

19  
**И Н С Т И Т У Т**  
**ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН С С С Р**

**ПРЕПРИНТ И Я Ф 74 - 104**

**Б.З.Персов**

**РАСЧЕТ ДНИЩ ВАКУУМНЫХ ОБЪЕМОВ**

**Новосибирск**

**1974**

Б.З.Персов  
РАСЧЕТ ДНИЩ ВАКУУМНЫХ ОБЪЕМОВ

А Н Н О Т А Ц И Я

Рассмотрена задача расчета напряжений и деформаций в круглых и кольцевых днищах вакуумных объемов с учетом реальных жесткостей оболочек, с которыми днище сочленено. Изложена методика расчета и приведены выражения для определения деформаций и напряжений в любом кольцевом сечении днища. С целью сокращения времени при практическом расчете приведены таблицы для определения деформации на внутреннем контуре и напряжений на наружном и внутреннем контурах днища.

Вакуумные объемы различной формы являются типичными элементами многих электрофизических установок. В них, как правило, устанавливается большое количество достаточно сложных устройств, и в большинстве случаев эти устройства монтируются на днищах объема. Естественно, имеет большое значение знание того, насколько сместится "начинка" объема от первоначального положения за счет деформации днища в процессе откачки объема.

Данные, имеющиеся в справочной литературе, позволяют вести расчет днищ лишь при идеальных условиях закрепления краев — жесткой заделке (когда прогиб и угол поворота сечения на краю отсутствуют) и шарнирном закреплении (когда на краю отсутствуют прогиб и изгибающий момент в диаметральном сечении). На практике же днища опираются на какие-то оболочки, имеющие конечные жесткости и влияющие соответствующим образом на поведение днища под нагрузкой. Неправильный учет этого влияния может привести к большим погрешностям при оценке деформаций днища и возникающих в его материале напряжений. Так, для сплошного круглого днища прогиб при шарнирном закреплении контура в четыре раза больше прогиба при жесткой заделке, а максимальные напряжения для этих случаев отличаются в 2,5 раза /1/. Еще сложнее обстоит дело с кольцевыми днищами. Например, для днища с отношением внутреннего диаметра к наружному 0,5 прогибы при шарнирном опирании контуров и при их жесткой заделке отличаются почти в 15 раз /2/.

Приведенные цифры показывают, насколько важно иметь возможность провести расчет днища с правильным учетом реального характера закрепления контуров. Настоящая работа и посвящена расчету круглых и кольцевых днищ вакуумных объемов с учетом реального закрепления контуров.

#### Обозначения

- 2а — наружный диаметр днища и диаметр наружной оболочки объема, см;
- 2в — внутренний диаметр днища и диаметр внутренней оболочки объема, см;
- $l_1$  и  $l_2$  — длины наружной и внутренней оболочек, см;

$h, h_1, h_2$  - толщина днища и толщины наружной и внутренней оболочек, см;

$E, E_1, E_2$  - модули упругости материалов днища, наружной и внутренней оболочек, кг/см<sup>2</sup>;

$\nu, \nu_1, \nu_2$  - коэффициенты Пуассона материалов днища, наружной и внутренней оболочек;

$D = \frac{E h^3}{12(1-\nu^2)}$  - цилиндрическая жесткость днища;

$D_1 = \frac{E_1 h_1^3}{12(1-\nu_1^2)}$  - цилиндрическая жесткость наружной оболочки;

$D_2 = \frac{E_2 h_2^3}{12(1-\nu_2^2)}$  - цилиндрическая жесткость внутренней оболочки;

$\beta_1 = \frac{\sqrt[4]{3(1-\nu_1^2)}}{\sqrt{a \cdot h_1}}$  - параметр наружной оболочки;

$\beta_2 = \frac{\sqrt[4]{3(1-\nu_2^2)}}{\sqrt{b \cdot h_2}}$  - параметр внутренней оболочки;

$\gamma = \frac{b}{a}$  - безразмерный параметр днища;

$\rho = \frac{z}{a}$  - текущий безразмерный радиус днища;

$\alpha_1 = \frac{(\frac{h}{h_1})^3}{\sqrt{\frac{a}{h_1}}}$  - опорный параметр наружного контура днища;

$\alpha_2 = \frac{(\frac{h}{h_2})^3}{\sqrt{\frac{b}{h_2}}}$  - опорный параметр внутреннего контура днища;

$w(\rho)$  - прогиб днища на радиусе  $\rho = \frac{z}{a}$  в направлении, перпендикулярном недеформированной срединной поверхности, см;

$w(\gamma)$  - наибольший прогиб днища (при  $\rho = \gamma$ ), см;

$M_z(\rho)$  - равномерно распределенный по окружности изгибающий момент в диаметральной сечении днища на радиусе  $\rho = \frac{z}{a}$ , кгсм/см;

$M_z(\gamma), M_z(1)$  - то же при  $\rho = \gamma$  и при  $\rho = 1$ ;

$M_\theta(\rho)$  - равномерно распределенный по окружности изгибающий момент в тангенциальном сечении днища на радиусе  $\rho = \frac{z}{a}$ , кгсм/см;

$M_\theta(\gamma), M_\theta(1)$  - то же при  $\rho = \gamma$  и при  $\rho = 1$ ;

$\sigma_z(\rho) = \frac{6M_z(\rho)}{h^2}$  - напряжение изгиба в диаметральной сечении днища на радиусе  $\rho = \frac{z}{a}$ , кг/см<sup>2</sup>;

$\sigma_z(\gamma) = \frac{6M_z(\gamma)}{h^2}, \sigma_z(1) = \frac{6M_z(1)}{h^2}$  - то же при  $\rho = \gamma$  и при  $\rho = 1$ ;

$\sigma_\theta(\rho) = \frac{6M_\theta(\rho)}{h^2}$  - напряжение изгиба в тангенциальном сечении днища на радиусе  $\rho = \frac{z}{a}$ , кг/см<sup>2</sup>;

$\sigma_\theta(\gamma) = \frac{6M_\theta(\gamma)}{h^2}, \sigma_\theta(1) = \frac{6M_\theta(1)}{h^2}$  - то же при  $\rho = \gamma$  и при  $\rho = 1$ ;

#### Постановка задачи

В общем случае расчетная схема круглого цилиндрического вакуумного объема с кольцевым дном имеет вид, изображенный на рис. I. Днище представляет собой пластину постоянной толщины  $h$  с наружным диаметром  $2a$  и внутренним  $2b$ , опирающуюся наружным контуром на оболочку с толщиной стенки  $h_1$ , а внутренним - на оболочку с толщиной стенки  $h_2$ . Вся конструкция находится под действием равномерно распределенного внешнего давления  $q$ . Задачей расчета является определение деформаций пластины и возникающих в ней напряжений при заданных парамет-

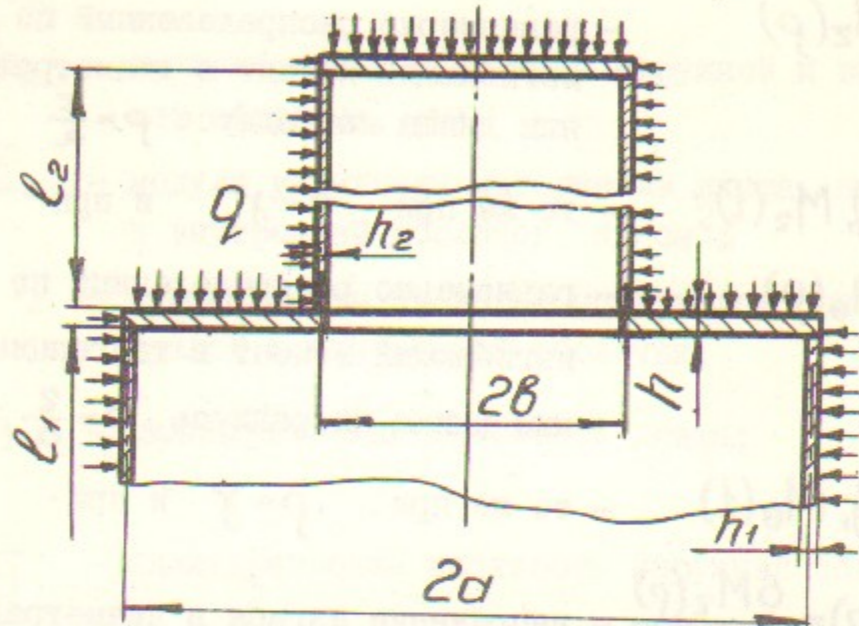


Рис. I

рах конструкции или определение толщины пластины  $h$ , необходимой для обеспечения требуемой прочности и жесткости конструкции.

Расчет проводится при следующих предположениях:

а) днище представляет собой тонкую пластинку /3/, т.е. выполняется условие

$$a \geq 5h$$

б) прогибы днища являются малыми /3,4/, при которых допустимо пренебречь напряжениями растяжения и сжатия в срединной поверхности днища, т.е. выполняется соотношение

$$w(\gamma) \leq \frac{h}{5}$$

в) оболочки, скрепленные с контурами днища, являются тонкостенными /3/, у которых

$$a \geq 5h_1$$

$$b \geq 5h_2$$

г) обе оболочки являются длинными /3/, т.е. для каждой из них справедливо соотношение

$$\beta_i l_i \geq 3$$

В этом случае напряженное состояние оболочки в месте сочленения с рассматриваемым днищем не зависит от условий закрепления на втором торце оболочки. Следует отметить, что в большинстве случаев реальные оболочки вакуумных объемов являются именно длинными оболочками. Так, стальная оболочка диаметром 60 см с толщиной стенки 1 см оказывается длиной уже при длине в 12+13 см;

д) в процессе деформирования в местах соединения пластины с оболочками не происходит раскрытия стыка, т.е. в месте соединения обе детали конструкции имеют одинаковые угловые деформации.

#### Расчет реакций в сочленениях

Для расчета напряжений и деформаций днища необходимо знать все действующие на него силовые факторы, в том числе реакции со стороны соседних элементов конструкции.

Разъединив элементы конструкции в местах соединения их друг с другом и заменив действия соседних элементов реактивными усилиями  $H_a$  и  $H_b$  и моментами  $m_a$  и  $m_b$ , получим схему, изображенную на рис.2. Неизвестные реакции в местах соединения деталей могут быть найдены из решения системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} Q_b \cdot 2\pi b - \pi b^2 \cdot q &= 0 \\ Q_a \cdot 2\pi a - \pi a^2 \cdot q &= 0 \\ U_{пл}(a) - U_{ос1} &= 0 \\ U_{пл}(b) - U_{ос2} &= 0 \\ V'_{пл}(a) - V'_{ос1} &= 0 \\ V'_{пл}(b) - V'_{ос2} &= 0 \end{aligned} \right\} (I)$$

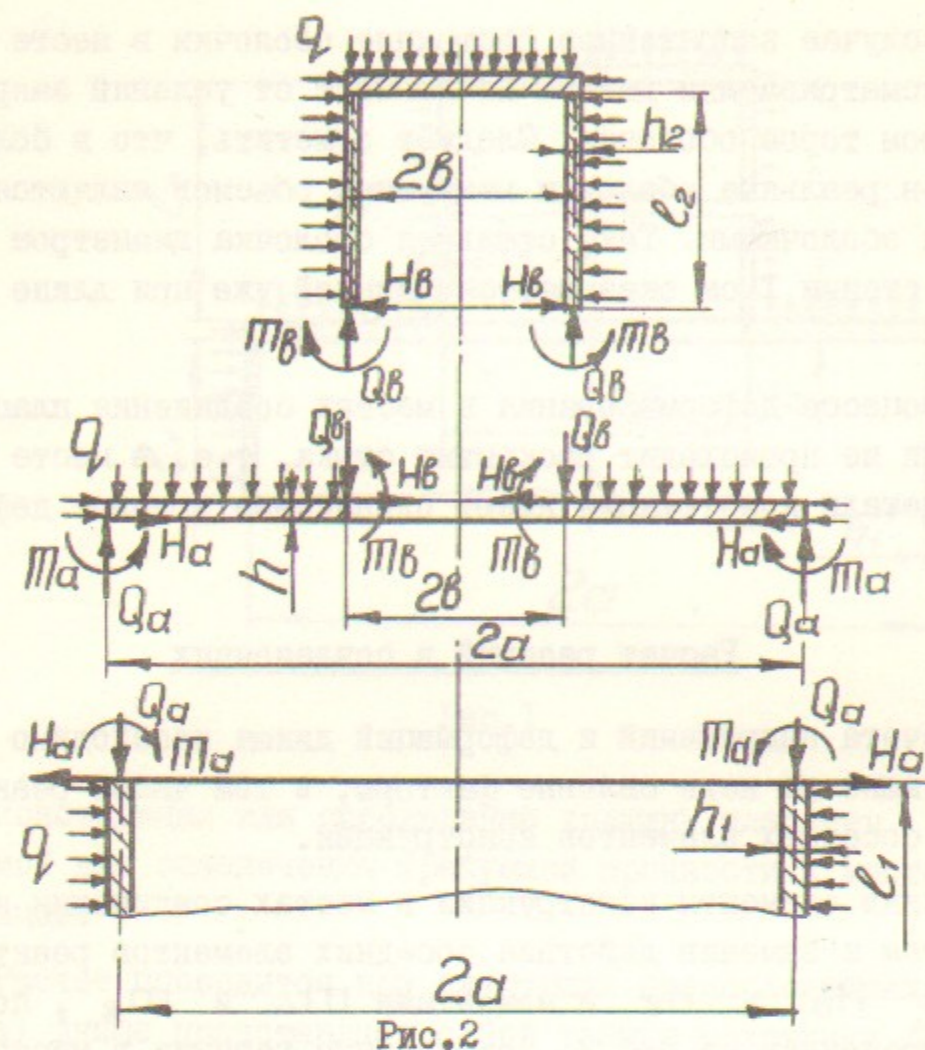


Рис.2

В уравнениях системы (I):

$Q_a$  и  $Q_b$  — реактивные силы в местах соединения пластины с оболочками, перпендикулярные к недеформированной срединной поверхности пластины;

$U_{nl}(a), U_{nl}(b)$  — радиальные перемещения наружного и внутреннего контуров пластины;

$U_{o\delta 1}, U_{o\delta 2}$  — радиальные перемещения краев наружной и внутренней оболочек;

$v_{nl}(a), v_{nl}(b)$  — угловые перемещения на наружном и внутреннем контурах пластины в ее диаметральной сечении;

$v_{o\delta 1}, v_{o\delta 2}$  — угловые перемещения краев наружной и внутренней оболочек в их диаметральных сечениях.

Решение системы (I) достаточно громоздко и, кроме того, приводит к весьма сложным и неудобным в пользовании выражениям для реакций в местах сочленения пластины с оболочками. Эта трудность может быть преодолена, если пренебречь действием равномерно распределенного внешнего давления на оболочки и рассматривать только его действие на пластину и верхнее дно внутренней оболочки (рис.3).

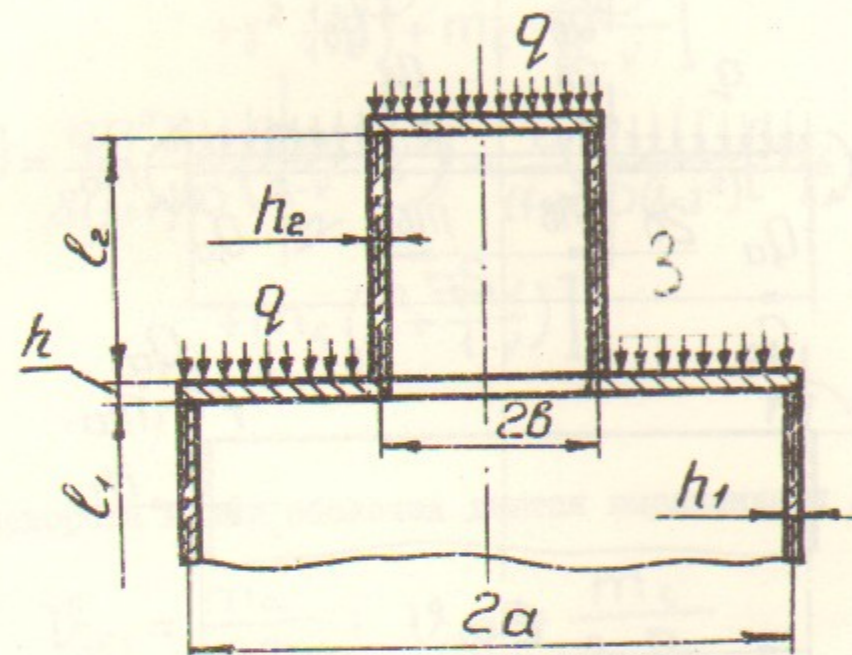


Рис.3

Погрешность, вносимая при этом в результаты расчета деформаций и напряжений пластины, не превышает 5-7%, а расчетная схема (рис.4), система уравнений (2) и, что главное, окончательные выражения для реактивных силовых факторов становятся существенно проще.

$$\left. \begin{aligned} Q_b \cdot 2\pi b - \pi b^2 \cdot q &= 0 \\ Q_a \cdot 2\pi a - \pi a^2 \cdot q &= 0 \\ v_{nl}(a) - v_{o\delta 1} &= 0 \\ v_{nl}(b) - v_{o\delta 2} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

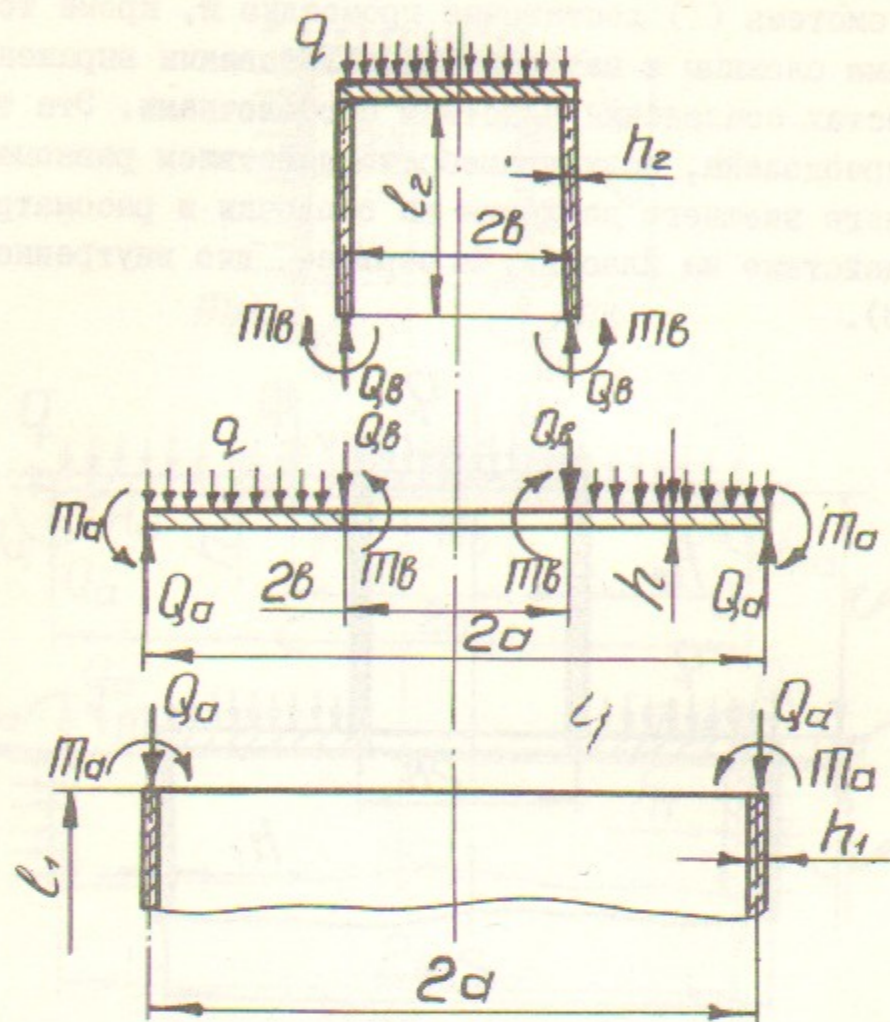


Рис. 4

Первые два уравнения системы (2) дают значения опорных реакций

$$Q_a = \frac{qa}{2}, \quad Q_b = \frac{qb}{2} = \frac{qa\gamma}{2} \quad (3)$$

вторая пара позволяет найти реактивные моменты  $m_a$  и  $m_b$ .

Рассматривая отдельно элементарные нагрузки на пластину, загруженную по схеме рис.5,  $-q$ ,  $Q_b$ ,  $m_a$  и  $m_b$  - и ис-

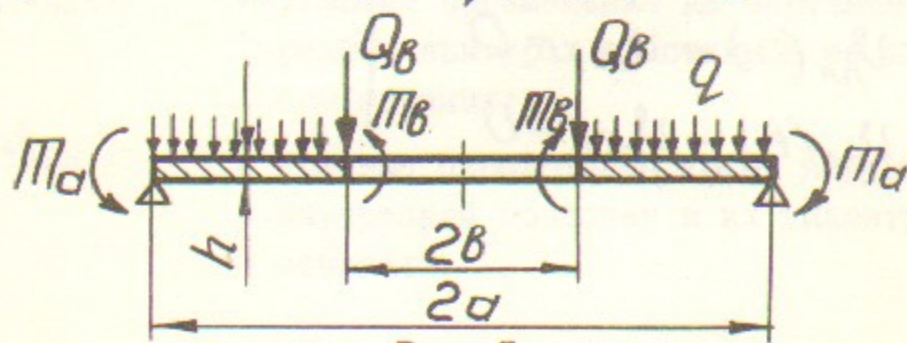


Рис. 5

пользуя принцип суперпозиции, получим следующие выражения для углов поворота в диаметральной сечении пластины на радиусах

$\rho=1$  и  $\rho=\gamma$  :

$$v(1) = \frac{qa^3}{8(1+\nu)D} \left( 1 + \frac{3+\nu}{1-\nu}\gamma^2 \right) - \frac{a}{(1+\nu)D(1-\gamma^2)} \left[ m_a \left( 1 + \gamma^2 \frac{1+\nu}{1-\nu} \right) + m_b \frac{2\gamma^2}{1-\nu} \right] \quad (4)$$

$$v(\gamma) = \frac{qa^3\gamma}{8(1+\nu)D} \left( \frac{3+\nu}{1-\nu} + \gamma^2 \right) - \frac{a\gamma}{(1+\nu)D(1-\gamma^2)} \left[ m_a \frac{2}{1-\nu} + m_b \left( \gamma^2 + \frac{1+\nu}{1-\nu} \right) \right]$$

Углы поворота краев оболочек даются выражениями /2/:

$$v_{об1} = \frac{m_a}{\beta_1 D_1}; \quad v_{об2} = \frac{m_b}{\beta_2 D_2} \quad (5)$$

После подстановки этих значений углов в систему (2) получим значения реактивных моментов на контурах пластины:

$$m_a = \frac{qa^2}{8} \frac{\left( 1 + \gamma^2 \frac{3+\nu}{1-\nu} \right) \left( \frac{1+\nu}{a\gamma\beta_2} \frac{D}{D_2} + \frac{\gamma^2 + \frac{1+\nu}{1-\nu}}{1-\gamma^2} \right) - 2\gamma^2 \frac{\gamma^2 + \frac{3+\nu}{1-\nu}}{(1-\nu)(1-\gamma^2)}}{\left( \frac{1+\nu}{a\beta_1} \frac{D}{D_1} + \frac{1+\gamma^2 \frac{1+\nu}{1-\nu}}{1-\gamma^2} \right) \left( \frac{1+\nu}{a\gamma\beta_2} \frac{D}{D_2} + \frac{\gamma^2 + \frac{1+\nu}{1-\nu}}{1-\gamma^2} \right) - \frac{4\gamma^2}{(1-\nu)^2(1-\gamma^2)^2}}$$

$$m_b = \frac{qa^2}{8} \frac{\left( \gamma^2 + \frac{3+\nu}{1-\nu} \right) \left( \frac{1+\nu}{a\beta_1} \frac{D}{D_1} + \frac{1+\gamma^2 \frac{1+\nu}{1-\nu}}{1-\gamma^2} \right) - 2 \cdot \frac{1+\gamma^2 \frac{3+\nu}{1-\nu}}{(1-\nu)(1-\gamma^2)}}{\left( \frac{1+\nu}{a\beta_1} \frac{D}{D_1} + \frac{1+\gamma^2 \frac{1+\nu}{1-\nu}}{1-\gamma^2} \right) \left( \frac{1+\nu}{a\gamma\beta_2} \frac{D}{D_2} + \frac{\gamma^2 + \frac{1+\nu}{1-\nu}}{1-\gamma^2} \right) - \frac{4\gamma^2}{(1-\nu)^2(1-\gamma^2)^2}}$$

Заменяя  $\beta_1, \beta_2, D, D_1, D_2$  их значениями (стр. 4), получаем окончательно:

$$m_a = qa^2 \cdot K_{ma}; \quad m_b = qa^2 \cdot K_{mb}$$

где

$$K_{ma} = \frac{(1 + \gamma^2 \frac{3+v}{1-v}) \left[ \frac{1-v_2^2}{(1-v)\sqrt{3(1-v_2^2)}} \frac{E}{E_2} \alpha_2 + \frac{\gamma^2 + \frac{1+v}{1-v}}{1-\gamma^2} \right] - \frac{2\gamma^2}{1-\gamma^2} \frac{\gamma^2 + \frac{3+v}{1-v}}{1-v}}{8 \left[ \frac{1-v_1^2}{(1-v)\sqrt{3(1-v_1^2)}} \frac{E}{E_1} \alpha_1 + \frac{1 + \gamma^2 \frac{1+v}{1-v}}{1-\gamma^2} \left[ \frac{1-v_2^2}{(1-v)\sqrt{3(1-v_2^2)}} \frac{E}{E_2} \alpha_2 + \frac{\gamma^2 + \frac{1+v}{1-v}}{1-\gamma^2} \right] - \frac{4\gamma^2}{(1-v)^2 (1-\gamma^2)^2} \right]} \quad (6)$$

$$K_{mb} = \frac{(\gamma^2 \frac{3+v}{1-v}) \left[ \frac{1-v_2^2}{(1-v)\sqrt{3(1-v_2^2)}} \frac{E}{E_1} \alpha_1 + \frac{1 + \gamma^2 \frac{1+v}{1-v}}{1-\gamma^2} \right] - \frac{2}{1-\gamma^2} \frac{1 + \gamma^2 \frac{3+v}{1-v}}{1-v}}{8 \left[ \frac{1-v_1^2}{(1-v)\sqrt{3(1-v_1^2)}} \frac{E}{E_1} \alpha_1 + \frac{1 + \gamma^2 \frac{1+v}{1-v}}{1-\gamma^2} \left[ \frac{1-v_2^2}{(1-v)\sqrt{3(1-v_2^2)}} \frac{E}{E_2} \alpha_2 + \frac{\gamma^2 + \frac{1+v}{1-v}}{1-\gamma^2} \right] - \frac{4\gamma^2}{(1-v)^2 (1-\gamma^2)^2} \right]}$$

Следует отметить, что коэффициенты реактивных моментов  $K_{ma}$  и  $K_{mb}$  зависят лишь от трех геометрических параметров конструкции:

$$\gamma = \frac{b}{a}, \quad \alpha_1 = \frac{\left(\frac{h}{h_1}\right)^3}{\sqrt{a}}, \quad \alpha_2 = \frac{\left(\frac{h}{h_2}\right)^3}{\sqrt{a\gamma}}$$

характеризующих конструкцию пластины и условия закрепления контуров, что создает значительные удобства при практическом расчете.

Для весьма распространенного случая, когда  $E = E_1 = E_2$  и  $\nu = \nu_1 = \nu_2 = 0,3$ , выражения для  $K_{ma}$  и  $K_{mb}$  приобретают вид:

$$K_{ma} = \frac{(1 + 4,714\gamma^2) \left( 1,011\alpha_2 + \frac{\gamma^2 + 1,857}{1-\gamma^2} \right) - \frac{2,857}{1-\gamma^2} (\gamma^2 + 4,714)}{8 \left[ \left( 1,011\alpha_1 + \frac{1 + 1,857\gamma^2}{1-\gamma^2} \right) \left( 1,011\alpha_2 + \frac{\gamma^2 + 1,857}{1-\gamma^2} \right) - 8,163 \frac{\gamma^2}{(1-\gamma^2)^2} \right]} \quad (6')$$

$$K_{mb} = \frac{(\gamma^2 + 4,714) \left( 1,011\alpha_1 + \frac{1 + 1,857\gamma^2}{1-\gamma^2} \right) - \frac{2,857}{1-\gamma^2} (1 + 4,714\gamma^2)}{8 \left[ \left( 1,011\alpha_1 + \frac{1 + 1,857\gamma^2}{1-\gamma^2} \right) \left( 1,011\alpha_2 + \frac{\gamma^2 + 1,857}{1-\gamma^2} \right) - 8,163 \frac{\gamma^2}{(1-\gamma^2)^2} \right]}$$

### Деформации и напряжения

Суммируя прогибы и изгибающие моменты от всех действующих на пластину элементарных нагрузок (рис. 5) -  $q, Q_b, m_a$  и  $m_b$ , - получим выражения для полного прогиба и полных изгибающих моментов в диаметральной и тангенциальном сечениях пластины:

$$W(\rho) = \frac{qa^4}{Eh^3} \left\{ \frac{3}{16} (1-\nu^2) \rho^4 - \frac{3}{8} (3+\nu)(1-\nu)(1+\gamma^2) \rho^2 - \frac{3}{4} (3+\nu)(1+\nu) \gamma^2 \ln \rho + \frac{3}{16} (1-\nu) [(5+\nu) + 2(3+\nu)\gamma^2] - \frac{6(1-\nu)}{1-\gamma^2} [(1-\rho^2)(K_{ma} + \gamma^2 K_{mb}) - 2 \frac{1+\nu}{1-v} \gamma^2 \ln \rho (K_{ma} + K_{mb})] \right\} \quad (7)$$

$$M_r(\rho) = qa^2 \left[ \frac{3+\nu}{16} \left( 1 - \frac{\gamma^2}{\rho^2} \right) (1-\rho^2) - K_{ma} \frac{1-\rho^2}{1-\gamma^2} + K_{mb} \frac{\gamma^2}{1-\gamma^2} \frac{1-\rho^2}{\rho^2} \right]$$

$$M_\theta(\rho) = qa^2 \left[ \frac{3+\nu}{16} + \frac{3+\nu}{16} \left( 1 + \frac{1}{\rho^2} \right) \gamma^2 - \frac{1+3\nu}{16} \rho^2 - K_{ma} \frac{1+\rho^2}{1-\gamma^2} - K_{mb} \frac{\gamma^2}{1-\gamma^2} \frac{1+\rho^2}{\rho^2} \right]$$

Выражения (6) и (7) позволяют в любом кольцевом сечении дна найти прогиб и изгибающие моменты.

На практике часто требуются значения наибольшего прогиба (при  $\rho = \gamma$ ) и моментов на контурах. Подставляя в выражения (7) значения  $\rho = \gamma$  и  $\rho = 1$ , имеем:



$$\left. \begin{aligned}
 W(\gamma) &= \frac{qa^4}{Eh^3} \cdot \frac{3}{16} (1-\nu) \left[ (5+\nu)(1-\gamma^4) - 4(3+\nu) \frac{1+\nu}{1-\nu} \gamma^2 \ln \gamma - \right. \\
 &\quad \left. - 32(K_{ma} + \gamma^2 K_{mb}) + 64 \frac{1+\nu}{1-\nu} \frac{\gamma^2 \ln \gamma}{1-\gamma^2} (K_{ma} + K_{mb}) \right] \\
 M_z(1) &= -qa^2 \cdot K_{ma} \\
 M_z(\gamma) &= qa^2 \cdot K_{mb} \\
 M_\theta(1) &= qa^2 \left[ \frac{(1-\nu) + (3+\nu)\gamma^2}{8} - \frac{K_{ma} + \gamma^2(K_{ma} + 2K_{mb})}{1-\gamma^2} \right] \\
 M_\theta(\gamma) &= qa^2 \left[ \frac{(3+\nu) + (1-\nu)\gamma^2}{8} - \frac{2K_{ma} + K_{mb}(1+\gamma^2)}{1-\gamma^2} \right]
 \end{aligned} \right\} (8)$$

Учитывая, что /2/

$$\sigma = \frac{6M}{h^2},$$

получаем окончательно

$$\left. \begin{aligned}
 W(\gamma) &= K_w \cdot \frac{qa^4}{E \cdot h^3}; \\
 \sigma_z(1) &= K_{\sigma z1} \cdot \frac{qa^2}{h^2}; \quad \sigma_z(\gamma) = K_{\sigma z\gamma} \cdot \frac{qa^2}{h^2}; \\
 \sigma_\theta(1) &= K_{\sigma\theta1} \cdot \frac{qa^2}{h^2}; \quad \sigma_\theta(\gamma) = K_{\sigma\theta\gamma} \cdot \frac{qa^2}{h^2}
 \end{aligned} \right\} (9)$$

где:

$$\begin{aligned}
 K_w &= \frac{3}{16} (1-\nu) \left[ (5+\nu)(1-\gamma^4) - 4(3+\nu) \frac{1+\nu}{1-\nu} \gamma^2 \ln \gamma - \right. \\
 &\quad \left. - 32(K_{ma} + \gamma^2 K_{mb}) + 64 \frac{1+\nu}{1-\nu} \frac{\gamma^2 \ln \gamma}{1-\gamma^2} (K_{ma} + K_{mb}) \right]; \\
 K_{\sigma z1} &= -6K_{ma}; \quad K_{\sigma z\gamma} = 6K_{mb};
 \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned}
 K_{\sigma\theta1} &= 6 \left[ \frac{(1-\nu) + (3+\nu)\gamma^2}{8} - \frac{K_{ma} + \gamma^2(K_{ma} + 2K_{mb})}{1-\gamma^2} \right] \\
 K_{\sigma\theta\gamma} &= 6 \left[ \frac{(3+\nu) + (1-\nu)\gamma^2}{8} - \frac{2K_{ma} + K_{mb}(1+\gamma^2)}{1-\gamma^2} \right]
 \end{aligned} \right\}$$

Выражения (9) позволяют для любого круглого или кольцевого днища, опирающегося на длинные цилиндрические оболочки, определить наибольший прогиб и все напряжения изгиба на контурах.

Для большего удобства пользования и сокращения времени при расчете коэффициенты  $K_w$ ,  $K_{\sigma z1}$ ,  $K_{\sigma z\gamma}$ ,  $K_{\sigma\theta1}$  и  $K_{\sigma\theta\gamma}$  для случая, когда  $E = E_1 = E_2$  и  $\nu = \nu_1 = \nu_2 = 0,3$ , представлены в виде таблиц в зависимости от  $\gamma$ ,  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  (стр. 18-38). В случае, когда рассчитываемое днище имеет параметры  $\gamma$ ,  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , отличные от имеющихся в таблицах хорошая точность достигается обычной линейной интерполяцией.

#### Пример расчета с использованием таблиц

Рассчитать наибольший прогиб и напряжения изгиба в днище вакуумного объема, схематически изображенного на рис.6 (размеры в мм). Материал всех деталей - сталь IX18Н9Т ( $E = 2,1 \cdot 10^6$  кг/см<sup>2</sup>;  $\nu = 0,3$ ).

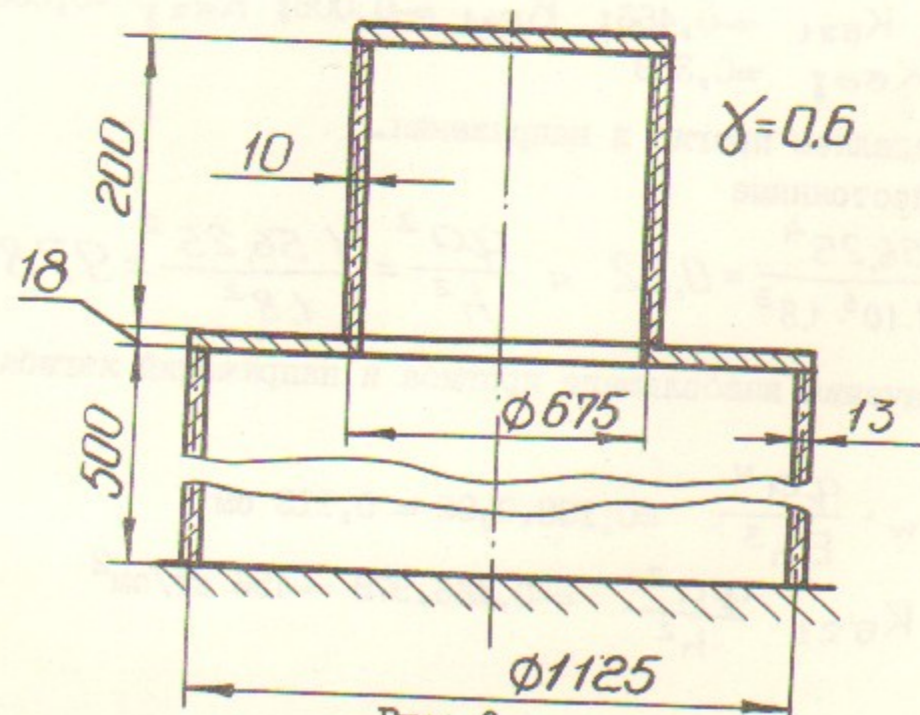


Рис. 6

1. Определяем, являются ли оболочки длинными

$$\beta_1 l_1 = \frac{\sqrt[4]{3(1-\nu_1^2)}}{\sqrt{a h_1}} \cdot l_1 = \frac{\sqrt[4]{3(1-0,3^2)}}{\sqrt{56,25 \cdot 1,3}} \cdot 50 = 7,5 > 3$$

$$\beta_2 l_2 = \frac{\sqrt[4]{3(1-\nu_2^2)}}{\sqrt{b h_2}} \cdot l_2 = \frac{\sqrt[4]{3(1-0,3^2)}}{\sqrt{33,75 \cdot 1}} \cdot 20 = 4,42 > 3$$

Обе оболочки являются длинными и расчет можно проводить по приведенным формулам.

2. Определяем  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$

$$\alpha_1 = \frac{\left(\frac{h}{h_1}\right)^3}{\sqrt{\frac{a}{h_1}}} = \frac{\left(\frac{1,8}{1,3}\right)^3}{\sqrt{\frac{56,25}{1,3}}} = 0,4$$

$$\alpha_2 = \frac{\left(\frac{h}{h_2}\right)^3}{\sqrt{\frac{b}{h_2}}} = \frac{\left(\frac{1,8}{1}\right)^3}{\sqrt{\frac{33,75}{1}}} = 1$$

3. Определяем коэффициенты прогиба и моментов.

Для  $\gamma = 0,6$ ,  $\alpha_1 = 0,4$  и  $\alpha_2 = 1$  находим в таблицах:

$$K_w = 0,138; K_{\sigma_{z1}} = 0,466; K_{\sigma_{\theta 1}} = 0,008; K_{\sigma_{z\gamma}} = 0,386; K_{\sigma_{\theta\gamma}} = 0,389$$

4. Определяем прогиб и напряжения.

Найдем постоянные

$$\frac{q a^4}{E h^3} = \frac{1 \cdot 56,25^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 1,8^3} = 0,82 \quad \text{и} \quad \frac{q a^2}{h^2} = \frac{1 \cdot 56,25^2}{1,8^2} = 978,$$

находим значения наибольшего прогиба и напряжений изгиба в днище:

$$W(\gamma) = K_w \cdot \frac{q a^4}{E h^3} = 0,138 \cdot 0,82 = 0,113 \text{ см}$$

$$\sigma_{z(1)} = K_{\sigma_{z1}} \cdot \frac{q a^2}{h^2} = 0,466 \cdot 978 = 456 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_{\theta(1)} = K_{\sigma_{\theta 1}} \frac{q a^2}{h^2} = 0,008 \cdot 978 = 7,8 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_{z(\gamma)} = K_{\sigma_{z\gamma}} \frac{q a^2}{h^2} = 0,386 \cdot 978 = 378 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_{\theta(\gamma)} = K_{\sigma_{\theta\gamma}} \frac{q a^2}{h^2} = 0,389 \cdot 978 = 381 \text{ кг/см}^2$$

$\chi = 0$

$\chi$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
$K_w$	0.1706	0.259	0.322	0.369	0.405	0.434	0.521	0.591	0.621	0.637	0.648	0.670	0.682	0.687	0.689	0.695
$K_{60}$	0.75	-0.623	-0.533	-0.466	-0.415	-0.372	-0.248	-0.149	-0.107	-0.083	-0.068	-0.055	-0.048	-0.042	-0.009	0
$K_{60}$	-0.223	-0.098	-0.008	0.059	0.110	0.153	0.277	0.377	0.418	0.443	0.458	0.490	0.507	0.513	0.516	0.525
$K_{60}$	0.488	0.615	0.705	0.772	0.823	0.866	0.990	1.090	1.131	1.156	1.170	1.203	1.220	1.226	1.229	1.238

$K_w$

$\chi = 0.2$

$\chi_1 \backslash \chi_2$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	0.126	0.199	0.250	0.287	0.316	0.339	0.406	0.459	0.482	0.494	0.502	0.518	0.527	0.530	0.532	0.537
0.2	0.135	0.211	0.264	0.304	0.335	0.359	0.431	0.487	0.511	0.524	0.533	0.551	0.560	0.564	0.565	0.570
0.4	0.142	0.221	0.276	0.318	0.350	0.375	0.451	0.510	0.536	0.550	0.559	0.578	0.588	0.591	0.593	0.599
0.6	0.147	0.229	0.286	0.329	0.362	0.388	0.467	0.530	0.556	0.571	0.580	0.600	0.611	0.615	0.617	0.622
0.8	0.152	0.235	0.294	0.338	0.373	0.400	0.481	0.546	0.574	0.589	0.599	0.620	0.631	0.635	0.637	0.643
1	0.156	0.241	0.301	0.346	0.382	0.410	0.493	0.560	0.589	0.605	0.615	0.636	0.648	0.652	0.654	0.660
2	0.170	0.260	0.325	0.374	0.412	0.443	0.535	0.609	0.641	0.659	0.670	0.694	0.708	0.712	0.714	0.721
4	0.182	0.278	0.348	0.400	0.442	0.475	0.576	0.657	0.693	0.712	0.725	0.752	0.767	0.772	0.774	0.782
6	0.188	0.287	0.359	0.413	0.456	0.491	0.596	0.681	0.718	0.739	0.752	0.780	0.796	0.801	0.804	0.812
8	0.192	0.292	0.365	0.421	0.465	0.500	0.607	0.695	0.733	0.755	0.768	0.798	0.813	0.819	0.822	0.830
10	0.194	0.298	0.369	0.426	0.470	0.506	0.615	0.704	0.743	0.765	0.779	0.809	0.825	0.831	0.833	0.842
20	0.199	0.303	0.379	0.437	0.483	0.520	0.633	0.726	0.766	0.789	0.803	0.835	0.851	0.857	0.860	0.869
40	0.202	0.307	0.384	0.443	0.490	0.527	0.643	0.738	0.779	0.802	0.817	0.849	0.866	0.872	0.875	0.885
60	0.203	0.309	0.386	0.445	0.492	0.530	0.646	0.742	0.784	0.807	0.822	0.854	0.872	0.878	0.881	0.890
80	0.204	0.309	0.387	0.447	0.493	0.531	0.648	0.744	0.786	0.809	0.824	0.857	0.874	0.881	0.884	0.893
$\infty$	0.205	0.312	0.390	0.450	0.497	0.536	0.654	0.751	0.793	0.817	0.832	0.865	0.883	0.889	0.892	0.902

K611

$\lambda = 0.2$

$\lambda_1 \backslash \lambda_2$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	-0.720	-0.592	-0.503	-0.438	-0.387	-0.347	-0.228	-0.136	-0.097	-0.075	-0.061	-0.032	-0.016	-0.011	-0.008	0
0.2	-0.728	-0.601	-0.512	-0.446	-0.395	-0.354	-0.234	-0.139	-0.099	-0.077	-0.063	-0.033	-0.017	-0.011	-0.009	0
0.4	-0.735	-0.608	-0.519	-0.452	-0.401	-0.360	-0.238	-0.142	-0.101	-0.079	-0.064	-0.034	-0.017	-0.012	-0.009	0
0.6	-0.741	-0.614	-0.524	-0.458	-0.406	-0.365	-0.242	-0.145	-0.103	-0.080	-0.066	-0.034	-0.018	-0.012	-0.009	0
0.8	-0.745	-0.619	-0.529	-0.462	-0.410	-0.369	-0.245	-0.147	-0.105	-0.081	-0.067	-0.035	-0.018	-0.012	-0.009	0
1	-0.749	-0.623	-0.533	-0.466	-0.414	-0.372	-0.248	-0.149	-0.106	-0.082	-0.067	-0.035	-0.018	-0.012	-0.009	0
2	-0.762	-0.637	-0.547	-0.480	-0.427	-0.385	-0.257	-0.155	-0.111	-0.086	-0.071	-0.037	-0.019	-0.013	-0.010	0
4	-0.774	-0.650	-0.560	-0.492	-0.439	-0.396	-0.266	-0.161	-0.115	-0.090	-0.074	-0.039	-0.020	-0.013	-0.010	0
6	-0.780	-0.654	-0.567	-0.499	-0.446	-0.402	-0.271	-0.164	-0.117	-0.092	-0.075	-0.039	-0.020	-0.014	-0.010	0
8	-0.784	-0.658	-0.571	-0.502	-0.449	-0.405	-0.273	-0.166	-0.119	-0.093	-0.076	-0.040	-0.020	-0.014	-0.010	0
10	-0.786	-0.663	-0.575	-0.505	-0.451	-0.408	-0.275	-0.167	-0.120	-0.093	-0.076	-0.040	-0.021	-0.014	-0.010	0
20	-0.791	-0.668	-0.579	-0.510	-0.456	-0.413	-0.279	-0.169	-0.122	-0.095	-0.078	-0.041	-0.021	-0.014	-0.011	0
40	-0.794	-0.671	-0.582	-0.513	-0.459	-0.415	-0.281	-0.171	-0.123	-0.096	-0.079	-0.041	-0.021	-0.014	-0.011	0
60	-0.795	-0.672	-0.583	-0.514	-0.460	-0.416	-0.282	-0.171	-0.123	-0.096	-0.079	-0.042	-0.021	-0.014	-0.011	0
80	-0.795	-0.673	-0.583	-0.515	-0.461	-0.417	-0.282	-0.172	-0.123	-0.096	-0.079	-0.042	-0.021	-0.014	-0.011	0
$\infty$	-0.797	-0.675	-0.585	-0.517	-0.462	-0.418	-0.284	-0.173	-0.124	-0.097	-0.079	-0.042	-0.021	-0.014	-0.011	0

K612

$\lambda = 0.2$

$\lambda_1 \backslash \lambda_2$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	0.720	0.912	1.05	1.15	1.22	1.28	1.46	1.60	1.66	1.69	1.71	1.75	1.78	1.79	1.79	1.80
0.2	0.642	0.815	0.938	1.03	1.10	1.15	1.32	1.45	1.50	1.53	1.55	1.59	1.61	1.62	1.63	1.64
0.4	0.579	0.737	0.849	0.932	0.997	1.05	1.20	1.32	1.37	1.40	1.42	1.46	1.48	1.48	1.49	1.50
0.6	0.527	0.673	0.776	0.853	0.913	0.960	1.10	1.21	1.26	1.29	1.30	1.34	1.36	1.37	1.37	1.38
0.8	0.484	0.619	0.715	0.786	0.842	0.886	1.02	1.12	1.17	1.19	1.21	1.24	1.26	1.27	1.27	1.28
1	0.447	0.573	0.662	0.729	0.781	0.822	0.947	1.05	1.09	1.11	1.13	1.16	1.18	1.18	1.18	1.19
2	0.324	0.418	0.484	0.535	0.574	0.605	0.700	0.777	0.809	0.828	0.839	0.864	0.878	0.882	0.885	0.892
4	0.209	0.274	0.315	0.349	0.375	0.396	0.461	0.513	0.535	0.548	0.556	0.573	0.582	0.586	0.587	0.592
6	0.155	0.200	0.234	0.259	0.279	0.295	0.343	0.383	0.400	0.409	0.416	0.429	0.436	0.438	0.439	0.443
8	0.123	0.159	0.186	0.206	0.222	0.234	0.273	0.305	0.319	0.327	0.332	0.342	0.348	0.350	0.351	0.354
10	0.101	0.132	0.154	0.171	0.184	0.195	0.227	0.254	0.265	0.272	0.276	0.285	0.290	0.292	0.292	0.295
20	0.055	0.071	0.083	0.092	0.099	0.105	0.123	0.138	0.144	0.148	0.150	0.155	0.158	0.159	0.159	0.161
40	0.028	0.037	0.043	0.048	0.052	0.055	0.064	0.072	0.075	0.077	0.079	0.081	0.083	0.083	0.083	0.084
60	0.019	0.025	0.029	0.033	0.035	0.037	0.044	0.049	0.051	0.052	0.053	0.055	0.056	0.056	0.056	0.057
80	0.015	0.019	0.022	0.025	0.027	0.028	0.033	0.037	0.039	0.040	0.040	0.042	0.042	0.043	0.043	0.043
$\infty$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

K601

 $\lambda = 0.2$ 

$\frac{x_1}{x_2}$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	-0.216	-0.094	-0.008	0.055	0.103	0.141	0.253	0.344	0.381	0.402	0.415	0.443	0.458	0.463	0.466	0.474
0.2	-0.219	-0.095	-0.009	0.056	0.105	0.144	0.261	0.353	0.391	0.413	0.427	0.456	0.471	0.477	0.479	0.488
0.4	-0.221	-0.096	-0.009	0.056	0.107	0.147	0.266	0.360	0.400	0.422	0.436	0.466	0.482	0.488	0.491	0.499
0.6	-0.222	-0.097	-0.009	0.057	0.108	0.149	0.270	0.366	0.407	0.430	0.444	0.475	0.492	0.497	0.500	0.509
0.8	-0.224	-0.098	-0.009	0.058	0.109	0.151	0.274	0.371	0.413	0.436	0.451	0.483	0.500	0.505	0.508	0.517
1	-0.225	-0.099	-0.009	0.058	0.110	0.152	0.277	0.376	0.418	0.442	0.457	0.489	0.506	0.512	0.515	0.523
2	-0.229	-0.101	-0.009	0.060	0.114	0.157	0.287	0.392	0.437	0.462	0.478	0.512	0.530	0.537	0.540	0.550
4	-0.232	-0.103	-0.009	0.061	0.117	0.162	0.297	0.407	0.455	0.481	0.498	0.534	0.554	0.561	0.564	0.575
6	-0.234	-0.104	-0.010	0.062	0.119	0.164	0.302	0.415	0.463	0.491	0.508	0.546	0.566	0.573	0.576	0.587
8	-0.235	-0.105	-0.010	0.063	0.120	0.165	0.305	0.419	0.469	0.496	0.514	0.552	0.573	0.580	0.584	0.594
10	-0.236	-0.105	-0.010	0.063	0.120	0.166	0.307	0.422	0.472	0.500	0.518	0.557	0.578	0.585	0.588	0.599
20	-0.237	-0.106	-0.010	0.064	0.122	0.168	0.311	0.429	0.480	0.509	0.527	0.567	0.588	0.595	0.599	0.611
40	-0.238	-0.106	-0.010	0.064	0.122	0.169	0.314	0.433	0.485	0.514	0.532	0.572	0.594	0.602	0.605	0.617
60	-0.238	-0.107	-0.010	0.064	0.123	0.170	0.315	0.434	0.486	0.516	0.534	0.575	0.596	0.604	0.608	0.619
80	-0.239	-0.107	-0.010	0.064	0.123	0.170	0.315	0.435	0.487	0.516	0.535	0.576	0.597	0.605	0.609	0.620
$\infty$	-0.240	-0.107	-0.010	0.064	0.123	0.171	0.317	0.437	0.490	0.519	0.538	0.579	0.601	0.608	0.612	0.624

K602

 $\lambda = 0.2$ 

$\frac{x_1}{x_2}$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	0.216	0.274	0.344	0.344	0.366	0.385	0.438	0.480	0.498	0.507	0.514	0.527	0.534	0.536	0.538	0.541
0.2	0.283	0.360	0.444	0.454	0.485	0.509	0.582	0.639	0.663	0.676	0.685	0.703	0.713	0.716	0.718	0.723
0.4	0.338	0.430	0.495	0.544	0.581	0.611	0.700	0.770	0.800	0.816	0.827	0.849	0.861	0.865	0.867	0.873
0.6	0.382	0.488	0.563	0.618	0.661	0.696	0.798	0.880	0.914	0.934	0.946	0.972	0.986	0.991	0.993	1.00
0.8	0.419	0.536	0.619	0.681	0.729	0.768	0.882	0.973	1.01	1.03	1.05	1.08	1.09	1.10	1.10	1.11
1	0.451	0.577	0.667	0.735	0.787	0.829	0.954	1.05	1.10	1.12	1.14	1.17	1.18	1.19	1.19	1.20
2	0.557	0.716	0.831	0.918	0.985	1.04	1.20	1.33	1.39	1.42	1.44	1.48	1.51	1.51	1.52	1.53
4	0.656	0.848	0.987	1.09	1.17	1.24	1.44	1.61	1.68	1.72	1.74	1.79	1.82	1.83	1.84	1.85
6	0.703	0.911	1.06	1.18	1.27	1.34	1.56	1.74	1.82	1.86	1.89	1.95	1.98	1.99	2.00	2.02
8	0.731	0.948	1.11	1.23	1.32	1.40	1.63	1.82	1.90	1.95	1.98	2.04	2.08	2.09	2.09	2.11
10	0.749	0.972	1.14	1.26	1.36	1.44	1.68	1.87	1.96	2.01	2.04	2.10	2.14	2.15	2.16	2.18
20	0.789	1.03	1.20	1.33	1.44	1.52	1.78	1.99	2.09	2.14	2.17	2.24	2.28	2.29	2.30	2.32
40	0.812	1.06	1.24	1.37	1.48	1.57	1.84	2.06	2.16	2.21	2.25	2.32	2.36	2.38	2.38	2.40
60	0.820	1.07	1.25	1.39	1.50	1.59	1.86	2.09	2.18	2.24	2.27	2.35	2.39	2.41	2.41	2.43
80	0.824	1.07	1.26	1.40	1.51	1.60	1.87	2.10	2.20	2.25	2.29	2.36	2.41	2.42	2.43	2.45
$\infty$	0.836	1.09	1.28	1.42	1.53	1.62	1.90	2.14	2.24	2.29	2.33	2.41	2.45	2.47	2.47	2.496

$\chi = 0.4$

$K_w$

$\alpha_1 \backslash \alpha_2$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	0.066	0.112	0.142	0.164	0.180	0.192	0.227	0.253	0.263	0.269	0.272	0.280	0.284	0.285	0.286	0.288
0.2	0.081	0.134	0.170	0.196	0.216	0.231	0.275	0.308	0.322	0.329	0.334	0.344	0.350	0.351	0.352	0.355
0.4	0.091	0.151	0.192	0.222	0.245	0.253	0.315	0.355	0.372	0.381	0.387	0.399	0.406	0.408	0.409	0.412
0.6	0.100	0.165	0.210	0.243	0.268	0.289	0.348	0.394	0.414	0.425	0.431	0.446	0.454	0.456	0.458	0.462
0.8	0.106	0.175	0.224	0.260	0.288	0.310	0.376	0.428	0.450	0.463	0.470	0.487	0.496	0.499	0.501	0.505
1	0.112	0.184	0.236	0.275	0.305	0.329	0.401	0.458	0.482	0.496	0.505	0.523	0.533	0.536	0.538	0.543
2	0.129	0.213	0.275	0.323	0.360	0.391	0.484	0.562	0.595	0.614	0.627	0.653	0.667	0.672	0.674	0.682
4	0.143	0.238	0.310	0.367	0.412	0.449	0.566	0.666	0.711	0.737	0.753	0.789	0.808	0.815	0.818	0.829
6	0.150	0.250	0.327	0.387	0.436	0.477	0.606	0.719	0.770	0.795	0.818	0.859	0.881	0.889	0.893	0.905
8	0.153	0.256	0.336	0.399	0.450	0.493	0.630	0.751	0.805	0.837	0.857	0.902	0.926	0.935	0.939	0.952
10	0.156	0.261	0.342	0.407	0.460	0.504	0.646	0.772	0.829	0.862	0.884	0.931	0.957	0.966	0.970	0.984
20	0.161	0.270	0.355	0.424	0.480	0.528	0.682	0.820	0.884	0.921	0.945	0.998	1.03	1.04	1.04	1.06
40	0.164	0.275	0.363	0.434	0.492	0.541	0.702	0.847	0.915	0.955	0.980	1.04	1.07	1.08	1.08	1.10
60	0.165	0.277	0.365	0.437	0.496	0.546	0.709	0.857	0.927	0.967	0.993	1.05	1.08	1.09	1.10	1.12
80	0.165	0.278	0.367	0.439	0.498	0.548	0.713	0.862	0.932	0.973	0.999	1.06	1.09	1.10	1.11	1.12
$\infty$	0.167	0.280	0.371	0.444	0.504	0.555	0.724	0.878	0.950	0.992	1.02	1.08	1.11	1.13	1.13	1.15

$\chi = 0.4$

$K_{G1}$

$\alpha_1 \backslash \alpha_2$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	-0.630	-0.499	-0.414	-0.353	-0.308	-0.273	-0.174	-0.101	-0.071	-0.053	-0.045	-0.023	-0.012	-0.008	-0.006	0
0.2	-0.662	-0.533	-0.446	-0.383	-0.336	-0.299	-0.199	-0.113	-0.080	-0.062	-0.050	-0.026	-0.013	-0.009	-0.007	0
0.4	-0.686	-0.558	-0.471	-0.407	-0.358	-0.320	-0.209	-0.123	-0.087	-0.067	-0.055	-0.029	-0.015	-0.010	-0.007	0
0.6	-0.704	-0.578	-0.491	-0.426	-0.377	-0.337	-0.222	-0.132	-0.094	-0.073	-0.059	-0.031	-0.015	-0.011	-0.008	0
0.8	-0.719	-0.595	-0.507	-0.442	-0.392	-0.352	-0.233	-0.139	-0.099	-0.077	-0.063	-0.033	-0.017	-0.011	-0.009	0
1	-0.731	-0.609	-0.521	-0.456	-0.405	-0.364	-0.242	-0.145	-0.104	-0.081	-0.066	-0.035	-0.018	-0.012	-0.009	0
2	-0.769	-0.652	-0.565	-0.500	-0.448	-0.405	-0.275	-0.167	-0.120	-0.094	-0.077	-0.041	-0.021	-0.014	-0.011	0
4	-0.801	-0.690	-0.606	-0.540	-0.487	-0.444	-0.307	-0.190	-0.137	-0.108	-0.089	-0.047	-0.024	-0.016	-0.012	0
6	-0.815	-0.707	-0.625	-0.559	-0.506	-0.462	-0.323	-0.201	-0.146	-0.115	-0.095	-0.050	-0.026	-0.017	-0.013	0
8	-0.823	-0.717	-0.635	-0.570	-0.517	-0.473	-0.332	-0.208	-0.151	-0.119	-0.098	-0.052	-0.027	-0.018	-0.014	0
10	-0.828	-0.724	-0.642	-0.577	-0.525	-0.480	-0.338	-0.213	-0.155	-0.122	-0.101	-0.054	-0.028	-0.019	-0.014	0
20	-0.840	-0.738	-0.658	-0.593	-0.541	-0.496	-0.352	-0.223	-0.163	-0.129	-0.106	-0.057	-0.029	-0.020	-0.015	0
40	-0.846	-0.745	-0.666	-0.602	-0.549	-0.505	-0.360	-0.229	-0.168	-0.132	-0.109	-0.058	-0.030	-0.020	-0.015	0
60	-0.848	-0.748	-0.669	-0.605	-0.553	-0.508	-0.363	-0.231	-0.169	-0.134	-0.110	-0.059	-0.031	-0.021	-0.016	0
80	-0.849	-0.749	-0.671	-0.607	-0.554	-0.510	-0.364	-0.232	-0.170	-0.134	-0.111	-0.059	-0.031	-0.021	-0.016	0
$\infty$	-0.852	-0.753	-0.675	-0.612	-0.559	-0.515	-0.365	-0.235	-0.173	-0.137	-0.113	-0.060	-0.031	-0.021	-0.016	0

Kern

$\chi = 0.4$

$\frac{x_1}{x_2}$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	0.630	0.815	0.937	1.02	1.09	1.14	1.28	1.38	1.42	1.44	1.46	1.49	1.51	1.51	1.51	1.52
0.2	0.539	0.708	0.822	0.904	0.965	1.01	1.15	1.26	1.30	1.32	1.34	1.37	1.39	1.39	1.40	1.40
0.4	0.471	0.626	0.732	0.810	0.869	0.915	1.05	1.15	1.20	1.22	1.24	1.27	1.29	1.29	1.29	1.30
0.6	0.419	0.561	0.660	0.733	0.790	0.834	0.965	1.07	1.11	1.13	1.15	1.18	1.20	1.20	1.21	1.22
0.8	0.377	0.508	0.601	0.670	0.724	0.766	0.892	0.992	1.03	1.06	1.07	1.10	1.12	1.13	1.13	1.14
1	0.342	0.465	0.552	0.617	0.668	0.708	0.830	0.927	0.968	0.991	1.01	1.04	1.05	1.06	1.06	1.07
2	0.235	0.325	0.391	0.442	0.482	0.516	0.615	0.698	0.734	0.754	0.767	0.795	0.810	0.816	0.818	0.826
4	0.144	0.203	0.247	0.282	0.310	0.333	0.405	0.467	0.495	0.510	0.520	0.542	0.554	0.558	0.561	0.567
6	0.104	0.148	0.181	0.207	0.228	0.246	0.302	0.351	0.373	0.386	0.394	0.411	0.421	0.425	0.426	0.432
8	0.082	0.116	0.142	0.164	0.181	0.195	0.241	0.281	0.299	0.310	0.317	0.332	0.340	0.343	0.344	0.348
10	0.067	0.095	0.118	0.135	0.150	0.162	0.200	0.234	0.250	0.259	0.265	0.278	0.285	0.287	0.288	0.292
20	0.035	0.051	0.063	0.072	0.080	0.087	0.109	0.128	0.137	0.142	0.146	0.153	0.157	0.159	0.159	0.162
40	0.018	0.026	0.032	0.038	0.042	0.045	0.057	0.067	0.072	0.075	0.077	0.081	0.083	0.084	0.084	0.085
60	0.012	0.018	0.022	0.025	0.028	0.031	0.038	0.046	0.049	0.051	0.052	0.055	0.056	0.057	0.057	0.058
80	0.009	0.013	0.017	0.019	0.021	0.023	0.029	0.034	0.037	0.038	0.039	0.042	0.043	0.043	0.043	0.044
$\infty$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Kern

$\chi = 0.4$

$\frac{x_1}{x_2}$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	-0.189	-0.079	-0.007	0.044	0.082	0.111	0.194	0.256	0.281	0.295	0.303	0.322	0.331	0.334	0.336	0.341
0.2	-0.199	-0.084	-0.008	0.048	0.090	0.122	0.216	0.286	0.316	0.332	0.342	0.363	0.374	0.378	0.380	0.386
0.4	-0.206	-0.088	-0.008	0.051	0.095	0.131	0.233	0.312	0.344	0.363	0.374	0.398	0.411	0.416	0.418	0.425
0.6	-0.211	-0.092	-0.008	0.053	0.100	0.138	0.247	0.333	0.369	0.389	0.402	0.429	0.443	0.448	0.450	0.458
0.8	-0.216	-0.094	-0.009	0.055	0.104	0.143	0.260	0.352	0.391	0.412	0.426	0.455	0.471	0.476	0.479	0.487
1	-0.219	-0.096	-0.009	0.057	0.108	0.148	0.270	0.368	0.409	0.432	0.447	0.478	0.495	0.501	0.504	0.513
2	-0.231	-0.103	-0.010	0.062	0.119	0.165	0.307	0.424	0.475	0.504	0.522	0.562	0.584	0.591	0.595	0.606
4	-0.240	-0.109	-0.010	0.067	0.130	0.181	0.343	0.481	0.543	0.578	0.600	0.650	0.676	0.686	0.691	0.705
6	-0.246	-0.112	-0.011	0.070	0.135	0.189	0.360	0.509	0.577	0.616	0.641	0.695	0.725	0.735	0.740	0.757
8	-0.247	-0.114	-0.011	0.071	0.138	0.193	0.371	0.527	0.598	0.639	0.665	0.723	0.754	0.765	0.771	0.788
10	-0.249	-0.115	-0.011	0.072	0.140	0.196	0.378	0.538	0.612	0.654	0.681	0.741	0.774	0.786	0.792	0.810
20	-0.252	-0.117	-0.011	0.074	0.144	0.202	0.393	0.554	0.644	0.689	0.719	0.785	0.821	0.833	0.840	0.859
40	-0.254	-0.118	-0.011	0.075	0.146	0.206	0.402	0.579	0.662	0.710	0.741	0.810	0.848	0.861	0.868	0.889
60	-0.254	-0.118	-0.011	0.076	0.147	0.207	0.405	0.585	0.669	0.717	0.749	0.819	0.857	0.871	0.878	0.899
80	-0.255	-0.119	-0.011	0.076	0.148	0.208	0.407	0.587	0.672	0.721	0.753	0.823	0.862	0.876	0.883	0.904
$\infty$	-0.256	-0.119	-0.011	0.076	0.149	0.210	0.412	0.596	0.682	0.732	0.765	0.838	0.878	0.892	0.899	0.921

K<sub>60x</sub>

λ = 0.4

$\alpha_1 \backslash \alpha_2$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	∞
0	0.189	0.244	0.281	0.307	0.326	0.341	0.383	0.414	0.426	0.433	0.438	0.447	0.452	0.453	0.454	0.457
0.2	0.238	0.313	0.363	0.399	0.426	0.448	0.509	0.555	0.574	0.584	0.591	0.605	0.612	0.615	0.616	0.620
0.4	0.295	0.365	0.427	0.472	0.507	0.534	0.612	0.673	0.698	0.712	0.721	0.739	0.749	0.753	0.755	0.760
0.6	0.303	0.407	0.479	0.532	0.572	0.604	0.699	0.773	0.804	0.821	0.832	0.855	0.868	0.872	0.874	0.881
0.8	0.326	0.440	0.521	0.581	0.627	0.664	0.773	0.859	0.896	0.916	0.929	0.956	0.971	0.976	0.979	0.987
1	0.345	0.468	0.556	0.622	0.673	0.714	0.836	0.934	0.976	0.999	1.01	1.05	1.06	1.07	1.07	1.08
2	0.403	0.558	0.671	0.758	0.827	0.883	1.06	1.20	1.26	1.29	1.32	1.36	1.39	1.40	1.40	1.42
4	0.452	0.636	0.774	0.883	0.971	1.04	1.27	1.46	1.55	1.60	1.63	1.70	1.74	1.75	1.76	1.78
6	0.474	0.671	0.822	0.941	1.04	1.12	1.37	1.60	1.70	1.75	1.79	1.87	1.92	1.93	1.94	1.96
8	0.486	0.691	0.849	0.975	1.08	1.16	1.44	1.68	1.79	1.85	1.89	1.98	2.03	2.04	2.05	2.08
10	0.494	0.704	0.867	0.997	1.10	1.19	1.48	1.73	1.84	1.91	1.95	2.05	2.10	2.12	2.13	2.16
20	0.511	0.733	0.907	1.05	1.16	1.26	1.57	1.85	1.98	2.06	2.11	2.21	2.27	2.29	2.30	2.34
40	0.521	0.749	0.928	1.07	1.19	1.29	1.62	1.92	2.06	2.14	2.19	2.31	2.37	2.39	2.41	2.44
60	0.524	0.754	0.936	1.08	1.20	1.31	1.64	1.95	2.09	2.17	2.22	2.34	2.41	2.43	2.44	2.48
80	0.525	0.757	0.940	1.09	1.21	1.31	1.65	1.96	2.10	2.19	2.24	2.36	2.43	2.45	2.46	2.50
∞	0.530	0.765	0.951	1.10	1.23	1.33	1.68	2.00	2.15	2.23	2.29	2.42	2.48	2.51	2.52	2.56

K<sub>w</sub>

λ = 0.6

$\alpha_1 \backslash \alpha_2$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	∞
0	0.023	0.044	0.056	0.064	0.069	0.073	0.084	0.091	0.093	0.095	0.096	0.098	0.099	0.099	0.099	0.100
0.2	0.034	0.064	0.083	0.095	0.104	0.111	0.130	0.143	0.148	0.151	0.153	0.156	0.158	0.159	0.159	0.160
0.4	0.041	0.078	0.102	0.119	0.131	0.141	0.168	0.187	0.195	0.200	0.202	0.208	0.211	0.212	0.213	0.214
0.6	0.047	0.089	0.117	0.137	0.153	0.165	0.199	0.226	0.237	0.243	0.247	0.255	0.259	0.260	0.261	0.263
0.8	0.050	0.096	0.128	0.152	0.170	0.184	0.227	0.259	0.273	0.281	0.286	0.296	0.302	0.304	0.304	0.307
1	0.053	0.103	0.138	0.164	0.185	0.201	0.250	0.289	0.306	0.315	0.321	0.334	0.340	0.343	0.344	0.348
2	0.061	0.121	0.166	0.202	0.231	0.255	0.331	0.396	0.426	0.443	0.454	0.477	0.490	0.495	0.497	0.504
4	0.067	0.135	0.189	0.234	0.272	0.304	0.410	0.510	0.557	0.585	0.603	0.644	0.666	0.674	0.678	0.691
6	0.069	0.141	0.200	0.249	0.291	0.326	0.449	0.569	0.628	0.662	0.685	0.737	0.766	0.777	0.782	0.798
8	0.070	0.144	0.205	0.257	0.301	0.339	0.473	0.605	0.671	0.711	0.737	0.797	0.831	0.843	0.849	0.868
10	0.071	0.146	0.209	0.262	0.308	0.348	0.488	0.630	0.701	0.744	0.773	0.838	0.876	0.889	0.896	0.917
20	0.073	0.150	0.217	0.274	0.323	0.367	0.523	0.687	0.771	0.823	0.858	0.938	0.985	1.00	1.01	1.04
40	0.074	0.153	0.221	0.280	0.331	0.377	0.543	0.720	0.813	0.870	0.909	0.999	1.05	1.07	1.08	1.11
60	0.074	0.154	0.222	0.282	0.334	0.381	0.550	0.732	0.828	0.887	0.927	1.02	1.08	1.10	1.11	1.14
80	0.074	0.154	0.223	0.283	0.336	0.383	0.554	0.738	0.836	0.896	0.937	1.03	1.09	1.11	1.12	1.15
∞	0.074	0.155	0.225	0.286	0.340	0.388	0.565	0.757	0.860	0.924	0.967	1.07	1.13	1.15	1.16	1.20



Ker1

 $\lambda = 0.6$ 

$x_1 \backslash x_2$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	-0.480	-0.349	-0.274	-0.225	-0.191	-0.166	-0.101	-0.056	-0.039	-0.030	-0.024	-0.012	-0.006	-0.004	-0.003	0
0.2	-0.546	-0.416	-0.336	-0.282	-0.243	-0.213	-0.133	-0.076	-0.053	-0.041	-0.033	-0.017	-0.009	-0.006	-0.004	0
0.4	-0.587	-0.463	-0.382	-0.325	-0.283	-0.251	-0.159	-0.092	-0.065	-0.050	-0.041	-0.021	-0.011	-0.007	-0.005	0
0.6	-0.616	-0.497	-0.417	-0.359	-0.315	-0.280	-0.182	-0.106	-0.075	-0.058	-0.048	-0.025	-0.013	-0.008	-0.006	0
0.8	-0.637	-0.523	-0.444	-0.385	-0.341	-0.305	-0.200	-0.119	-0.085	-0.066	-0.054	-0.028	-0.014	-0.010	-0.007	0
1	-0.654	-0.544	-0.466	-0.407	-0.362	-0.326	-0.217	-0.130	-0.093	-0.072	-0.059	-0.031	-0.016	-0.011	-0.008	0
2	-0.699	-0.605	-0.533	-0.476	-0.431	-0.393	-0.273	-0.170	-0.123	-0.097	-0.080	-0.042	-0.022	-0.015	-0.011	0
4	-0.732	-0.652	-0.588	-0.535	-0.491	-0.454	-0.329	-0.212	-0.157	-0.124	-0.103	-0.055	-0.029	-0.019	-0.015	0
6	-0.746	-0.672	-0.611	-0.561	-0.519	-0.482	-0.356	-0.234	-0.174	-0.139	-0.115	-0.063	-0.033	-0.022	-0.017	0
8	-0.752	-0.682	-0.625	-0.576	-0.534	-0.498	-0.373	-0.248	-0.185	-0.148	-0.123	-0.067	-0.035	-0.024	-0.018	0
10	-0.756	-0.689	-0.633	-0.586	-0.544	-0.509	-0.383	-0.257	-0.193	-0.155	-0.129	-0.071	-0.037	-0.025	-0.019	0
20	-0.766	-0.704	-0.651	-0.606	-0.567	-0.532	-0.408	-0.278	-0.211	-0.170	-0.142	-0.078	-0.041	-0.028	-0.021	0
40	-0.771	-0.712	-0.661	-0.617	-0.579	-0.545	-0.422	-0.290	-0.221	-0.179	-0.150	-0.083	-0.044	-0.030	-0.023	0
60	-0.772	-0.715	-0.665	-0.621	-0.583	-0.550	-0.427	-0.295	-0.225	-0.182	-0.153	-0.085	-0.045	-0.031	-0.023	0
80	-0.773	-0.716	-0.666	-0.623	-0.585	-0.552	-0.429	-0.297	-0.227	-0.184	-0.154	-0.086	-0.046	-0.031	-0.023	0
$\infty$	-0.776	-0.720	-0.672	-0.629	-0.592	-0.559	-0.437	-0.304	-0.233	-0.189	-0.159	-0.089	-0.047	-0.032	-0.024	0

Ker2

 $\lambda = 2$ 

$x_1 \backslash x_2$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	0.480	0.630	0.746	0.809	0.852	0.884	0.969	1.03	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.09	1.09	1.10
0.2	0.374	0.531	0.629	0.694	0.742	0.778	0.876	0.946	0.974	0.989	0.998	1.02	1.03	1.03	1.03	1.04
0.4	0.306	0.450	0.543	0.609	0.657	0.695	0.800	0.877	0.909	0.926	0.937	0.959	0.971	0.975	0.977	0.984
0.6	0.259	0.390	0.478	0.542	0.590	0.627	0.736	0.818	0.852	0.871	0.883	0.908	0.921	0.926	0.928	0.935
0.8	0.225	0.344	0.427	0.488	0.535	0.572	0.681	0.766	0.802	0.822	0.835	0.861	0.876	0.881	0.883	0.891
1	0.198	0.308	0.388	0.444	0.489	0.526	0.634	0.721	0.758	0.778	0.791	0.819	0.835	0.840	0.842	0.850
2	0.125	0.202	0.260	0.306	0.343	0.374	0.471	0.555	0.593	0.615	0.629	0.659	0.676	0.682	0.685	0.694
4	0.072	0.119	0.157	0.189	0.215	0.237	0.311	0.381	0.414	0.433	0.446	0.474	0.490	0.495	0.498	0.507
6	0.050	0.085	0.113	0.136	0.156	0.174	0.232	0.290	0.318	0.334	0.345	0.370	0.384	0.389	0.391	0.399
8	0.039	0.066	0.088	0.107	0.123	0.137	0.185	0.234	0.258	0.272	0.282	0.303	0.316	0.320	0.322	0.329
10	0.032	0.054	0.072	0.088	0.101	0.113	0.154	0.196	0.217	0.229	0.238	0.257	0.268	0.272	0.274	0.280
20	0.016	0.028	0.038	0.046	0.054	0.060	0.084	0.108	0.121	0.129	0.134	0.146	0.153	0.155	0.157	0.161
40	0.008	0.014	0.019	0.024	0.028	0.031	0.044	0.057	0.064	0.069	0.071	0.078	0.082	0.084	0.084	0.087
60	0.006	0.010	0.013	0.016	0.019	0.021	0.030	0.039	0.044	0.047	0.049	0.053	0.056	0.057	0.058	0.059
80	0.004	0.007	0.010	0.012	0.014	0.016	0.022	0.029	0.033	0.035	0.037	0.041	0.043	0.044	0.044	0.045
$\infty$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

K601

 $\lambda = 0.6$ 

$\alpha_1 \backslash \alpha_2$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	-0.144	-0.056	-0.005	0.028	0.051	0.068	0.112	0.142	0.154	0.160	0.164	0.172	0.176	0.177	0.178	0.180
0.2	-0.164	-0.066	-0.006	0.035	0.065	0.087	0.148	0.191	0.208	0.218	0.223	0.235	0.242	0.244	0.245	0.248
0.4	-0.176	-0.073	-0.006	0.041	0.075	0.102	0.178	0.233	0.256	0.268	0.276	0.292	0.300	0.303	0.305	0.309
0.6	-0.185	-0.079	-0.007	0.045	0.084	0.114	0.203	0.269	0.297	0.312	0.322	0.342	0.353	0.357	0.359	0.364
0.8	-0.191	-0.083	-0.007	0.048	0.091	0.124	0.224	0.301	0.334	0.352	0.363	0.388	0.401	0.405	0.407	0.414
1	-0.196	-0.086	-0.008	0.051	0.096	0.133	0.242	0.329	0.366	0.387	0.400	0.428	0.444	0.449	0.451	0.459
2	-0.210	-0.096	-0.009	0.059	0.115	0.160	0.305	0.430	0.487	0.519	0.539	0.585	0.609	0.618	0.622	0.636
4	-0.220	-0.103	-0.010	0.067	0.131	0.185	0.367	0.537	0.618	0.665	0.696	0.765	0.804	0.818	0.825	0.846
6	-0.223	-0.106	-0.010	0.070	0.138	0.197	0.398	0.593	0.688	0.745	0.782	0.867	0.915	0.932	0.940	0.967
8	-0.226	-0.108	-0.011	0.072	0.142	0.203	0.416	0.627	0.732	0.795	0.837	0.932	0.986	1.01	1.02	1.05
10	-0.227	-0.109	-0.011	0.073	0.145	0.208	0.428	0.650	0.762	0.829	0.874	0.977	1.04	1.06	1.07	1.10
20	-0.230	-0.112	-0.011	0.076	0.151	0.217	0.455	0.704	0.832	0.911	0.963	1.09	1.16	1.18	1.19	1.24
40	-0.231	-0.113	-0.011	0.077	0.154	0.222	0.471	0.735	0.874	0.959	1.02	1.15	1.23	1.26	1.27	1.32
60	-0.232	-0.113	-0.011	0.078	0.155	0.224	0.476	0.746	0.889	0.977	1.04	1.18	1.26	1.29	1.30	1.35
80	-0.232	-0.113	-0.011	0.078	0.156	0.225	0.479	0.752	0.896	0.986	1.05	1.19	1.27	1.30	1.32	1.37
$\infty$	-0.233	-0.114	-0.011	0.079	0.158	0.228	0.488	0.770	0.920	1.01	1.08	1.23	1.32	1.35	1.36	1.42

K608

 $\lambda = 0.6$ 

$\alpha_1 \backslash \alpha_2$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	0.144	0.194	0.223	0.242	0.255	0.265	0.291	0.308	0.314	0.318	0.320	0.325	0.327	0.328	0.328	0.330
0.2	0.165	0.235	0.278	0.307	0.328	0.344	0.387	0.418	0.430	0.437	0.441	0.449	0.454	0.455	0.456	0.458
0.4	0.178	0.262	0.317	0.355	0.383	0.405	0.467	0.512	0.530	0.540	0.546	0.559	0.566	0.569	0.570	0.574
0.6	0.188	0.282	0.346	0.393	0.427	0.455	0.533	0.593	0.618	0.631	0.640	0.658	0.668	0.671	0.672	0.678
0.8	0.194	0.298	0.370	0.423	0.463	0.495	0.590	0.564	0.695	0.712	0.723	0.746	0.759	0.763	0.765	0.772
1	0.200	0.310	0.389	0.447	0.493	0.530	0.639	0.726	0.764	0.785	0.798	0.826	0.841	0.846	0.849	0.857
2	0.214	0.346	0.446	0.525	0.589	0.644	0.808	0.953	1.02	1.06	1.08	1.13	1.16	1.17	1.17	1.19
4	0.225	0.374	0.493	0.591	0.673	0.742	0.975	1.19	1.30	1.36	1.40	1.48	1.53	1.55	1.56	1.59
6	0.229	0.385	0.513	0.620	0.711	0.789	1.06	1.32	1.44	1.52	1.57	1.68	1.75	1.77	1.78	1.82
8	0.232	0.392	0.525	0.637	0.733	0.816	1.11	1.39	1.54	1.62	1.68	1.81	1.88	1.91	1.92	1.96
10	0.233	0.396	0.532	0.648	0.747	0.834	1.14	1.45	1.60	1.69	1.76	1.90	1.98	2.01	2.02	2.07
20	0.236	0.404	0.548	0.671	0.778	0.873	1.21	1.57	1.75	1.86	1.94	2.11	2.21	2.25	2.26	2.32
40	0.238	0.409	0.556	0.684	0.795	0.894	1.25	1.64	1.84	1.96	2.04	2.24	2.35	2.39	2.41	2.48
60	0.238	0.411	0.559	0.688	0.801	0.901	1.27	1.66	1.87	2.00	2.08	2.29	2.40	2.45	2.47	2.54
80	0.239	0.411	0.561	0.690	0.804	0.905	1.28	1.67	1.88	2.01	2.10	2.31	2.43	2.48	2.50	2.57
$\infty$	0.239	0.414	0.565	0.697	0.814	0.917	1.30	1.71	1.94	2.07	2.17	2.39	2.52	2.56	2.59	2.66

$K_w$

$\lambda = 0.8$

$\lambda_1 \backslash \lambda_2$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	0.003	0.007	0.009	0.010	0.011	0.011	0.012	0.013	0.013	0.013	0.013	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
0.2	0.006	0.017	0.022	0.025	0.027	0.029	0.033	0.035	0.036	0.036	0.037	0.037	0.038	0.038	0.038	0.038
0.4	0.008	0.022	0.030	0.035	0.039	0.042	0.049	0.054	0.056	0.057	0.058	0.059	0.060	0.060	0.061	0.061
0.6	0.009	0.025	0.035	0.042	0.048	0.052	0.063	0.071	0.075	0.077	0.078	0.080	0.081	0.082	0.082	0.083
0.8	0.009	0.027	0.039	0.048	0.055	0.060	0.075	0.087	0.091	0.094	0.096	0.099	0.101	0.102	0.102	0.103
1	0.010	0.029	0.042	0.052	0.060	0.067	0.085	0.100	0.107	0.110	0.113	0.117	0.120	0.121	0.121	0.123
2	0.011	0.033	0.051	0.065	0.077	0.088	0.121	0.152	0.167	0.175	0.181	0.193	0.200	0.202	0.203	0.207
4	0.011	0.036	0.057	0.075	0.091	0.105	0.157	0.211	0.239	0.256	0.268	0.295	0.311	0.317	0.320	0.329
6	0.012	0.037	0.060	0.080	0.098	0.113	0.174	0.243	0.281	0.305	0.322	0.362	0.386	0.395	0.399	0.413
8	0.012	0.038	0.061	0.082	0.101	0.118	0.185	0.264	0.309	0.338	0.358	0.408	0.439	0.450	0.456	0.475
10	0.012	0.038	0.062	0.084	0.103	0.121	0.192	0.278	0.328	0.361	0.385	0.443	0.479	0.492	0.499	0.522
20	0.012	0.039	0.064	0.087	0.108	0.127	0.207	0.311	0.376	0.420	0.452	0.533	0.586	0.606	0.617	0.651
40	0.012	0.039	0.065	0.088	0.110	0.131	0.216	0.332	0.406	0.457	0.495	0.594	0.661	0.687	0.700	0.745
60	0.012	0.040	0.065	0.089	0.111	0.132	0.220	0.339	0.417	0.471	0.512	0.618	0.690	0.719	0.733	0.782
80	0.012	0.040	0.065	0.089	0.112	0.133	0.221	0.343	0.422	0.479	0.520	0.631	0.706	0.736	0.751	0.803
$\infty$	0.012	0.040	0.066	0.090	0.113	0.135	0.226	0.355	0.441	0.502	0.548	0.672	0.758	0.792	0.810	0.870

$K_{GM}$

$\lambda = 0.8$

$\lambda_1 \backslash \lambda_2$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	-0.270	-0.154	-0.108	-0.083	-0.067	-0.057	-0.032	-0.017	-0.011	-0.009	-0.007	-0.004	-0.002	-0.001	-0.001	0
0.2	-0.360	-0.245	-0.186	-0.150	-0.125	-0.108	-0.063	-0.035	-0.024	-0.018	-0.015	-0.008	-0.004	-0.003	-0.002	0
0.4	-0.399	-0.297	-0.236	-0.196	-0.168	-0.147	-0.090	-0.051	-0.035	-0.027	-0.022	-0.011	-0.006	-0.004	-0.003	0
0.6	-0.420	-0.329	-0.271	-0.230	-0.200	-0.177	-0.112	-0.065	-0.046	-0.035	-0.029	-0.015	-0.008	-0.005	-0.004	0
0.8	-0.434	-0.352	-0.297	-0.256	-0.225	-0.201	-0.131	-0.077	-0.055	-0.042	-0.035	-0.018	-0.009	-0.006	-0.005	0
1	-0.443	-0.369	-0.316	-0.277	-0.246	-0.221	-0.147	-0.088	-0.063	-0.049	-0.040	-0.021	-0.011	-0.007	-0.005	0
2	-0.466	-0.413	-0.371	-0.337	-0.308	-0.284	-0.204	-0.131	-0.096	-0.076	-0.063	-0.034	-0.018	-0.012	-0.009	0
4	-0.480	-0.443	-0.411	-0.383	-0.359	-0.338	-0.261	-0.179	-0.136	-0.110	-0.092	-0.051	-0.027	-0.018	-0.014	0
6	-0.485	-0.454	-0.427	-0.403	-0.381	-0.362	-0.289	-0.206	-0.160	-0.130	-0.110	-0.062	-0.033	-0.023	-0.017	0
8	-0.487	-0.460	-0.436	-0.414	-0.394	-0.376	-0.305	-0.222	-0.175	-0.144	-0.123	-0.070	-0.038	-0.028	-0.020	0
10	-0.489	-0.464	-0.441	-0.420	-0.402	-0.384	-0.317	-0.234	-0.186	-0.154	-0.131	-0.076	-0.041	-0.028	-0.022	0
20	-0.492	-0.471	-0.452	-0.435	-0.419	-0.403	-0.342	-0.262	-0.212	-0.178	-0.154	-0.091	-0.050	-0.035	-0.027	0
40	-0.494	-0.476	-0.458	-0.443	-0.428	-0.414	-0.356	-0.278	-0.229	-0.194	-0.168	-0.101	-0.057	-0.039	-0.030	0
60	-0.494	-0.477	-0.460	-0.445	-0.431	-0.417	-0.361	-0.285	-0.235	-0.200	-0.174	-0.105	-0.059	-0.041	-0.031	0
80	-0.495	-0.478	-0.462	-0.447	-0.432	-0.419	-0.364	-0.288	-0.238	-0.203	-0.177	-0.108	-0.060	-0.042	-0.032	0
$\infty$	-0.496	-0.480	-0.465	-0.451	-0.437	-0.425	-0.372	-0.298	-0.248	-0.213	-0.186	-0.115	-0.065	-0.045	-0.035	0

Ker8

 $\lambda = 0.8$ 

$x_1 \backslash x_2$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	0.270	0.403	0.456	0.485	0.502	0.514	0.543	0.560	0.566	0.569	0.571	0.575	0.577	0.578	0.578	0.579
0.2	0.163	0.290	0.356	0.396	0.423	0.443	0.492	0.524	0.536	0.542	0.546	0.554	0.558	0.560	0.560	0.563
0.4	0.116	0.226	0.292	0.335	0.366	0.389	0.450	0.492	0.509	0.518	0.523	0.535	0.541	0.543	0.544	0.547
0.6	0.091	0.186	0.247	0.290	0.322	0.346	0.415	0.464	0.485	0.496	0.502	0.517	0.524	0.527	0.528	0.532
0.8	0.074	0.157	0.215	0.256	0.288	0.312	0.384	0.439	0.462	0.475	0.483	0.500	0.509	0.512	0.514	0.518
1	0.063	0.137	0.189	0.229	0.260	0.284	0.358	0.417	0.442	0.456	0.465	0.484	0.495	0.498	0.500	0.505
2	0.035	0.082	0.120	0.150	0.175	0.197	0.267	0.332	0.363	0.381	0.392	0.418	0.433	0.438	0.440	0.448
4	0.019	0.046	0.069	0.089	0.106	0.121	0.177	0.235	0.267	0.286	0.299	0.329	0.346	0.352	0.356	0.366
6	0.013	0.032	0.048	0.063	0.076	0.088	0.133	0.183	0.211	0.229	0.241	0.271	0.288	0.295	0.298	0.309
8	0.010	0.024	0.037	0.049	0.059	0.069	0.106	0.150	0.175	0.191	0.203	0.230	0.247	0.254	0.257	0.267
10	0.008	0.020	0.030	0.040	0.049	0.057	0.088	0.127	0.149	0.164	0.174	0.200	0.216	0.222	0.226	0.236
20	0.004	0.010	0.016	0.021	0.026	0.030	0.048	0.071	0.086	0.096	0.103	0.121	0.133	0.138	0.140	0.148
40	0.002	0.005	0.008	0.011	0.013	0.015	0.025	0.038	0.047	0.052	0.057	0.068	0.075	0.078	0.080	0.085
60	0.001	0.003	0.005	0.007	0.009	0.010	0.017	0.026	0.032	0.036	0.039	0.047	0.053	0.055	0.056	0.059
80	0.001	0.003	0.004	0.005	0.007	0.008	0.013	0.020	0.024	0.027	0.030	0.036	0.040	0.042	0.043	0.046
$\infty$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

K601

 $\lambda = 0.8$ 

$x_1 \backslash x_2$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	-0.081	-0.026	-0.003	0.009	0.017	0.022	0.035	0.042	0.045	0.046	0.047	0.049	0.050	0.050	0.050	0.051
0.2	-0.110	-0.039	-0.003	0.019	0.033	0.044	0.071	0.088	0.095	0.098	0.100	0.104	0.107	0.107	0.108	0.109
0.4	-0.121	-0.047	-0.004	0.025	0.045	0.060	0.100	0.128	0.139	0.145	0.148	0.156	0.160	0.161	0.162	0.164
0.6	-0.127	-0.052	-0.005	0.029	0.053	0.072	0.125	0.164	0.179	0.188	0.193	0.204	0.210	0.212	0.213	0.216
0.8	-0.131	-0.056	-0.005	0.032	0.060	0.082	0.146	0.195	0.216	0.227	0.234	0.249	0.257	0.260	0.261	0.266
1	-0.134	-0.059	-0.005	0.035	0.066	0.090	0.164	0.224	0.249	0.263	0.272	0.291	0.302	0.305	0.307	0.313
2	-0.140	-0.065	-0.006	0.042	0.082	0.116	0.228	0.331	0.380	0.408	0.427	0.468	0.491	0.499	0.503	0.515
4	-0.144	-0.070	-0.007	0.048	0.096	0.138	0.291	0.453	0.538	0.590	0.626	0.707	0.755	0.772	0.781	0.809
6	-0.146	-0.072	-0.007	0.050	0.102	0.148	0.322	0.521	0.630	0.700	0.748	0.863	0.932	0.957	0.970	1.01
8	-0.146	-0.073	-0.007	0.052	0.105	0.153	0.341	0.563	0.690	0.773	0.831	0.971	1.06	1.09	1.11	1.16
10	-0.147	-0.074	-0.007	0.052	0.107	0.157	0.353	0.593	0.733	0.825	0.891	1.05	1.15	1.19	1.21	1.27
20	-0.148	-0.075	-0.008	0.054	0.111	0.165	0.381	0.663	0.837	0.956	1.04	1.26	1.41	1.46	1.49	1.58
40	-0.148	-0.075	-0.008	0.055	0.114	0.169	0.397	0.705	0.902	1.04	1.14	1.41	1.58	1.65	1.69	1.81
60	-0.148	-0.076	-0.008	0.056	0.115	0.170	0.403	0.720	0.927	1.07	1.18	1.46	1.65	1.73	1.77	1.90
80	-0.148	-0.076	-0.008	0.056	0.115	0.171	0.406	0.728	0.939	1.09	1.20	1.49	1.69	1.77	1.81	1.95
$\infty$	-0.149	-0.076	-0.008	0.056	0.117	0.173	0.415	0.753	0.979	1.14	1.26	1.59	1.81	1.90	1.95	2.11

$\chi = 0.8$  $K_{608}$ 

$\alpha_1 \backslash \alpha_2$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	4	6	8	10	20	40	60	80	$\infty$
0	0.081	0.119	0.135	0.144	0.150	0.153	0.162	0.168	0.170	0.171	0.171	0.172	0.173	0.173	0.173	0.174
0.2	0.069	0.128	0.157	0.175	0.187	0.195	0.217	0.231	0.237	0.239	0.241	0.245	0.247	0.247	0.247	0.248
0.4	0.066	0.132	0.170	0.195	0.213	0.227	0.262	0.287	0.297	0.302	0.305	0.312	0.315	0.317	0.317	0.319
0.6	0.064	0.135	0.179	0.210	0.233	0.251	0.300	0.337	0.351	0.359	0.364	0.375	0.380	0.382	0.383	0.386
0.8	0.063	0.136	0.186	0.222	0.249	0.271	0.333	0.381	0.401	0.412	0.419	0.433	0.441	0.444	0.445	0.449
1	0.062	0.138	0.191	0.231	0.262	0.287	0.361	0.420	0.446	0.460	0.469	0.488	0.498	0.502	0.504	0.509
2	0.060	0.141	0.205	0.257	0.301	0.337	0.458	0.570	0.623	0.653	0.673	0.718	0.742	0.751	0.756	0.769
4	0.059	0.143	0.216	0.278	0.332	0.380	0.555	0.740	0.837	0.896	0.936	1.03	1.08	1.10	1.11	1.15
6	0.059	0.144	0.220	0.287	0.346	0.400	0.603	0.834	0.961	1.04	1.10	1.23	1.31	1.34	1.36	1.40
8	0.058	0.145	0.222	0.291	0.354	0.411	0.632	0.893	1.04	1.14	1.21	1.37	1.47	1.51	1.53	1.59
10	0.058	0.145	0.223	0.294	0.359	0.418	0.651	0.934	1.10	1.21	1.29	1.48	1.60	1.64	1.66	1.74
20	0.058	0.146	0.226	0.301	0.369	0.433	0.694	1.03	1.24	1.38	1.49	1.75	1.93	1.99	2.03	2.14
40	0.058	0.146	0.228	0.304	0.375	0.442	0.718	1.09	1.33	1.50	1.62	1.94	2.15	2.24	2.28	2.42
60	0.058	0.146	0.228	0.305	0.377	0.444	0.727	1.11	1.36	1.54	1.67	2.01	2.24	2.33	2.38	2.54
80	0.058	0.146	0.229	0.306	0.378	0.446	0.731	1.12	1.38	1.56	1.69	2.05	2.29	2.39	2.44	2.60
$\infty$	0.058	0.146	0.230	0.308	0.381	0.450	0.745	1.16	1.43	1.63	1.78	2.17	2.45	2.56	2.62	2.81

### Литература

1. С.П.Тимошенко, С.Войновский-Кригер "Пластинки и оболочки", Физматгиз, М., 1963.
2. И.А.Биргер, Б.Ф.Шорр, Р.М.Шнейдерович "Расчет на прочность деталей машин", М., "Машиностроение", 1966.
3. "Прочность, устойчивость, колебания", т.1, М., "Машиностроение", 1968.
4. А.С.Калманок "Расчет пластинок", М., Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1959.

Ответственный за выпуск Г.А.СПИРИДОНОВ

Подписано к печати 23.XII-1974 г. МН 08633

Усл. 2,4 печ.л., тираж 200 экз. Бесплатно.

Заказ № 104

Отпечатано на ротапринте в ИЯФ СО АН СССР, вт