



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Сопротивление материалов»

## **Методические указания**

о порядке выполнения расчетно-графической  
работы по дисциплине  
«Теория расчета пластин и оболочек»  
для обучающихся по техническим  
направлениям подготовки (специальностям)

# **«Цилиндрический изгиб прямоугольной пластины на упругом основании»**

Авторы

Языев Б.М, Демченко Д.Б.,  
Маяцкая И.А., Чепурненко А.С.

Ростов-на-Дону, 2018

## Аннотация

Цилиндрический изгиб прямоугольной пластины на упругом основании: методические указания предназначены для проведения практической работы по дисциплине «Теория расчета пластин и оболочек» для обучающихся по техническим направлениям подготовки (специальностям).

Настоящие методические указания включают задания для выполнения расчетно-графической работы для студентов, изучающих курс «Теория расчета пластин и оболочек».

## Авторы

д.т.н., профессор кафедры  
«Соппротивление материалов»

Языев Б.М.;

к.т.н., доцент кафедры «Соппротивление  
материалов» Демченко Д.Б.;

к.т.н., доцент кафедры «Соппротивление  
материалов» Маяцкая И.А.;

к.т.н., ст. преп. кафедры  
«Соппротивление материалов»

Чепурненко А.С.





## Оглавление

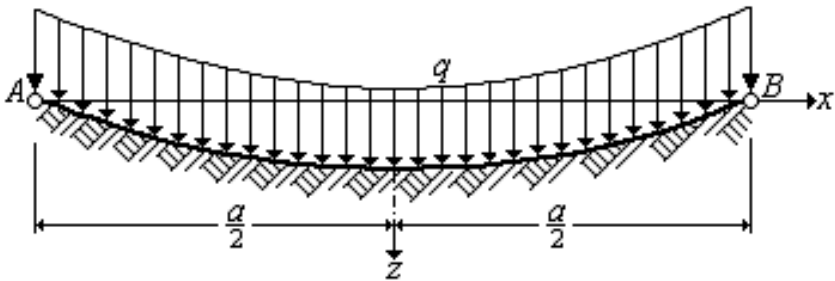
|                      |          |
|----------------------|----------|
| <b>Задание .....</b> | <b>4</b> |
|----------------------|----------|

## ЗАДАНИЕ

Рассматривается прямоугольная пластина, нагруженная распределенной нагрузкой или сосредоточенными силами. Представлены три варианта нагружения и закрепления прямоугольной пластины.

Индивидуальные данные взять из таблицы 1.

### Вариант А.



**Рис.1**

Для выделенной из пластины элементарной балки-полосы:

1. Определить цилиндрическую жесткость  $D$  и коэффициент  $\beta$ .

2. По полученному значению коэффициента  $\beta$  найти по табл. 2 или по формулам (1.5), (1.7), (1.10) значения  $\varphi_0(\beta)$ ,  $\varphi_1(\beta)$ ,  $\varphi_2(\beta)$ .

3. Составить выражения для прогибов  $w$ , углов поворота  $dw/dx$ , изгибающих моментов  $M_x$  и поперечных сил  $Q_{zx}$ .

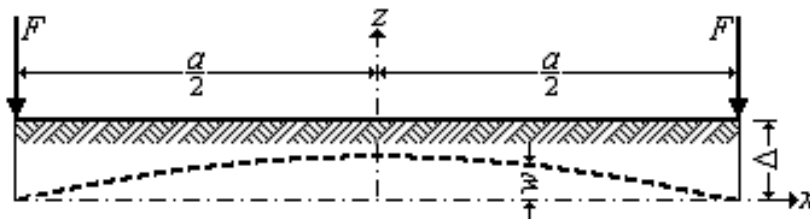
Вычислить значения  $w$ ,  $dw/dx$ ,  $M_x$ ,  $Q_{zx}$  в характерных сечениях балки-полосы и построить эпюры.

4. Определить максимальные нормальные  $\sigma_x$  и касательные  $\tau_{zx}$  напряжения

5. Полученные результаты сравнить по прогибам и изгибающим моментам с решением численным методом – методом конечных разностей.

## Цилиндрический изгиб прямоугольной пластины на упругом основании

Данные для расчета взять из табл. 1 (по номеру зачетной книжки).

**Вариант Б.**

**Рис.2**

Для выделенной из пластины элементарной балки-полосы:

1. Определить цилиндрическую жесткость  $D$  и коэффициент  $\beta$ .

2. По полученному значению коэффициента  $\beta$  найти по табл. 2 или по формулам (1.5), (1.7), (1.10) значения  $\varphi_0(\beta)$ ,  $\varphi_2(\beta)$ .

3. Вычислить значение параметра  $\lambda$

4. Составить выражения для прогибов  $w$ , углов поворота  $dw/dx$ , изгибающих моментов  $M_x$  и поперечных сил  $Q_{zx}$ .

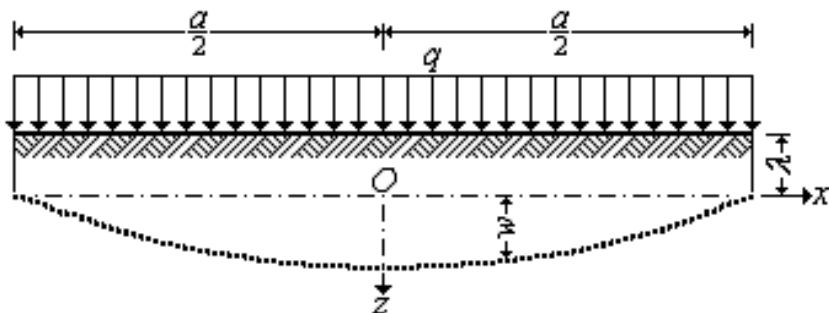
Вычислить значения  $w$ ,  $dw/dx$ ,  $M_x$ ,  $Q_{zx}$  в характерных сечениях балки-полосы и построить эпюры.

5. Определить максимальные нормальные  $\sigma_x$  и касательные  $\tau_{zx}$  напряжения

6. Полученные результаты сравнить (по прогибам и изгибающим моментам) с решением численным методом – методом конечных разностей.

Данные для расчета взять из табл. 1 (по номеру зачетной книжки).

**Вариант В.**



**Рис.3**

Для выделенной из пластины элементарной балки-полосы:

1. Определить цилиндрическую жесткость  $D$  и коэффициент  $\beta$ .

2. По полученному значению коэффициента  $\beta$  найти по табл. 2 или по формулам (1.5), (1.7), (1.10) значения  $\varphi_0(\beta)$ ,  $\varphi_2(\beta)$ .

3. Вычислить значение параметра  $\lambda$

4. Составить выражения для прогибов  $w$ , углов поворота  $dw/dx$ , изгибающих моментов  $M_x$  и поперечных сил  $Q_{zx}$ .

Вычислить значения  $w$ ,  $dw/dx$ ,  $M_x$ ,  $Q_{zx}$  в характерных сечениях балки-полосы и построить эпюры.

5. Определить максимальные нормальные  $\sigma_x$  и касательные  $\tau_{zx}$  напряжения

6. Полученные результаты сравнить (по прогибам и изгибающим моментам) с решением численным методом – методом конечных разностей.

Данные для расчета взять из табл. 1 (по номеру зачетной книжки).

Цилиндрический изгиб прямоугольной пластины на упругом основании

**Примечание.**

Для упрощения вычислений прогибов, углов поворота, изгибающих моментов и поперечных сил используется таблица 2 численных значений функций  $\varphi_0$ ,  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  и табл. 3 численных значений параметра  $\xi$  для различных значений аргумента  $\beta$ .

При малых значениях  $\beta$ , т. е. для весьма податливого основания, функции  $(1 - \varphi_0)/\beta^4$  и  $\varphi_2$  почти не отличаются от единицы, поэтому как максимальный прогиб, так и напряжения изгиба получаются в этом случае близкими к соответствующим значениям для свободно опертой полосы (без упругого основания). С увеличением  $\beta$  влияние упругости основания оказывается все заметнее и заметнее.

## Цилиндрический изгиб прямоугольной пластины на упругом основании

Таблица 1

| №№<br>пп            | По сумме двух последних цифр |   |         |             | По предпоследней цифре |               | По последней цифре |
|---------------------|------------------------------|---|---------|-------------|------------------------|---------------|--------------------|
|                     | $a$<br>$m$                   | Материал  | Вариант | $h$<br>$см$ | $q$<br>$кН/м^2$        | $F$<br>$кН/м$ | $k$<br>$Н/см^3$    |
| 1                   | 1,5                          | Сталь   | А       | 6,0         | 120                    | 150           | 95                 |
| 2                   | 1,7                          | Ж/бетон   | Б       | 20,0        | 115                    | 145           | 90                 |
| 3                   | 1,9                          | Ж/бетон   | А       | 19,5        | 110                    | 140           | 85                 |
| 4                   | 2,1                          | Сталь   | Б       | 5,8         | 105                    | 135           | 80                 |
| 5                   | 2,3                          | Сталь   | А       | 5,6         | 100                    | 130           | 75                 |
| 6                   | 2,5                          | Ж/бетон   | Б       | 19,0        | 95                     | 125           | 70                 |
| 7                   | 2,7                          | Ж/бетон   | А       | 18,5        | 90                     | 120           | 65                 |
| 8                   | 2,9                          | Сталь   | Б       | 5,4         | 85                     | 115           | 60                 |
| 9                   | 3,1                          | Сталь   | А       | 5,2         | 80                     | 110           | 55                 |
| 10                  | 3,3                          | Ж/бетон   | Б       | 18,0        | 75                     | 105           | 50                 |
| 11                  | 3,5                          | Ж/бетон   | А       | 17,5        | 70                     | 100           | 45                 |
| 12                  | 3,7                          | Сталь   | Б       | 5,0         | 65                     | 95            | 40                 |
| 13                  | 3,9                          | Сталь   | А       | 4,8         | 60                     | 90            | 35                 |
| 14                  | 4,0                          | Ж/бетон   | Б       | 17,0        | 55                     | 85            | 30                 |
| 15                  | 4,1                          | Ж/бетон   | А       | 16,5        | 50                     | 80            | 25                 |
| 16                  | 4,2                          | Сталь   | Б       | 4,6         | 45                     | 75            | 20                 |
| 17                  | 4,3                          | Сталь   | А       | 4,4         | 40                     | 70            | 15                 |
| 18                  | 4,4                          | Ж/бетон   | Б       | 16,0        | 35                     | 65            | 10                 |
| Исходные<br>данные: | Сталь                        | $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}; \mu = 0,3; R = 230 \text{ МПа}; \gamma_c = 0,8.$ |         |             |                        |               |                    |
|                     | Ж/бетон                      | $E = 35 \cdot 10^3 \text{ МПа}; \mu = 0,16; R = 1,7 \text{ МПа}; \gamma_c = 0,9.$ |         |             |                        |               |                    |



Цилиндрический изгиб прямоугольной пластины на упругом основании

Таблица 2

|     | $\varphi_0$ | $\varphi_1$ | $\varphi_2$ | $\beta$ | $\varphi_0$ | $\varphi_1$ | $\varphi_2$ |
|-----|-------------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|-------------|
| 0,1 | 1,000       | 1,000       | 1,000       | 1,6     | -0,013      | 0,200       | 0,164       |
| 0,2 | 0,999       | 0,999       | 0,999       | 1,7     | -0,052      | 0,166       | 0,129       |
| 0,3 | 0,993       | 0,995       | 0,995       | 1,8     | -0,081      | 0,138       | 0,101       |
| 0,4 | 0,979       | 0,983       | 0,983       | 1,9     | -0,102      | 0,116       | 0,079       |
| 0,5 | 0,950       | 0,961       | 0,959       | 2,0     | -0,117      | 0,099       | 0,062       |
| 0,6 | 0,901       | 0,923       | 0,919       | 2,2     | -0,133      | 0,072       | 0,037       |
| 0,7 | 0,827       | 0,866       | 0,859       | 2,4     | -0,135      | 0,055       | 0,021       |
| 0,8 | 0,731       | 0,791       | 0,781       | 2,6     | -0,127      | 0,043       | 0,011       |
| 0,9 | 0,619       | 0,702       | 0,689       | 2,8     | -0,114      | 0,034       | 0,005       |
| 1,0 | 0,498       | 0,609       | 0,591       | 3,0     | -0,098      | 0,028       | 0,002       |
| 1,1 | 0,380       | 0,517       | 0,494       | 3,2     | -0,081      | 0,023       | 0,000       |
| 1,2 | 0,272       | 0,431       | 0,405       | 3,4     | -0,064      | 0,019       | -0,001      |
| 1,3 | 0,178       | 0,357       | 0,327       | 3,6     | -0,049      | 0,016       | -0,002      |
| 1,4 | 0,100       | 0,294       | 0,262       | 3,8     | -0,035      | 0,014       | -0,002      |
| 1,5 | 0,037       | 0,242       | 0,208       | 4,0     | -0,024      | 0,012       | -0,002      |

Цилиндрический изгиб прямоугольной пластины на упругом основании

Таблица 3

| $\beta$ | $\xi$   | $\beta$ | $\xi$   | $\beta$ | $\xi$   | $\beta$ | $\xi$   | $\beta$ | $\xi$   |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <1,57   | 0,00    | 2,04    | 0,29760 | 2,54    | 0,34868 | 3,04    | 0,37262 | 3,54    | 0,38938 |
| 1,575   | 0,03619 | 2,06    | 0,30090 | 2,56    | 0,34990 | 3,06    | 0,37337 | 3,56    | 0,39002 |
| 1,58    | 0,05408 | 2,08    | 0,30404 | 2,58    | 0,35110 | 3,08    | 0,37410 | 3,58    | 0,39059 |
| 1,60    | 0,09624 | 2,10    | 0,30710 | 2,60    | 0,35230 | 3,10    | 0,37488 | 3,60    | 0,39112 |
| 1,62    | 0,12321 | 2,12    | 0,30995 | 2,62    | 0,35344 | 3,12    | 0,37562 | 3,62    | 0,39172 |
| 1,64    | 0,14422 | 2,14    | 0,31266 | 2,64    | 0,35455 | 3,14    | 0,37634 | 3,64    | 0,39228 |
| 1,66    | 0,16157 | 2,16    | 0,31524 | 2,66    | 0,35564 | 3,16    | 0,37704 | 3,66    | 0,39284 |
| 1,68    | 0,17639 | 2,18    | 0,31770 | 2,68    | 0,35670 | 3,18    | 0,37770 | 3,68    | 0,39340 |
| 1,70    | 0,18935 | 2,20    | 0,32005 | 2,70    | 0,35770 | 3,20    | 0,37847 | 3,70    | 0,39396 |
| 1,72    | 0,20083 | 2,22    | 0,32231 | 2,72    | 0,35874 | 3,22    | 0,37917 | 3,72    | 0,39452 |
| 1,74    | 0,21116 | 2,24    | 0,32447 | 2,74    | 0,35974 | 3,24    | 0,37979 | 3,74    | 0,39507 |
| 1,76    | 0,22050 | 2,26    | 0,32654 | 2,76    | 0,36071 | 3,26    | 0,38054 | 3,76    | 0,39560 |
| 1,78    | 0,22908 | 2,28    | 0,32852 | 2,78    | 0,36166 | 3,28    | 0,38118 | 3,78    | 0,39615 |
| 1,80    | 0,23686 | 2,30    | 0,33043 | 2,80    | 0,36258 | 3,30    | 0,38188 | 3,80    | 0,39667 |
| 1,82    | 0,24419 | 2,32    | 0,33226 | 2,82    | 0,36351 | 3,32    | 0,38247 | 3,82    | 0,39720 |
| 1,84    | 0,25087 | 2,34    | 0,33403 | 2,84    | 0,36442 | 3,34    | 0,38316 | 3,84    | 0,39772 |
| 1,86    | 0,25707 | 2,36    | 0,33573 | 2,86    | 0,36530 | 3,36    | 0,38382 | 3,86    | 0,39824 |
| 1,88    | 0,26283 | 2,38    | 0,33736 | 2,88    | 0,36618 | 3,38    | 0,38446 | 3,88    | 0,39876 |
| 1,90    | 0,26819 | 2,40    | 0,33895 | 2,90    | 0,36700 | 3,40    | 0,38509 | 3,90    | 0,39927 |
| 1,92    | 0,27322 | 2,42    | 0,34047 | 2,92    | 0,36791 | 3,42    | 0,38572 | 3,92    | 0,39978 |
| 1,94    | 0,27792 | 2,44    | 0,34195 | 2,94    | 0,36868 | 3,44    | 0,38635 | 3,925   | 0,39990 |
| 1,96    | 0,28233 | 2,46    | 0,34338 | 2,96    | 0,36949 | 3,46    | 0,38697 | 3,926   | 0,39993 |
| 1,98    | 0,28649 | 2,48    | 0,34477 | 2,98    | 0,37029 | 3,48    | 0,38758 | 3,927   | 0,39995 |
| 2,00    | 0,29043 | 2,50    | 0,34613 | 3,00    | 0,37101 | 3,50    | 0,38813 |         |         |
| 2,02    | 0,29410 | 2,52    | 0,34741 | 3,02    | 0,37186 | 3,52    | 0,38878 |         |         |