулу для p_1, получим

$$p_1 = \frac{9{,}87}{32{,}5}\sqrt{\frac{30{,}7\cdot 10^6}{432}} = 80{,}8 \ рад/сек.$$

Частота

$$n_1 = \frac{p_1}{2\pi} = 12{,}8 \ гц.$$

Период

$$T_1 = \frac{1}{n_1} = 0{,}078 \ сек.$$

Аналогично определяется основная круговая частота плиты, рассматриваемой как свободно опертая балка.

Теперь:

$$\mu_0 = \frac{q_0}{g} = \frac{880}{9{,}8} = 90 \ кг\cdot сек^2/м^2,$$

$$m = \frac{1200}{9{,}8} = 122{,}5 \ кг\cdot сек^2/м,$$

$$\mu_1 = \mu_0 + \frac{m}{l}\ X_1^2(0{,}5) = 90 + \frac{122{,}5\cdot 2}{5{,}85} =$$

$$= 132 \ кг\cdot сек^2/м^2.$$

Круговая частота

$$p_1 = \frac{\pi^2}{l^2}\sqrt{\frac{D}{\mu_1}} = \frac{9{,}87}{5{,}85^2}\sqrt{\frac{3{,}85\cdot 10^6}{132}} =$$

$$= 49{,}2 \ рад/сек.$$

Частота

$$n_1 = \frac{p_1}{2\pi} = \frac{49{,}2}{6{,}28} = 7{,}85 \ гц.$$

Период

$$T_1 = \frac{1}{n_1} = 0{,}127 \ сек.$$

Согласно пп. 1.3 и 2.6 определяем коэффициенты ε_1: для балки

$$\frac{\tau}{T_1} = \frac{0{,}667}{0{,}078} = 8{,}5 > 2{,}5; \quad \varepsilon_1 = 0{,}031;$$

для плиты

$$\frac{\tau}{T_1} = \frac{0{,}200}{0{,}127} = 1{,}58; \quad \varepsilon_1 = 0{,}232.$$

Приведенный импульс, действующий на балку, равен

$$S_1 = \varepsilon_1 S = 0{,}031\cdot 1{,}83 = 0{,}057 \ кг\cdot сек.$$

Приведенный импульс, действующий на плиту, равен

$$S_1 = \varepsilon_1 S = 0{,}232\cdot 6{,}42 = 1{,}49 \ кг\cdot сек.$$

Первый импульс относится к I категории, второй — ко II категории.

3. Определение допускаемой амплитуды колебаний плиты

Теперь ясно, что штампавтомат 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 штампавтомата имеем период импульсов $T_0 = 0{,}5$ *сек*. Период собственных колебаний плиты $T_1 = 0{,}127$ *сек*, коэффициент внутреннего трения $\gamma = 0{,}05$ (согласно табл. 2 для импульсов I и II категории).

Так как $n_1 = 7{,}85$ *гц* < 10 *гц*, то допускаемая амплитуда определяется через допускаемое ускорение по формуле (4) п. 1.5. За допускаемое ускорение для людей принимаем $w_0 = 130$ *мм/сек*^{2} (соответствующее $n = 8$ *гц*), а за допускаемое ускорение для штампавтомата, относящегося ко II классу по чувствительности к колебаниям, принимаем значение $w_0 = 63$ *мм/сек*^{2} (табл. 4, п. 1.5). Допускаемая амплитуда должна определяться, очевидно, по наименьшему допускаемому ускорению $w_0 = 63$ *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

$$a_0 = \frac{w_0}{4\pi^2 n_1^2}(1 + d) = \frac{63\cdot 1{,}37}{4\cdot 9{,}87\cdot 7{,}85^2} \approx 0{,}035 \ мм$$

4. Определение амплитуды колебаний плиты при действии на нее штампавтомата

Так как $T_0 = 0{,}5$ *сек* $< \frac{2T_1}{\gamma} = 5{,}1$ *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):

$$\Psi = \frac{\sqrt{1 + e^{2\pi\gamma\theta} - 2e^{\pi\gamma\theta}\cos(2\pi\theta)}}{2\,\mathrm{ch}(\pi\gamma\theta) - 2\cos(2\pi\theta)},$$

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:

$S = 6{,}42$ *кг·сек*; $\tau = 0{,}2$ *сек*; $T_1 = 0{,}127$ *сек*;

$\varepsilon_1 = 0{,}232$; $T_0 = 0{,}5$ *сек*; $p_1 = 49{,}2$ *рад/сек*;

$$\gamma = 0{,}05; \qquad \theta = \frac{T_0}{T_1} \approx 4;$$

$$m_1 = \mu_1 l = 132 \cdot 5{,}85 = 772 \text{ кг·сек}^2/\text{м}.$$

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:

$$\Psi = \frac{\sqrt{1 + e^{1{,}256} - 2e^{0{,}628}\cos 8\pi}}{2(\mathrm{ch}\,0{,}628 - \cos 8\pi)} =$$

$$= \frac{\sqrt{1 + 3{,}508 - 2 \cdot 1{,}874 \cdot 1}}{2(1{,}204 - 1)} = 1{,}86.$$

Коэффициент Φ_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):

$$a_1 = \varepsilon_1 b_1 e^{-\frac{\gamma\pi}{4}} = 0{,}232\sqrt{2}\,e^{-0{,}04} =$$

$$= 0{,}232\sqrt{2} \cdot 0{,}961 = 0{,}223\sqrt{2}.$$

Здесь b_1 для сосредоточенного импульса, приложенного по середине плиты ($\alpha_0 = 0{,}5$), вычисляется по формуле (67):

$$b_1 = X_1(0{,}5) = \sqrt{2}.$$

Подставляя a_1 в Φ_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 штампавтоматы вызывают меньшую импульсивную нагрузку, нежели рубильные станки.

Целесообразно изменить план расположения оборудования, поменяв местами штампавтоматы 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 штампавтоматов.

6. Определение амплитуды колебаний плиты при действии на нее рубильного станка

При работе рубильного станка на плиту действуют также периодические импульсы (так как $T_0 = 4$ *сек* $< \frac{2T_1}{\gamma} = 5{,}1$ *сек*; п. 2.9), но с другими характеристиками. Поэтому ход расчета аналогичен изложенному в § 4 настоящего примера.

Выписываем необходимые для расчета данные:

$S = 1{,}83$ *кг·сек*; $\tau = 0{,}667$ *сек*; $T_1 = 0{,}127$ *сек*;

$\varepsilon_1 = 0{,}054$

(импульс синусоидальной формы, см. табл. 8); $T_0 = 4$ *сек*; $p_1 = 49{,}2$ *рад/сек* (так как массы станка и автомата одинаковы, частота плиты не изменилась от их перестановки); $\gamma = 0{,}05$;

$$\theta = \frac{T_0}{T_1} = 3{,}15; \qquad m_1 = 772\ \text{кг·сек}^2/\text{м}.$$

Снова применяем формулу

$$z^* = \Psi z_0.$$

Коэффициент Ψ вычисляем, принимая $\theta = 3$ (см. прил. 4, раздел Б):

$$\Psi = \frac{\sqrt{1 + e^{0{,}94} - 2e^{0{,}47}\cos 6\pi}}{2(\mathrm{ch}\,0{,}47 - \cos 6\pi)} =$$

$$= \frac{\sqrt{1 + 2{,}56 - 2 \cdot 1{,}60 \cdot 1}}{2(1{,}113 - 1)} = 2{,}65.$$

Далее

$$z_0 = \frac{S}{m_1 p_1}\,\Phi_z(0{,}5) = \frac{1{,}83 \cdot 0{,}104}{772 \cdot 49{,}2} =$$

$$= 0{,}00503 \cdot 10^{-3}\ \text{м} = 0{,}00503\ \text{мм},$$

где

$$\Phi_z(0{,}5) = a_1 X_1(0{,}5) = \varepsilon_1 b_1 e^{-\frac{\gamma\pi}{4}} X_1(0{,}5) =$$

$$= 0{,}054\sqrt{2} \cdot 0{,}961\sqrt{2} = 0{,}104.$$

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 $P_0 = 4{,}3$ *кг* (см. выше), умноженного на коэффициент $\varkappa = 1{,}106$. Проверим это.

$$z_0 = \frac{\varkappa p_0 l^3}{48 D} = \frac{1{,}106 \cdot 4{,}3 \cdot 5{,}85^3}{48 \cdot 3{,}85 \cdot 10^6} = 0{,}00513 \cdot 10^{-3}\ м = 0{,}00513\ мм.$$

Итак,

$z_0^* = 2{,}65 \cdot 0{,}00513 = 0{,}0136\ мм$.

Заметим, что допускаемая амплитуда колебаний плиты теперь изменится и станет больше, так как она должна определяться теперь не по допускаемому ускорению $w_0 = 63\ мм/сек^2$ для штампавтомата (установленного теперь на балке), а по допускаемому ускорению $w_0 = 130\ мм/сек^2$ для обслуживающего персонала.

Однако мы не учли влияния колебаний балки под действием штампавтоматов и рубильных станков. Поэтому проверку на допускаемые колебания произведем после проведения расчета балки.

7. Определение амплитуды колебаний балки при действии на нее штампавтоматов и рубильных станков

На балку действуют в середине пролета и в одной шестой пролета периодические импульсы двух видов: от штампавтоматов (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.

Отмечая характеристики первого импульса (от штампавтоматов) индексом (1), а второго—индексом (2), выписываем необходимые для расчета данные:

$$T_1 = 0{,}078\ сек; \quad \gamma = 0{,}05; \quad l = 5{,}70\ м;$$

$$D = 30{,}7 \cdot 10^6\ кг \cdot м^2,$$

$$\tau^{(1)} = 0{,}2\ сек; \quad \frac{\tau^{(1)}}{T_1} = 2{,}57 > 2{,}5; \quad \varkappa^{(1)} = 1{,}24;$$

$$P_0^{(1)} = 50{,}5\ кг;$$

$$T_0^{(1)} = 0{,}5\ сек; \quad \theta^{(1)} = \frac{T_0^{(1)}}{T_1} = 6{,}4; \quad \Psi_1 = 0{,}76.$$

$$\tau^{(2)} = 0{,}667\ сек; \quad \frac{\tau^{(2)}}{T_1} = 8{,}55 > 2{,}5; \quad \varkappa^{(2)} = 1{,}062;$$

$$P_0^{(2)} = 4{,}3\ кг;$$

$$T_0^{(2)} = 4\ сек; \quad \theta^{(2)} = \frac{T_0^{(2)}}{T_1} = 51{,}5; \quad \Psi_2 = 1.$$

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

$$T_0^{(2)} = 4\ сек > \frac{2T_1}{\gamma} = 3{,}1\ сек.$$

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 импульсов больше 2,5, наибольшее перемещение балки от однократных импульсов можно определять как статические прогибы от максимумов импульсивных сил $P_0^{(k)} \varkappa^{(k)}$ (см. прим. 1 к п. 2.1), а перемещения от периодических импульсов — как статические прогибы от сил $P_0^{(k)} \varkappa^{(k)} \Psi_k$. Для середины балки получаем:

$$z_0^* = \frac{\left(P_0^{(1)} \varkappa^{(1)} \Psi_1 + P_0^{(2)} \varkappa^{(2)} \Psi_2 \right) l^3}{48 D} + \frac{\left(P_0^{(1)} \varkappa^{(1)} \Psi_1 + P_0^{(2)} \varkappa^{(2)} \Psi_2 \right) l^3}{100 D} =$$

$$= \frac{0{,}0308 l^3}{D} \left(P_0^{(1)} \varkappa^{(1)} \Psi_1 + P_0^{(2)} \varkappa^{(2)} \Psi_2 \right) =$$

$$= \frac{0{,}0308 \cdot 5{,}70^3}{30{,}7 \cdot 10^6} (50{,}5 \cdot 1{,}24 \cdot 0{,}76 + 4{,}3 \cdot 1{,}06 \cdot 1) =$$

$$= 9{,}7 \cdot 10^{-6}\ м.$$

Таким образом,

$$z_0^* = 0{,}0097\ мм \approx 0{,}01\ мм.$$

8. Проверка колебаний перекрытия по условию их безвредного влияния на людей и на работу штампавтоматов

Так как штампавтоматы установлены на балке, они участвуют в колебаниях только балки; эти колебания, вызванные работой штампавтоматов и рубильных станков, были определены в предыдущем параграфе. Наибольшая амплитуда этих колебаний равна $z_0 = 0{,}01\ мм$, а частота равна $n_1 = 12{,}8\ гц$ (основная частота колебаний балки).

Определим допускаемую амплитуду a_0 согласно п. 1.5. Так как теперь $n_1 > 10\ гц$, то допускаемая амплитуда должна определяться по формуле (3), причем за допускаемую скорость должно быть принято из табл. 4 значение $v = 1\ мм/сек$ (для оборудования II класса чувствительности к колебаниям), а для вычисления d имеем значения: $\gamma = 0{,}05$, $T_0 = 0{,}5\ сек$, $T_1 = 0{,}078\ сек$.

Находим

$$d = 10\gamma \left(1 - \frac{T_1}{T_0}\right) = 10 \cdot 0{,}05 \left(1 - \frac{0{,}078}{0{,}5}\right) = 0{,}422;$$

$$a_0 = \frac{v_0 (1 + d)}{2\pi n_1} = \frac{1 \cdot 1{,}422}{6{,}28 \cdot 12{,}8} = 0{,}018\ мм.$$

Таким образом, расчетная амплитуда $z_0 = 0{,}010\ мм$ меньше допускаемой $a_0 = 0{,}018\ мм$.

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 $z_д = 0{,}014\ мм$ и частотой $n_1' = 7{,}85\ гц$ и колебания балки с амплитудой $z_д'' = 0{,}01\ мм$ и частотой $n_1'' = 12{,}8\ гц$. В этом случае проверка допустимости колебаний должна производиться согласно указанию п. 1.16.

Вычисляя соответствующие скорости v' и v'' и ускорения w' и w'', убеждаемся, что их наибольшие значения отвечают второму колебанию с частотой $n_1'' = 12{,}8\ гц$. Следовательно, $n_1 = 12{,}8\ гц > 10\ гц$.

За расчетную принимаем амплитуду

$$z_д = \frac{z'_д n'_1 + z''_д n''_1}{n_1} = \frac{0{,}014 \cdot 7{,}85 + 0{,}01 \cdot 12{,}8}{12{,}8} = 0{,}019 \text{ мм}.$$

Для определения допускаемой амплитуды надо вычислить d для колебания с частотой $n_1 = n_1'' = 12{,}8$ *гц*, для которого $T_1 = 0{,}078$ *сек*, $T_0 = 0{,}5$ *сек* (для штампавтоматов, как наиболее динамичной нагрузки); это значение d подсчитано выше и равно $d = 0{,}422$. Допускаемая скорость колебаний для людей равна $v_0 = 2{,}4$ *мм/сек* (см. п. 1.5, прим. к табл. 3). По формулам (3) и (5) находим:

$$a_0 = \frac{2{,}4 \cdot 1{,}422}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 12{,}8} = 0{,}039 \text{ мм}.$$

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 штампавтоматов.

9. Замечание о влиянии колебаний на прочность перекрытия

Так как для каждого из элементов перекрытия $z_д/l$ не превышает $1/50000$, при проверке прочности перекрытия динамические нагрузки можно не учитывать (п. 1.17 инструкции).

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.

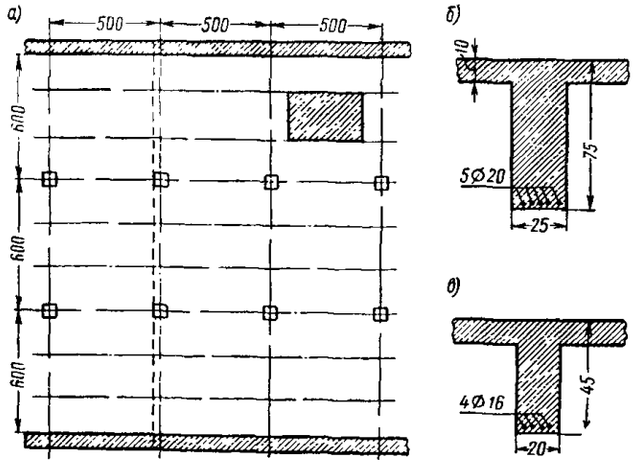


Рис. 19. Схема перекрытия

а — план; *б* — сечение главной балки; *в* — сечение вспомогательной балки

Данные по маслоизготовителю

Вес маслоизготовителя без пахты	$W_0 = 2000$ *кг*
Вес маслоизготовителя с пахтой	$W = 3200$ »
Расстояние между опорами маслоизготовителя по длине	$a_0 = 3$ *м*
Расстояние между опорами маслоизготовителя по ширине	$b_0 = 2$ »
Вес падающего масла	$w = 600$ *кг*
Высота падения масла	$H = 1{,}3$ *м*
Продолжительность удара, обусловленная пластической деформацией масла	$\tau = 0{,}08$ *сек*
Число оборотов барабана	$N = 26$ *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)	$l' = 5$ *м*
Погонный вес вспомогательной балки с плитой	$q' = 510$ *кг/м*
Момент инерции поперечного сечения вспомогательной балки	$I' = 31 \cdot 10^4$ *см*^{4}
Пролет главной балки	$l'' = 6$ *м*
Момент инерции поперечного сечения главной балки	$I'' = 200 \cdot 10^4$ *см*^{4}
Погонный вес ребра главной балки	$q'' = 390$ *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 $\tau = 0{,}08$ *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-

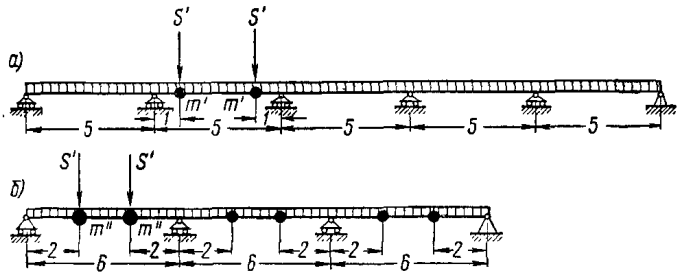


Рис. 20. Расчетные схемы элементов перекрытия
а — вспомогательная балка; *б* — главная балка

деленной массы имеет во втором пролете две одинаковые сосредоточенные массы (масса маслоизготовителя вместе с пахтой распределяется поровну между смежными вспомогательными балками):

$$m' = \frac{W}{4g} = \frac{3200}{4 \cdot 9{,}8} = 81{,}5 \ кг \cdot сек^2/м.$$

Собственная погонная масса, приходящаяся на вспомогательную балку,

$$\mu_0' = \frac{q'}{g} = \frac{510}{9{,}8} = 52 \ кг \cdot сек^2/м^2.$$

Для определения круговой частоты p_1 обращаемся к прил. 1, раздел Б, п. 2. Приведенную погонную массу определяем по формуле (37):

$$\mu_1' = \mu_0' + \frac{m'}{l'} \left[X_1^2(0{,}2) + X_1^2(0{,}8) \right] = 52 +$$

$$+ \frac{81{,}5}{5} 2 \cdot 0{,}138 = 56{,}5 \ кг \cdot сек^2/м^2,$$

где $X_1(\alpha)$ берется из табл. 36.

Жесткость D' определяем в соответствии с п. 3.4 инструкции

$$D' = EI' = 2{,}9 \cdot 10^9 \cdot 31{,}0 \cdot 10^{-4} = 89{,}9 \cdot 10^5 \ кг \cdot м^2.$$

Первая круговая частота вспомогательной балки

$$p_1 = \frac{\lambda_1^2}{l'^2} \sqrt{\frac{D'}{\mu_1'}} = \frac{9{,}87}{25} \sqrt{\frac{89{,}9 \cdot 10^5}{56{,}5}} =$$

$$= 157 \ рад/сек.$$

Период собственных колебаний по основному тону

$$T_1 = \frac{2\pi}{p_1} = \frac{6{,}28}{157} = 0{,}040 \ сек.$$

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

$$\varepsilon_1 = 0{,}212.$$

Эквивалентный по первому тону импульс находим по формуле (12):

$$S_1 = \varepsilon_1 S = 0{,}212 \cdot 310 = 65{,}8 \ кг \cdot сек.$$

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':

$$S' = \frac{S}{4} = \frac{310}{4} = 77{,}5 \ кг \cdot сек$$

и имеющих продолжительность $\tau = 0{,}08$ *сек*.

Трехпролетная главная балка на жестких опорах кроме распределенной массы несет в третях всех пролетов сосредоточенные массы нагрузок, передаваемых через вспомогательные балки (рис. 20,*б*):

$$m = \mu_0' l' = 52 \cdot 5 = 260 \ кг \cdot сек^2/м,$$

$$m'' = m + m' = 260 + 81{,}5 = 341{,}5 \ кг \cdot сек^2/м.$$

Собственная погонная масса ребра главной балки

$$\mu_0'' = \frac{q''}{g} = \frac{390}{9{,}8} = 39{,}8 \ кг \cdot сек^2/м^2.$$

Аналогично предыдущему определяем приведенную погонную массу μ_1'' по формуле (37), пользуясь таблицами 28—30:

$$\mu_1'' = \mu_0'' + \frac{2m''}{l''} X_1^{(1)}\left(\frac{1}{3}\right) + \frac{2m}{l''} X_1^{(2)}\left(\frac{1}{3}\right) +$$

$$+ \frac{2m}{l''} X_1^{(3)}\left(\frac{1}{3}\right) = 39{,}8 +$$

$$+ \frac{(2 \cdot 341{,}5 + 4 \cdot 260)\, 0{,}483}{6} = 178{,}5 \ кг \cdot сек^2/м^2.$$

Жесткость

$$D'' = EI'' = 2{,}9 \cdot 10^9 \cdot 200 \cdot 10^{-4} = 580 \cdot 10^5 \ кг \cdot м^2.$$

Первая круговая частота главной балки

$$p_1 = \frac{\lambda_1^2}{l''^2} \sqrt{\frac{D''}{\mu_1''}} = \frac{9{,}87}{36} \sqrt{\frac{580 \cdot 10^5}{178{,}5}} =$$

$$= 156{,}5 \ рад/сек.$$

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:

$$S' = \frac{S}{4} = 77{,}5 \ кг \cdot сек$$

с продолжительностью $\tau = 0{,}08$ *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:

$$\varepsilon_1 \frac{v_0 p_1}{g} = 0{,}212 \ \frac{5{,}05 \cdot 157}{9{,}8} = 17{,}2 < 50,$$

заключаем, что наибольшее перемещение следует определять по формуле (84) прил. 3, раздел А:

$$\bar{z}_0 = \sqrt{\left(z_{ст} e^{-\frac{\gamma\pi}{4}}\right)^2 + z_0^2},$$

где z_0 должно определяться согласно указаниям прил. 2, раздел Б, п. 2:

$$z_0 = \frac{S'}{m_1 p_1} \Phi_z(\alpha).$$

Примем $\alpha = \frac{1}{2}$, так как наибольший прогиб будет близок к середине пролета. Подставляя значения приведенной массы второго пролета $m_1 = \mu_1' l' = 56{,}5 \cdot 5 = 282{,}5$ *кг · сек²/м*, круговой частоты $p_1 = 157$ *рад/сек* и импульса $S' = 77{,}5$ *кг · 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:

$$\Phi_z\left(\frac{1}{2}\right) = \Phi_z\left(\frac{1}{2}\right)_{\alpha_0 = 0{,}2} + \Phi_z\left(\frac{1}{2}\right)_{\alpha_0 = 0{,}8} =$$

$$= 0{,}667 + 0{,}658 = 1{,}325.$$

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 $\tau = 0{,}08$ *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 $z_{ст}$ от двух грузов $P = m'g = 150$ *кг* (рис. 20,*а*):

$$z_{ст} = 0{,}0113 \ \frac{Pl'^3}{D'} = \frac{0{,}0113 \cdot 150 \cdot 125}{89{,}9 \cdot 10^5} =$$

$$= 2{,}71 \cdot 10^{-5} \text{ м} = 0{,}027 \text{ мм}.$$

Подставив значения z_0 и $z_{ст}$ 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:

$$n_1 = \frac{p_1}{2\pi} = \frac{157}{6{,}28} = 25 \text{ гц}.$$

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:

$$a_0 = \frac{6 \cdot 1{,}97}{6{,}28 \cdot 25} = 0{,}075 \text{ мм}.$$

Таблица 60

Вычисление Φ_2 с учетом продолжительности ударного импульса

i	μ_i' Формула (37) табл. 36	λ_i^3 Табл. 12	p_i Формула (33)	$T_i = \frac{2\pi}{p_i}$	$\tau_i^* = \frac{\tau}{T_i}$	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	$\frac{p_i}{p_1}$	$e^{-0{,}0785\frac{p_i}{p_1}}$	$\frac{p_i}{p_1} e^{-0{,}0785\frac{p_i}{p_1}}$	a_i Формула (72)	$X_i^{(2)}\left(\frac{1}{2}\right)$ Табл. 36	$a_i X_i^{(2)}\left(\frac{1}{2}\right)$	$\Phi_2 = \sum_{i=1}^{6} \lvert a_i X_i\left(\frac{1}{2}\right)\rvert$ 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 $\bar{z}_0 \leqslant a_0$, 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

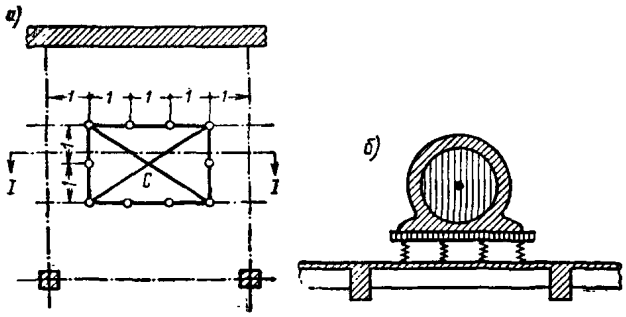


Рис. 21. Схема опирания рамы маслоизготовителя на виброизоляторы:
а — план; *б* — разрез по *1 — 1*

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* $n_в$ была приблизительно в 6 раз меньше основной частоты собственных колебаний вспомогательных балок (см. п. 1.9 инструкции). Назначаем $n_в = 4$ *гц*. В таком случае круговая частота собственных колебаний маслоизготовителя на виброизоляторах будет равна:

$$p_в = 2\pi n_в = 25{,}1 \ рад/сек.$$

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

$$p_в = \sqrt{\frac{k_в}{m_1}},$$

где m_1 — масса маслоизготовителя с пахтой, равная

$$m_1 = \frac{W}{g} = \frac{3200}{9{,}8} = 326 \ кг \cdot сек^2/м,$$

определяется общая жесткость виброизоляторов:

$$k_в = m_1 p_в^2 = 326 \cdot 25{,}1^2 = 205\,000 \ кг/м = 2050 \ кг/см.$$

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:

$$K = 4P_1 = \frac{4 \cdot 89{,}9 \cdot 10^5}{0{,}0049 \cdot 125} = 653 \cdot 10^5 \ кг/м = 653\,000 \ кг/см.$$

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 $\gamma_в=0{,}1$ (коэффициент неупругого сопротивления виброизоляторов).

Согласно п. 4.7 наибольшая амплитуда колебаний балок под действием виброизолированного маслоизготовителя равна их прогибам от сил $\bar{P}_в$ и P_1, приложенных к центру C опорной рамы, вычисляемых по формулам (14) и (15) п. 2.10:

$$P_в = \frac{2\pi}{T_в} S\varkappa\left(\frac{T_в}{2T_1}\right)\varepsilon\left(\frac{\tau}{T_в}\right)e^{-\frac{\pi\gamma_в}{4}},$$

$$\bar{P}_в = \sqrt{w^2 + P_в^2},$$

$$P_1 = 2\pi\frac{T_1}{T_в^2} S\varepsilon\left(\frac{\tau}{T_1}\right)e^{-\frac{\pi\gamma}{4}}.$$

Здесь

$$S = 310\ кг\cdot сек,\quad \tau = 0{,}08\ сек,\quad \gamma_в = \gamma = 0{,}1;$$

$$T_в = \frac{1}{n_в} = 0{,}25\ сек,\quad T_1 = \frac{2\pi}{p_1} = \frac{2\pi}{164} \approx 0{,}04\ сек$$

(круговая частота $p_1=164$ *рад/сек* вычислена без учета массы маслоизготовителя, согласно примечанию к п. 2.10):

$$e^{-\frac{\pi\gamma}{4}} = 0{,}925,\quad \frac{\tau}{T_в} = 0{,}32,\quad \varepsilon\left(\frac{\tau}{T_в}\right) = 0{,}935,\quad \frac{\tau}{T_1} = 2,$$

$$\varepsilon\left(\frac{\tau}{T_1}\right) = 0{,}212,\quad \frac{T_в}{2T_1} = 3{,}1,\quad \varkappa\left(\frac{T_в}{2T_1}\right) = 1{,}12.$$

$$w = 600\ кг.$$

Подставляя эти значения в формулы для $P_в$ и P_1, получим:

$$P_в = \frac{6{,}28}{0{,}25}\,310\cdot 1{,}12\cdot 0{,}935\cdot 0{,}925 = 7550\ кг,$$

$$\bar{P}_в = \sqrt{600^2 + 7550^2} = 7570\ кг,$$

$$P_1 = 6{,}28\,\frac{0{,}04}{0{,}0625}\,310\cdot 0{,}212\cdot 0{,}925 = 244\ кг.$$

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*):

$$z_{ст} = z_{\alpha_0=0{,}2} + z_{\alpha_0=0{,}4} + z_{\alpha_0=0{,}6} + z_{\alpha_0=0{,}8} =$$

$$= (0{,}00561\cdot 1{,}5 + 0{,}01038 + 0{,}00984 + 0{,}00570\cdot 1{,}5)\times$$

$$\times\frac{Rl^3}{EI} = 0{,}00372\ \frac{Pl^3}{EI} = \frac{0{,}00372\cdot 5^3}{89{,}9\cdot 10^5}P =$$

$$= 517\cdot 10^{-10}P\ м.$$

Подставляя сюда вместо P значения сил $\bar{P}_в$ и P_1, находим амплитуды двух колебаний вспомогательной балки в середине второго пролета:

$$\bar{z}_в = 517\cdot 10^{-10}\cdot 7570 = 0{,}391\cdot 10^{-3}\ м \approx 0{,}39\ мм;$$

$$\bar{z}_1 = 517\cdot 10^{-10}\cdot 244 = 0{,}0126\cdot 10^{-3}\ м \approx 0{,}013\ мм,$$

происходящих соответственно с круговыми частотами

$$p_в = 25{,}1\ рад/сек \text{ и } p_1 = 164\ рад/сек.$$

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 $z_0=0{,}35$ *мм* и частотой $n_1=25$ *гц*. После его виброизоляции балки имеют два колебания: первое — с начальной амплитудой $\bar{z}_в \cong 0{,}39$ *мм* и частотой $n_в=4$ *гц* и второе — с начальной амплитудой $\bar{z}_1=0{,}013$ *мм* и частотой $n_1=26{,}1$ *гц*. Согласно п. 1.16б инструкции условие (9) можно проверять для каждого из двух колебаний раздельно. Обращаясь к п. 1.5 инструкции, заключаем, что первое колебание должно проверяться по ускорению (так как $n_в<10$ *гц*), а второе колебание — по скорости (так как $n_1>10$ *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 допускаемое ускорение значение $w_0=435$ *мм/сек*^{2}, а за допускаемую скорость значение $v_0=6$ *мм/сек*.

Для первого колебания допускаемая амплитуда будет равна по формуле (4) п. 1.5:

$$a_0 = \frac{w_0}{4\pi^2 n_в^2}(1+d) = \frac{435\cdot 1{,}79}{4\cdot 9{,}87\cdot 16} = 1{,}24\ мм,$$

где

$$d = 10\gamma\left(1 - \frac{T_в}{T_0}\right) = 10\cdot 0{,}1\left(1 - \frac{0{,}25}{1{,}2}\right) = 0{,}79.$$

Но поскольку допускаемая амплитуда согласно п. 1.5 не должна превышать 1,2 *мм*, принимаем $a_0=1{,}2$ *мм*.

Следовательно, расчетная амплитуда $\bar{z}_в=0{,}39$ *мм* первого колебания в 3 раза меньше допускаемой.

Для второго колебания допускаемая амплитуда будет равна по формуле (3) п. 1.5 (см. п. 4 настоящего расчета):

$$a_0 = \frac{v_0}{2\pi n_1}(1+d) = \frac{6\cdot 1{,}97}{6{,}28\cdot 26{,}1} = 0{,}072\ мм.$$

Следовательно, расчетная амплитуда $\bar{z}_1=0{,}013$ *мм* второго колебания в 5,5 раза меньше допускаемой.

Таким образом, если до виброизоляции маслоизготовителя амплитуда колебаний вспомогательных балок в несколько раз превышала допускаемую, то после его виброизоляции амплитуды колебаний балок в несколько раз меньше допускаемых.

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

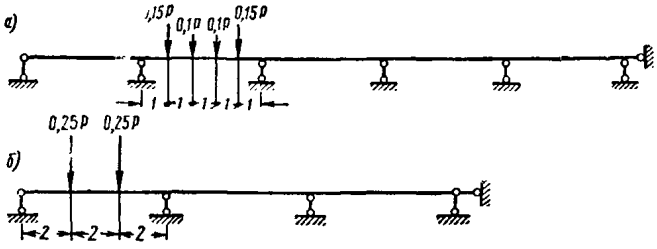


Рис. 22. Схема передачи на балки через виброизоляторы силы P, приложенной в центре рамы маслоизготовителя
а — вспомогательная балка; *б* — главная балка

балку, или одной четверти силы P, действующей на маслоизготовитель.

Сила P имеет два значения $\bar{P}_в$ и P_1, вычисленные ранее. Амплитуда колебаний главной балки определится как статический прогиб в середине первого пролета от указанных сил. Определяя прогиб методами статики неразрезных балок, получим

$$z_{ст} = (0{,}0116 + 0{,}0128)\frac{0{,}25Pl^3}{EI} = 0{,}0061\frac{6^3P}{580\cdot 10^5} =$$

$$= 227\cdot 10^{-10}P \ м.$$

Подставляя сюда вместо P значения $\bar{P}_в$ и P_1, полученные выше, найдем:

$$\bar{z}_в = 227\cdot 10^{-10}\cdot 7570 = 0{,}172\cdot 10^{-3} \ м \approx 0{,}17 \ мм;$$

$$\bar{z}'_1 = 227\cdot 10^{-10}\cdot 244 = 0{,}0055\cdot 10^{-3} \ м \approx 0{,}006 \ мм.$$

Итак, главная балка имеет также два колебания: первое с амплитудой $\bar{z}'_в = 0{,}17$ *мм* и частотой $n_в = 4$ *гц* и второе с амплитудой $\bar{z}'_1 = 0{,}006$ *мм* и частотой собственных колебаний $n_1 = 25$ *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:

$$\bar{z}_{ов} = \bar{z}_в + \bar{z}'_в = 0{,}39 + 0{,}17 = 0{,}56 \ мм < 1{,}2 \ мм;$$

$$\bar{z}_{01} = \bar{z}_1 + \bar{z}'_1 = 0{,}013 + 0{,}006 = 0{,}019 \ мм < 0{,}072 \ мм$$

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 $P = \bar{P}_в + mg$, где $\bar{P}_в = 7570$ *кг* определено выше, а $w = mg = 600$ *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:

$$M_д = 0{,}04 \ Pl = 0{,}04 \ (\bar{P}_в + mg)\, l =$$

$$= 0{,}04\cdot 8170\cdot 5 = 1634 \ кг\cdot м.$$

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 производятся испытания 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 3,5×3,5×3,5 *м*.

Необходимые для проектирования данные приведены ниже:

Вес испытываемого прибора . . .	$P = 30$ *кг*
Кинетическая энергия прибора в момент отрыва его от центрифуги .	$T = 160$ *кг·м*
Диаметр окружности, описываемой центром массы прибора при вращении центрифуги	$d = 1{,}5$ *м*
Наименьшее расстояние от центра массы прибора до стены	$l_1 = 1$ »
Высота центра массы прибора над полом камеры	$h_0 = 1{,}65$ »
Расстояние от оси вала центрифуги до стен по нормали к ним . . .	$l_0 = 1{,}75$ »
Число оборотов центрифуги . . .	$n_0 = 130$ *об/мин*
Материал прибора — сталь специальная	
Форма прибора — прямоугольный параллелепипед	
Наименьшая площадь грани прибора	$F_0 = 15\times 15$ *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*.

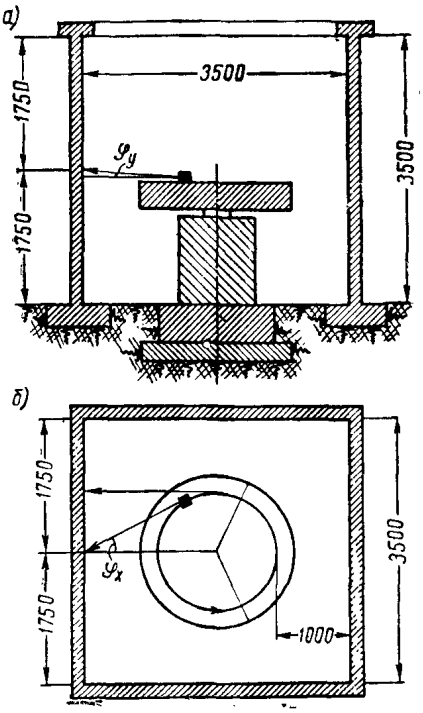


Рис. 23. Камера ограждения центрифуги
а—поперечный разрез; *б*—план

2. Определение характеристик импульсивной (ударной) нагрузки

Масса прибора

$$m = \frac{P}{g} = \frac{30}{9{,}8} = 3{,}06 \ кг \cdot сек^2/м.$$

Начальная горизонтальная скорость прибора (из условия $2T = m\,v_0^2$)

$$v_0 = \sqrt{\frac{2T}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 160}{3{,}06}} = 10{,}25 м/сек.$$

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 $\nu = 0{,}15$,

$$\overline{S} = mv_0(1 + \nu) = 3{,}06 \cdot 10{,}25 \cdot 1{,}15 = 36 \ кг \cdot сек.$$

Далее необходимо определить величину эквивалентного (по первому тону колебаний) мгновенного импульса по формуле (12) п. 2.6:

$$S_1 = \varepsilon_1 \left(\frac{\tau}{T_1}\right) \overline{S}.$$

Основной период T_1 собственных колебаний стены ограждения нам заранее неизвестен, поэтому принимаем его согласно примечанию 4 к п. 1.3 равным $T_1 = 0{,}15$ *сек*.

Продолжительность удара τ оценим приближенно из условия, что, согласно приведенным выше данным, прибор теряет скорость на пути, равном $h^* = 25$ *мм*. Считая движение прибора на этом пути равнозамедленным, получим из соотношения

$$\frac{v_0 \tau}{2} = h^*$$

продолжительность удара τ:

$$\tau = \frac{2h^*}{v_0} = \frac{2 \cdot 0{,}025}{10{,}25} \approx 0{,}005 \ сек.$$

Заметим, что если бы данные для оценки продолжительности отсутствовали, мы приняли бы ее равной 0,001 *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 $\varepsilon_1 = 1$. Следовательно,

$$S_1 = 1 \cdot 36 = 36 \ кг \cdot сек.$$

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 $T_n = 0{,}05\ T_1 = 0{,}0075$ *сек*.

Поскольку вес прибора заведомо меньше веса стены, обращаемся к разделу Г приложения 3. Так как условие (115) удовлетворяется (учитывая, что значение $T_1 = 0{,}15$ *сек* заведомо преувеличено):

$$\varepsilon_1 \frac{v_0 p_1}{g} = \varepsilon_1 \frac{2\pi v_0}{gT_1} = \frac{1 \cdot 6{,}28 \cdot 10{,}25}{9{,}8 \cdot 0{,}15} = 44 \approx 50,$$

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 $h_1 = gl_1^2/2v_0^2$). 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 $\overline{S}$, приложенного к центру плиты, равна

$$S = \overline{S} \cos\varphi_x \cos\varphi_y = 36 \cdot 0{,}91 \cdot 1 = 32{,}8 \ кг \cdot сек.$$

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 $S = 32{,}8$ *кг · сек*, приложенный в центре стены нормально к ее плоскости, имеющий продолжительность $\tau = 0{,}005$ *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-

катурки. 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 допускаемому прогибу от удара

До уточненного расчета стены на удар установим ее толщину по допускаемому 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

$$z_0 = \frac{S}{m_0 p_1}\,\Phi_z(\alpha,\ \beta),$$

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 p_1 определяется по формуле (39) (прил. 1):

$$p_1 = \frac{\lambda_1^2}{l^2}\sqrt{\frac{D}{\mu_0}}.$$

Здесь

$$D = \frac{Eh^3}{12\left(1-\nu_0^2\right)} = \frac{24\cdot 10^8\cdot 0{,}12^3}{12\left(1-\frac{1}{6^2}\right)} = 35{,}7\cdot 10^4\ кг\cdot м.$$

Принимаем $E=E_б=24\cdot 10^4$ *кг/см*^{2}; $\nu_0=1/6$,

$$\mu_0 = \frac{\gamma_б h}{g} = \frac{2400\cdot 0{,}12}{9{,}8} = 29{,}4\ кг\cdot сек^2/м^3,$$

$$m_0 = \mu_0 lb = 29{,}4\cdot 3{,}5\cdot 3{,}5 = 360\ кг\cdot сек^2/м,$$

$$\lambda_1^2 = \pi^2(1+\gamma^2) = 9{,}87\cdot 2 = 19{,}74$$

Вычисляя p_1, получим

$$p_1 = \frac{19{,}74}{3{,}5^2}\sqrt{\frac{35{,}7\cdot 10^4}{29{,}4}} = 177\ рад/сек.$$

Подставляя эти данные в формулу для z_0, находим

$$z_0 = \frac{32{,}8\cdot 5{,}37}{360\cdot 177} = 0{,}0028\ м = 2{,}8\ мм > 1{,}2\ мм.$$

Амплитуда значительно превышает допускаемую. Принимаем толщину плиты $h=15$ *см*. Подсчитывая D, μ_0, m_0 и p_1, получим

$$D = 69{,}5\cdot 10^4\ кг\cdot м;\quad \mu_0 = 36{,}7\ кг\cdot сек^2/м^3;$$

$$m_0 = 450\ кг\cdot сек^2/м;$$

$$p_1 = 247\ рад/сек.$$

Следовательно,

$$z_0 = \frac{32{,}8\cdot 5{,}37}{450\cdot 247} = 0{,}0016\ м = 1{,}6\ мм > 1{,}2\ мм.$$

Расчетная амплитуда все же превышает допускаемую. Тем не менее назначим окончательно толщину плиты $h=15$ *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:

$$n_1 = \frac{p_1}{2\pi} = \frac{247}{6{,}28} = 39{,}3\ гц;\quad T_1 = \frac{1}{n_1} = 0{,}025\ сек.$$

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):

$$z_0 = \frac{S}{m_0 p_1}\,\Phi_z;\qquad M_0 = -\frac{SD}{m_0 p_1 l^2}\,\Phi_M.$$

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

$$M_0 = \frac{32{,}8\cdot 69{,}5\cdot 10^4}{450\cdot 247\cdot 3{,}5^2}\,191 = 3200\ кг\cdot м/м.$$

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:

$$\alpha_0=\beta_0=\frac{1}{2};\quad \alpha=\beta=\frac{1}{2};\quad \eta=\frac{l}{b}=1;$$

$$\gamma_0=0{,}1;\quad \tau=0{,}005\ сек;\quad T_1=0{,}025\ сек.$$

В рядах (78) для Φ_z и Φ_M удерживаем 25 членов в соответствии с п. 3.6:

$$\Phi_z = \sum_{i=1}^{25}\left|a_i A_i\left(\frac{1}{2},\ \frac{1}{2}\right)\right|;$$

$$\Phi_м = \sum_{i=1}^{25}\left|a_i B_i\left(\frac{1}{2},\ \frac{1}{2}\right)\right|.$$

Коэффициенты A_i и B_i [F] 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 $\varepsilon_i = 1$, 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 удержать 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 $M_0 = 1470$ *кг · 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

$$M_0 \leqslant m m_a R_a S_a,$$

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	l	$X_r\left(\frac{1}{2}\right)$	$Y_j\left(\frac{1}{2}\right)$	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_l	A_i	$a_i A_i$	$\Phi_z = \sum_1^l \lvert a_i A_i \rvert$	$X_r''\left(\frac{1}{2}\right)$	$Y_j''\left(\frac{1}{2}\right)$	B_i	$a_i B_l$	$\Phi_M = \sum_1^i \lvert a_i B_i \rvert$
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	4,293	349	349	575	+0,4	87,5

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 $d=10$ *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

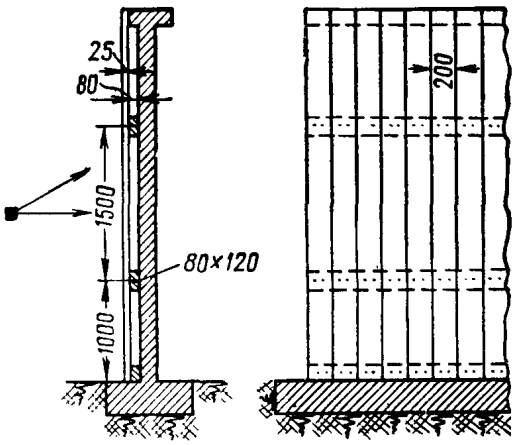


Рис. 24. Эскиз деревянного амортизатора

высоте стены впритык к ней укладывают горизонтально три деревянных бруса 18×12 *см*. К этим брусьям 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 . . . . . $L = 150$ *см*
Толщина . . . . . $h_0 = 2{,}5$ *см*
Ширина . . . . . $b_0 = 20$ *см*
Модуль упругости . . . . $E = 10^5$ *кг/см*^{2}
Временное сопротивление . . $\sigma_{вр}=450$ *кг/см*^{2}
Зазор между доской и железобетонной стеной . . . $f_0=8$ *см*

Расчет производится при следующих упрощающих предпосылках:

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 брусьев, так что доску можно рассчитывать как балку на двух опорах с пролетом $L=150$ *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:

$$V_0 = \frac{h_0 b_0 L \sigma_{вр}^2}{2E} = \frac{2{,}5 \cdot 20 \cdot 150 \cdot 450^2}{2 \cdot 10^5} =$$

$$= 7590 \text{ кг} \cdot \text{см} = 76 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

$$z_0 = \frac{L^2 \sigma_{вр}}{6 h_0 E} = \frac{150^2 \cdot 450}{6 \cdot 2{,}5 \cdot 10^5} = 6{,}75 \text{ см}.$$

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 $z_0=6{,}75$ *см* меньше зазора $f_0=8$ *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 $h=15$ *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 $F_a=3{,}55$ *см*^{2}), а диаметр арматуры уменьшиться в $\sqrt{2}$ раз

$$d = \frac{0{,}95}{\sqrt{2}} = 0{,}67 \text{ см}.$$

Принимаем окончательно толщину стены $h=15$ *см* и двойную арматуру в виде квадратной сетки 100×100 *мм*, диаметром $d=7$ *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 наивыгоднейшие 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.

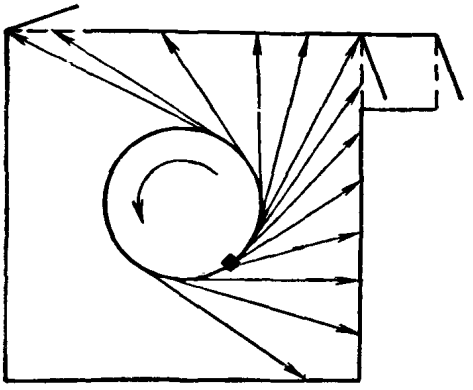


Рис. 25. Наивыгоднейшие положения двери камеры

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 (пп. 1.14 и 1.15), принимая за динамический изгибающий момент $M_д$ в данном сечении элемента перекрытия сумму изгибающих моментов $M'_д$ и $M''_д$, 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 $z_д$ по формулам п. 1.16а или б через перемещения $z'_д$ и $z''_д$ 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

$$d' = d\,\frac{z'_д\, n'_1}{z'_д\, n'_1 + z''_д\, n''_1},$$

или

$$d' = d\,\frac{z'_д\, n'^2_1}{z'_д\, n'^2_1 + z''_д\, n''^2_1},$$

где n'_1 и n''_1 частоты колебаний, соответствующие перемещениям $z'_д$ и $z''_д$.

П. 1.5. Допускаемые для людей и для чувствительного к колебаниям оборудования максимальные значения скорости $\bar{v}_0$ и ускорения $\bar{w}_0$ колебаний перекрытия с непостоянной амплитудой, вызванных систематическим действием повторных импульсивных нагрузок, принимаются несколько бо́льшими, чем значения v_0 и w_0 в Инструкции И200—54, рассматривающей установившиеся колебания с постоянной амплитудой, вызванные действием периодических неимпульсивных нагрузок:

$$\bar{v}_0 = v_0(1+d); \quad \bar{w}_0 = w_0(1+d);$$

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

Это принято вследствие того, что с допускаемой амплитудой a_0, определяемой через допускаемые значения $\bar{v}_0$ и $\bar{w}_0$ по формулам (3) или (4) п. 1.5, сравнивается максимальная амплитуда $z_д$ (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 $\tau_{макс}/T_1$, которое может

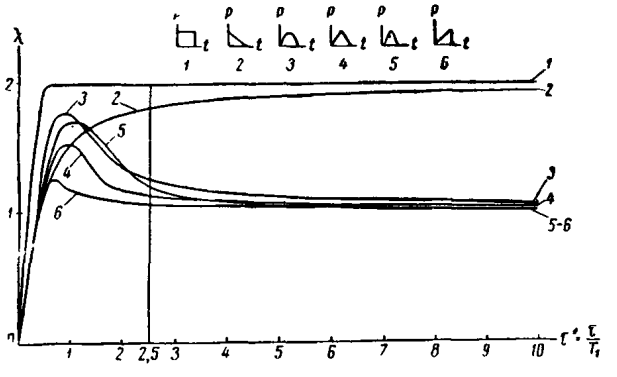


Рис. 26. Кривые зависимости коэффициента $\varkappa$ приведения кратковременной силы к постоянной силе от продолжительности и закона действия кратковременной силы

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

$$P^* = \varkappa \left[\frac{\tau}{T_1} , f(t) \right] P_0,$$

где $\varkappa$ — 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 $\varkappa$ 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 $\varkappa$, а для области значений $\tau/T_1 > 2{,}5$ коэффициент $\varkappa$ изменяется слабо и стремится к постоянной величине с возрастанием τ/T_1.

Значение $\tau_{макс} = 2{,}5\ T_1$ и принято условно за границу, разделяющую импульсивную и статическую нагрузки. Такое разделение целесообразно потому, что для области $\tau \geqslant 2{,}5\ T_1$ расчет конструкций с любым числом степеней свободы на кратковременную нагрузку, изменяющуюся по любому закону, можно производить как статический расчет на постоянную нагрузку $P^* = \varkappa P_0$, где $\varkappa$ близко к 1 или к 2.

Результаты расчета не зависят от выбора предельного значения $\tau_{макс}$, поскольку расчетные формулы для $\tau < \tau_{макс}$ и $\tau > \tau_{макс}$ 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, другая степень свободы соответствует перекрытию, трактуемому, в свою очередь, как система с одной степенью свободы. При этом предполагается, что отношение периодов $T_в/T_1$, 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	—
Приложение 1. Определение частот собственных колебаний	19
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
Приложение 2. Определение наибольших перемещений и внутренних усилий, вызванных действием однократных импульсов	27
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
Приложение 3. Определение наибольших переменных перемещений и внутренних усилий при однократных ударах тел	35
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

Приложение 4. Определение наибольших перемещений и внутренних усилий, вызванных действием периодических импульсов и ударов 42

А. Число повторений импульсов или ударов невелико (неустановившиеся колебания конструкции) . . . . . —
Б. Число повторений импульсов или ударов велико (установившиеся колебания конструкции) 43
В. Одновременное деиствйе нескольких периодических импульсов . . . . . —

Приложение 5. Таблицы балочных функций и их производных . . . 44

А. Однопролетные балки . . . . . —
Б. Неразрезные равнопролетные балки со свободно опертыми концами . . . . . —

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* 70

Приложение 7. Примеры расчета 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

Приложение 8. Пояснения к основным параграфам инструкции . . 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 84×108¹/₁₆ — 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

gost.e-ecolog.ru