



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Сопротивление материалов»

## **Практикум**

о порядке выполнения  
расчетно-графической работы на тему  
«Расчет пластин на изгиб методом  
Бубнова-Галеркина»  
по дисциплине

## **«Теория расчета пластин и оболочек»**

Авторы

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

Ростов-на-Дону, 2019

## Аннотация

Практикум содержит индивидуальные данные, расчетные схемы и контрольные вопросы к расчетно-графической работе на тему «Расчет пластин на изгиб методом Бубнова-Галеркина» для студентов, изучающих курс «Теория расчета пластин и оболочек».

Практикум предназначен для студентов всех форм обучения (очной, очно-заочной, заочной) технических направлений подготовки (специальностей), в частности, для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 – строительство и специальности 08.05.01 – строительство уникальных зданий и сооружений.

## Авторы

д.т.н., профессор Языев Б.М.,  
к.т.н., доцент Демченко Д.Б.,  
к.т.н., доцент Маяцкая И.А.,  
к.т.н., доцент Чепурненко А.С.



## Оглавление

<b>РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА «РАСЧЕТ ПЛАСТИН НА ИЗГИБ МЕТОДОМ БУБНОВА-ГАЛЕРКИНА» .....</b>	<b>4</b>
1. Общие методические указания по выполнению расчетно-графической работы .....	4
2. Указания о порядке выполнения расчетно-графической работы .....	5
<b>Контрольные вопросы к расчетно-графической работе ....</b>	<b>9</b>
<b>Список литературы .....</b>	<b>10</b>
<b>Приложение .....</b>	<b>11</b>

## **РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА «РАСЧЕТ ПЛАСТИН НА ИЗГИБ МЕТОДОМ БУБНОВА-ГАЛЕРКИНА»**

### **1. Общие методические указания по выполнению расчетно-графической работы**

Выдача варианта расчетно-графической работы осуществляется преподавателем.

Нельзя приступать к расчетам, не разобравшись досконально по учебнику или конспекту лекций в теории, связанной с выполнением расчетно-графической работы.

Все расчеты необходимо вести очень четко и аккуратно, с предельной внимательностью, сначала в общем виде, затем в числах.

Расчет на всех его этапах надо сопровождать необходимыми схемами и чертежами, выполненными с обязательным соблюдением масштабов.

Графическое оформление помогает не только произвести расчет, но и облегчает его просмотр с целью ознакомления с ним или для контроля правильности выполненного этапа работы.

Необходимо использовать все средства для самоконтроля правильности выполненной части работы. Такие возможности обычно имеются на каждом этапе расчета.

Все вычисления, как правило, достаточно производить с точностью до третьей значащей цифры.

Чистовой вариант расчетно-графической работы сдается преподавателю на проверку в виде аккуратно оформленной и сброшюрованной пояснительной записки на листах писчей бумаги формата А4 с угловыми штампами, с титульным листом, исходными данными, всеми необходимыми расчетами, выполненными в общем виде и числах, схемами и чертежами.

Графическая часть работы выполняется с соблюдением масштабов, на листах бумаги, швиваемых в пояснительную записку.

Как правило, при проверке работы преподавателем обнаруживаются ошибки, неточности в расчетах и чертежах, которые студенту необходимо исправить. Если замечания несущественные и немногочисленные, их можно устранить на первоначальных листах пояснительной записки. Если же они таковы, что вносимые исправления мешают обозрению и восприятию материала, работа

полностью оформляется вновь. При повторном представлении работы необходимо приложить первоначальные записи и чертежи с замечаниями, что ускорит ее проверку.

После проверки работы преподавателем и ее защиты расчетно-графическая работа сканируется и ее электронный вариант вместе с оригиналом сдается на кафедру.

## 2. Указания о порядке выполнения расчетно-графической работы

Задание:

Рассматривается расчет прямоугольной пластины на действии собственного веса  $q_y$ , локальной равномерно распределенной нагрузки  $q_F$  и сосредоточенных сил  $F$  при  $m = 1$  и  $n = 1$ .

Для выполнения расчетно-графической работы требуется:

1. Проверить выполнение граничных условий при заданной аппроксимирующей функции.

2. Методом Бубнова-Галеркина определить величину коэффициента  $C_j$ .

3. Определить величины  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $H$ ,  $Q_{zx}$ ,  $Q_{zy}$ .

Построить эпюры прогибов и внутренних усилий в сечениях по осям симметрии пластины.

4. Для опасных точек определить нормальные и касательные напряжения.

Исходные данные взять из таблиц №1 и № 2 в соответствии с шифром (номером зачетной книжки).

Схема нагружения пластины представлена в таблице 1 в соответствии с шифром.

Индивидуальные данные взять из таблицы 2 в соответствии с шифром.

**Схемы нагружения пластины**

Таблица 1


## Индивидуальные данные

Таблица 2

№ п/п	По порядковому номеру в списке учебной группы	По сумме двух последних цифр		По предпоследней цифре шифра	По последней цифре шифра				
	Базисные функции $X_i(x); Y_j(y)$	Расчетная схема	Размеры пластины		Материал	Толщина	Нагрузка		
			$a$ м	$b$ м			$h$ см	$q$ $\frac{кН}{м^2}$	$\gamma$ $\frac{кН}{м^3}$
0	-	-	-	-	ж/бетон	24	30	24	95
1	$X_i Y_j = \sin \frac{i\pi}{a} x \sin \frac{j\pi}{b} y$	1	7,2	4,0	сталь	6,0	35	78	90
2	$X_i Y_j = \sin \frac{i\pi}{a} x \sin \frac{j\pi}{b} y$	2	5,4	3,6	ж/бетон	22	40	24	85
3	$X_i Y_j = \sin \frac{i\pi}{a} x \sin \frac{j\pi}{b} y$	3	5,6	4,2	сталь	5,8	45	78	80
4	$X_i Y_j = \sin \frac{i\pi}{a} x \sin \frac{j\pi}{b} y$	4	6,6	4,4	ж/бетон	20	50	24	75
5	$X_i Y_j = \left(1 - \cos \frac{2i\pi}{a} x\right) \left(1 - \cos \frac{2j\pi}{b} y\right)$	5	5,7	4,2	сталь	5,6	55	24	70
6	$X_i Y_j = \sin \frac{i\pi}{a} x \left(1 - \cos \frac{2j\pi}{b} y\right)$	6	5,1	3,8	ж/бетон	18	60	24	75
7	$X_i Y_j = \left(1 - \cos \frac{2i\pi}{a} x\right) \sin \frac{j\pi}{b} y$	7	5,4	3,6	сталь	5,4	65	24	80
8	$X_i Y_j = \left(1 - \cos \frac{2i\pi}{a} x\right) \sin \frac{j\pi}{b} y$	8	5,1	4,2	ж/бетон	16	70	24	85
9	$X_i Y_j = \sin \frac{i\pi}{a} x \left(1 - \cos \frac{2j\pi}{b} y\right)$	9	6,0	4,2	сталь	5,2	65	78	90
10	$X_i Y_j = \left(1 - \cos \frac{2i\pi}{a} x\right) \sin \frac{j\pi}{b} y$	10	5,6	3,2	ж/бетон	14	60	24	95
11	$X_i Y_j = \sin \frac{i\pi}{a} x \sin \frac{j\pi}{b} y$	11	5,1	3,6	сталь	5,0	55	78	90

Продолжение табл. 2

12	$X, Y_j = \left(1 - \cos \frac{2i\pi}{a} x\right) \left(1 - \cos \frac{2j\pi}{b} y\right)$	12	5,8	4,8	ж/бетон	16	50	24	85
13	$X, Y_j = \left(1 - \cos \frac{2i\pi}{a} x\right) \sin \frac{j\pi}{b} y$	13	6,3	4,8	сталь	4,8	45	78	80
14	$X, Y_j = \sin \frac{i\pi}{a} x \left(1 - \cos \frac{2j\pi}{b} y\right)$	14	6,0	4,2	ж/бетон	18	40	24	75
15	$X, Y_j = \left(1 - \cos \frac{2i\pi}{a} x\right) \left(1 - \cos \frac{2j\pi}{b} y\right)$	15	4,5	3,6	сталь	4,6	35	78	70
16	$X, Y_j = \sin \frac{i\pi}{a} x \sin \frac{j\pi}{b} y$	16	6,4	4,6	ж/бетон	20	30	24	75
17	$X, Y_j = \left(1 - \cos \frac{2i\pi}{a} x\right) \sin \frac{j\pi}{b} y$	17	6,8	5,2	сталь	4,4	25	78	80
18	$X, Y_j = \left(1 - \cos \frac{2i\pi}{a} x\right) \sin \frac{j\pi}{b} y$	18	6,0	4,8	ж/бетон	22	20	24	85
19	$X, Y_j = \sin \frac{i\pi}{a} x \left(1 - \cos \frac{2j\pi}{b} y\right)$	19	7,2	4,4	сталь	4,2	40	78	90
20	$X, Y_j = \left(1 - \cos \frac{2i\pi}{a} x\right) \left(1 - \cos \frac{2j\pi}{b} y\right)$	20	4,8	4,0	ж/бетон	16	45	24	95
21	$X, Y_j = \sin \frac{i\pi}{a} x \left(1 - \cos \frac{2j\pi}{b} y\right)$	21	5,4	4,2	сталь	4,0	50	78	90
22	$X, Y_j = \left(1 - \cos \frac{2i\pi}{a} x\right) \left(1 - \cos \frac{2j\pi}{b} y\right)$	22	6,0	4,8	ж/бетон	24	55	24	85
23	$X, Y_j = \sin \frac{i\pi}{a} x \left(1 - \cos \frac{2j\pi}{b} y\right)$	23	5,6	4,0	сталь	3,8	60	78	80
24	$X, Y_j = \left(1 - \cos \frac{2i\pi}{a} x\right) \left(1 - \cos \frac{2j\pi}{b} y\right)$	24	5,2	3,8	ж/бетон	22	30	24	75
25	$X, Y_j = \cos \frac{i\pi}{2a} x \cos^2 \frac{j\pi}{2b} y$	25	2,4	2,0	сталь	3,6	35	78	70



Окончание табл. 2

26	$X_i Y_j = \cos \frac{i\pi}{2a} x \cos \frac{j\pi}{2b} y$	26	2,8	2,4	ж/бетон	14	40	24	75
27	$X_i Y_j = \cos^2 \frac{i\pi}{2a} x \cos \frac{j\pi}{2b} y$	27	3,0	2,6	сталь	3,4	45	78	80
Упругие постоянные	сталь	$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}; \quad \mu = 0,3$							
	ж/бетон	$E = 35 \cdot 10^3 \text{ МПа}; \quad \mu = 0,16$							

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

1. Какие тела называют пластинами?
2. Классификация пластин по толщине.
3. Уравнение Софи-Жермен.
4. Граничные условия при различных вариантах закрепления краев пластины.
5. Какие внутренние усилия возникают в пластинах, их единицы измерения?
6. Сущность метода Бубнова-Галеркина.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров А.В., Потапов В.Д. Основы теории упругости и пластичности. – М. : Высшая школа, 1990. – 399 с.
2. Вайнберг Д. В., Вайнберг Е.Д. Расчет пластин. Издательство «Будівельник». Киев, 1970. – 436 с.
3. Варданян Г.С., Андреев В.И., Атаров Н.М., Горшков А.А. Соппротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. – М.: Издательство АСВ, 1995. – 568 с.
4. Тимошенко С.П., Войновский – Кригер С. Пластинки и оболочки. Книжный дом «Либроком», 2009. – 640 с.
5. Демченко Б.М., Маяцкая И.А. Теория упругости с основами пластичности и ползучести. Часть 3, пластины, оболочки. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2015. – 169 с.
6. Демченко Д.Б., Демченко Б.М., Маяцкая И.А. Теория расчета пластин. – Ростов н/Д: Донской. гос. техн. строит. ун-т, 2018. – 461 с.
7. Краснобаев И.А., Маяцкая И.А. Основы расчета на изгиб тонких жестких пластин. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2011. – 87 с.
8. Краснобаев И.А., Маяцкая И.А., Языев Б.М., Смирнов И.И. Теория пластин и оболочек. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2012. – 114 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

*Образец оформления  
титального листа расчетно-графической работы*

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра «Сопроотивление материалов»**

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА  
по теории расчета пластин и оболочек на тему  
«РАСЧЕТ ПЛАСТИН НА ИЗГИБ  
МЕТОДОМ БУБНОВА-ГАЛЕРКИНА»**

**Выполнил студент группы \_\_\_\_\_**

\_\_\_\_\_  
*(Ф.И.О. студента)*

**Принял \_\_\_\_\_**

\_\_\_\_\_  
*(Должность)*

\_\_\_\_\_  
*(Ф.И.О. преподавателя)*

**Ростов-на-Дону  
2019 год**