

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

  
**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан строительного факультета  
Панфилов Д.В.  
«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
«Теория расчёта пластин и оболочек»

**Специальность** 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

**Специализации:**

№1 "Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений",  
№2 "Строительство подземных сооружений"

**Квалификация выпускника** инженер-строитель

**Нормативный период обучения** 6 лет

**Форма обучения** очная

**Год начала подготовки** 2018

Автор программы  /Резунов А.В./

Заведующий кафедрой  
Строительной механики  /Козлов В.А./

Руководитель ОПОП  /Рогатнёв Ю.Ф./

Руководитель ОПОП  /Ким М.С./

Воронеж 2021

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Подготовить будущего специалиста к проведению самостоятельных расчетов конструкций и элементов конструкций высотных и большепролетных зданий и сооружений, а также подземных сооружений.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Задачи дисциплины «Теория расчета пластин и оболочек» - научить студента владеть и применять методы теории пластин и оболочек при проектировании и прочностных расчетах конструкций высотных и большепролетных зданий и подземных сооружений. Приобретенные навыки способствуют формированию инженерного мышления.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Теория расчета пластин и оболочек» относится к дисциплинам базовой части блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Теория расчета пластин и оболочек» направлен на формирование следующих компетенций:

УК-6 - Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки и образования в течение всей жизни.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
УК-6	<p data-bbox="577 1247 1524 1451">Знать основные понятия, принципы, положения и гипотезы теории расчета пластин и оболочек, методы и практические приемы расчета основных типов пластин и оболочек на прочность, жёсткость и устойчивость при различных силовых, деформационных и температурных воздействиях.</p> <p data-bbox="577 1460 1524 1630">Уметь грамотно составлять расчетные схемы, ставить граничные условия, определять теоретически и экспериментально внутренние усилия, напряжения, деформации и перемещения в пластинах и оболочках.</p> <p data-bbox="577 1639 1524 1975">Владеть навыками определения напряженно-деформированного состояния пластин и оболочек при различных воздействиях, использования теорий прочности, выбора конструкционных материалов и форм, обеспечивающих требуемые показатели надежности, безопасности, экономичности и эффективности сооружений с помощью теоретических методов и современных программно-вычислительных комплексов.</p>

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Теория расчете пластин и оболочку» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### Очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестр
		8
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	68	68
В том числе:		
Лекции	34	34
Практические занятия (ПЗ)	34	34
<b>Самостоятельная работа</b>	76	76
Часы на контроль	–	–
Виды промежуточной аттестации – зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	144 4	144 4

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

##### Очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекции	Прак. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные соотношения технической теории расчета плит.	Основные виды тонкостенных элементов. Классификация плит. Общие термины и обозначения. Теория изгиба тонких жестких плит: гипотезы Кирхгофа-Лява. Выражения для перемещений, деформаций, напряжений и силовых факторов через прогиб плиты. Уравнение Софи Жермен. Формулировка граничных условий. Элементарные примеры изгиба пластин.	4	2	4	10
2	Аналитические методы расчета плит.	Расчет эллиптической пластинки, жестко защемленной по контуру. Прямоугольные изотропные плиты. Граничные условия. Использование двойных тригонометрических рядов (решение Навье). Применение одинарных тригоно-	6	6	12	24

		метрических рядов (решение Леви). Вариационные методы расчета плит. Методы Ритца, Бубнова-Галеркина. Примеры.				
3	Численные методы расчета плит.	Метод конечных разностей. Расчет мембраны и прямоугольной плиты. Понятие о методах конечных и граничных элементов.	4	6	8	18
4	Изгиб круглых пластин.	Основные уравнения. Осесимметричная деформация. Примеры. Общий случай. Применение одинарных тригонометрических рядов.	2	2	4	8
5	Ортотропные плиты, плиты на упругом основании	Ортотропные плиты. Ребристые плиты. Плиты на упругом основании.	2	—	4	6
6	Тонкие гибкие пластины	Плоское напряженное состояние. Функция напряжений. Система уравнений Кармана.	2	2	4	8
7	Основные понятия теории тонких оболочек.	Основные понятия теории тонких оболочек: срединная поверхность, нормальное сечение радиус кривизны, кривизна, главное сечение, главная кривизна. Линия кривизны, свойства линий кривизны. Гауссова кривизна. Классификация оболочек по гауссовой кривизне. Виды напряженного состояния оболочек: моментная, безмоментная, полубезмоментная. Гипотезы и допущения, используемые при расчетах. Определение геометрических параметров оболочек различных типов: сферической, цилиндрической и др.	2	—	4	6
8	Безмоментная теория оболочек вращения	Расчет оболочек вращения на осесимметричную нагрузку. Меридиональные и окружные напряжения. Уравнение Лапласа. Равновесие отделенной части оболочки для определения меридиональных напряжений. Расчет цилиндрических резервуаров с коническим и сферическим днищем.	2	2	6	10
9	Кручение тонкостенных стержней.	Свободное кручение тонкостенных стержней открытого и замкнутого профилей. Стесненное кручение. Деформация. Секториальные характеристики тонкостенных сечений. Расчет на стесненное кручение тонкостенных стержней открытого профиля по теории В.З. Власова. Дифференциальное уравнение для углов закручивания, граничные условия, решение методом начальных параметров.	4	6	12	22
10	Пологие оболочки	Вывод основных уравнений. Условия на контуре. Пример расчета.	2	2	6	10

11	Полубезмоментная теория оболочек вращения	Расчет складки по полубезмоментной теории. Вывод уравнений 1-ой и 2-ой групп. Решение уравнений. Расчет складки по полубезмоментной теории В.З.Власова. Статические и кинематические допущения. Образование основной системы смешанного метода. Вывод уравнений 1-ой и 2-ой группы. Геометрический и механический смысл уравнений и коэффициентов. Преобразование и решение разрешающих уравнений.	2	4	6	12
12	Общая моментная теория оболочек вращения	Применение рядов Фурье к расчёту оболочек вращения по моментной теории	2	2	6	10
<b>Итого:</b>			<b>34</b>	<b>34</b>	<b>76</b>	<b>144</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

Упражнение №1. «Расчет прямоугольной плиты методами Навье, Леви и конечных разностей».

Упражнение №2. «Расчет тонкостенного цилиндрического резервуара с коническим или сферическим днищем».

Упражнение №3. «Пространственный расчет тонкостенного стержня открытого профиля».

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
УК-6	Знать основные понятия, принципы, положения и гипотезы теории расчета пластин и оболочек, методы и практические приемы расчета основных типов пластин и оболочек на прочность, жёсткость и устойчивость при различных силовых, деформационных и температурных воздействиях.	Знание основных теоретических положений теории расчета пластин и оболочек, методов и практических приемов расчета плит и оболочек на прочность, жёсткость и устойчивость при различных силовых, деформационных и температурных воздействиях.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

Уметь грамотно составлять расчетные схемы, ставить граничные условия, определять теоретически и экспериментально внутренние усилия, напряжения, деформации и перемещения в пластинах и оболочках.	Умение составлять расчетные схемы, ставить граничные условия, определять теоретически и экспериментально внутренние усилия, напряжения, деформации и перемещения в плитах и оболочках.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
Владеть навыками определения напряженно-деформированного состояния пластин и оболочек при различных воздействиях, использования теорий прочности, выбора конструктивных материалов и форм, обеспечивающих требуемые показатели надежности, безопасности, экономичности и эффективности сооружений с помощью теоретических методов и современных программно-вычислительных комплексов.	Владение навыками определения напряженно-деформированного состояния пластин и оболочек при различных воздействиях, использования теорий прочности, выбора конструктивных материалов и форм, обеспечивающих требуемые показатели надежности, безопасности, экономичности и эффективности сооружений с помощью теоретических методов и современных программно-вычислительных комплексов.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
УК-6	Знать основные понятия, принципы, положения и гипотезы теории расчета пластин и оболочек, методы и практические приемы расчета основных типов пластин и оболочек на прочность, жёсткость и устойчивость при различных силовых, деформационных и температурных воздействиях.	Экзаменационный билет с двумя вопросами	Полный ответ на оба вопроса	Полный ответ на один вопрос и неполный на второй	Неполный ответ на оба вопроса	Отсутствие ответов на оба вопроса билета
	Уметь грамотно составлять расчетные схемы, ставить граничные условия, определять теоретически и экспериментально внутренние усилия, напряжения, деформации и перемещения в пластинах и оболочках.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	Владеть навыками определения напряженно-деформированного состояния пластин и оболочек при различных воздействиях, использования теорий прочности, выбора конструкционных материалов и форм, обеспечивающих требуемые показатели надежности, безопасности, экономичности и эффективности сооружений с помощью теоретических методов и современных программно-вычислительных комплексов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------	------------------

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. К тонким относятся плиты, у которых отношение толщины  $h$  к минимальному размеру в плане  $a$  равно

1.  $\frac{h}{a} \leq \frac{1}{10}$ ; 2.  $\frac{1}{100} \leq \frac{h}{a} \leq \frac{1}{10}$ ; 3.  $\frac{1}{80} \leq \frac{h}{a} \leq \frac{1}{5}$ ; 4.  $\frac{1}{100} \leq \frac{h}{a} \leq \frac{1}{5}$ .

2. Тонкая плита считается жесткой, если отношение прогиба  $w$  к толщине  $h$  удовлетворяет условию

1.  $w/h \leq 0,1$ ; 2.  $w/h \leq 0,25$ ; 3.  $w/h \leq 0,5$ ; 4.  $w/h \leq 1$ .

3. Равенство нулю каких деформаций вытекает из гипотезы прямых нормалей?

1.  $\varepsilon_x = 0, \varepsilon_y = 0, \gamma_{xy} = 0$ ; 2.  $\varepsilon_z = 0, \varepsilon_y = 0, \gamma_{yz} = 0$ ; 3.  $\varepsilon_z = 0, \gamma_{xz} = 0, \gamma_{yz} = 0$ ;  
4.  $\varepsilon_x = 0, \varepsilon_y = 0, \gamma_{xy} = 0$ .

4. Какие внутренние усилия при изгибе тонкой жесткой плиты обращаются в ноль?

1. Продольные силы; 2. Поперечные силы; 3. Изгибающие моменты; 4. Крутящие моменты.

5. Какими напряжениями пренебрегаем при расчете тонких плит?

1.  $\sigma_x$ ; 2.  $\sigma_y$ ; 3.  $\sigma_z$ ; 4.  $\tau_{xz}$  и  $\tau_{yz}$ .

6. Из каких соотношений находятся выражения для напряжений  $\tau_{xz}$  и  $\tau_{yz}$ ?

1. Из закона Гука;
2. Из дифференциальных уравнений равновесия;
3. Из соотношений Коши;
4. Из уравнений Сен-Венана.

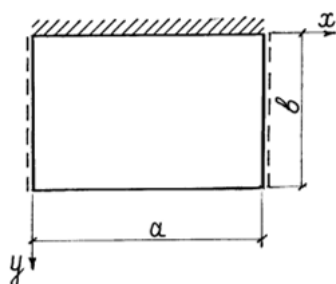
7. Как записывается уравнение Софи Жермен?

1.  $\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} = \frac{q}{D}$ ; 2.  $\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} - \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} = \frac{q}{D}$ ; 3.  $\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} = \frac{q}{D}$ ;  
 4)  $\frac{\partial^4 W}{\partial x^4} - 2 \frac{\partial^4 W}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 W}{\partial y^4} = \frac{q}{D}$ .

8 Цилиндрическая жесткость плиты определяется выражением

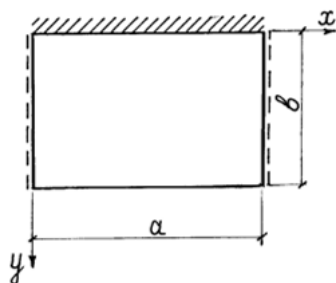
1.  $D = \frac{E \cdot h}{12 \cdot (1 - \nu)}$ ; 2.  $D = \frac{E \cdot h}{12(1 - \nu^2)}$ ; 3.  $D = \frac{E \cdot h^2}{12(1 + \nu^2)}$ ; 4.  $D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \nu^2)}$ .

9. На левом шарнирно опертом крае прямоугольной пластинки граничные условия имеют вид



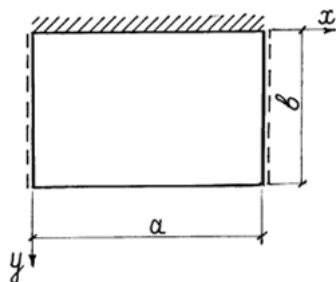
1.  $W = 0$  и  $\frac{\partial W}{\partial x} = 0$ ; 2.  $W = 0$  и  $\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} = 0$ ; 3.  $W = 0$  и  $\frac{\partial W}{\partial y} = 0$ ; 4.  $W = 0$  и  $\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} = 0$ .

10. На верхнем защемленном крае прямоугольной пластинки граничные условия имеют вид



1.  $W = 0$  и  $\frac{\partial W}{\partial x} = 0$ ; 2.  $W = 0$  и  $\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} = 0$ ; 3.  $W = 0$  и  $\frac{\partial W}{\partial y} = 0$ ; 4.  $W = 0$  и  $\frac{\partial^2 W}{\partial y^2} = 0$ .

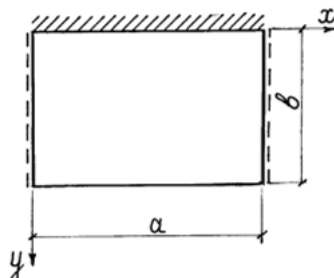
11. На нижнем свободном крае прямоугольной пластинки для получения граничных условий следует приравнять нулю





1. поперечную силу и прогиб.
2. поперечную силу, изгибающий и крутящий моменты.
3. обобщенную поперечную силу и изгибающий момент.
4. обобщенную поперечную силу, изгибающий и крутящий моменты.

**12.** Для расчета пластинки, показанной на рисунке, нельзя использовать



1. метод Леви;
2. метод Навье;
3. метод конечных разностей;
4. метод Бубнова-Галеркина

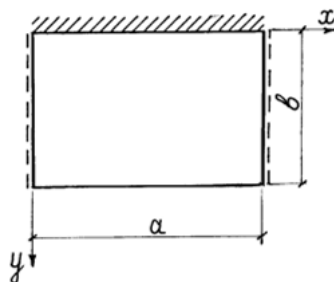
**13.** Метод Леви можно использовать для расчета прямоугольной плиты

1. края которой закреплены произвольно.
2. два края которой шарнирно оперты, а два других оперты произвольно.
3. все края которой защемлены.
4. два противоположных края которой шарнирно оперты, а два других шарнирно оперты, свободны или защемлены.

**14.** Метод Навье можно использовать для расчета прямоугольной плиты

1. края которой закреплены произвольно.
2. два края которой шарнирно оперты, а два других оперты произвольно.
3. все края которой шарнирно оперты.
4. два противоположных края которой шарнирно оперты, а два других шарнирно оперты, свободны или защемлены.

**15.** На каком крае плиты, показанной на рисунке, граничные условия являются чисто кинематическими?



1. Верхнем.
2. Нижнем.
3. Левом и правом.
4. На всех краях.

**16.** Какой из нижеперечисленных методов относится к вариационным методам?

1. Навье.
2. Леви.
3. Галеркина.
4. Метод конечных разностей.

**17.** К каким уравнениям сводится расчет плиты методом Галеркина?

1. К системе линейных алгебраических уравнений.
2. К системе нелинейных алгебраических уравнений.
3. К системе обыкновенных дифференциальных уравнений.

4. К системе дифференциальных уравнений в частных производных.

18. Пусть  $\varphi(x)$  дважды непрерывно дифференцируемая функция,  $h$  – малая величина. Какое выражение позволяет найти приближенное значение первой производной функции  $\varphi(x)$  в точке  $x_0$ ?

1.  $\varphi'(x_0) \approx \frac{\varphi(x_0+h) + \varphi(x_0)}{h}$ ; 2.  $\varphi'(x_0) \approx \frac{\varphi(x_0+h) - \varphi(x_0)}{2h}$ ;  
3.  $\varphi'(x_0) \approx \frac{\varphi(x_0+h) - \varphi(x_0-h)}{h}$ ; 4.  $\varphi'(x_0) \approx \frac{\varphi(x_0+h) - \varphi(x_0-h)}{2h}$ .

19. Пусть  $\varphi(x)$  дважды непрерывно дифференцируемая функция,  $h$  – малая величина. Какое выражение позволяет найти приближенное значение второй производной функции  $\varphi(x)$  в точке  $x_0$ ?

1.  $\varphi''(x_0) \approx \frac{\varphi(x_0+h) + \varphi(x_0) + \varphi(x_0-h)}{h^2}$ ; 2.  $\varphi''(x_0) \approx \frac{\varphi(x_0+h) - 2\varphi(x_0) + \varphi(x_0-h)}{h^2}$ ;  
3.  $\varphi''(x_0) \approx \frac{\varphi(x_0+h) + 2\varphi(x_0) + \varphi(x_0-h)}{h^2}$ ; 4.  $\varphi''(x_0) \approx \frac{\varphi(x_0+h) - 2\varphi(x_0) + \varphi(x_0-h)}{2h^2}$ .

20. Сколько независимых упругих постоянных имеется у ортотропного материала?

1. 3; 2. 6; 3. 9; 4. 12.

21. Как связаны отпор  $r$  и прогибы  $w$  в модели упругого основания Винклера?

1.  $r = k \cdot w$ ; 2.  $r = k \cdot w^2$ ; 3.  $r = k_1 \cdot w + k_2 \cdot w^2$ ; 4.  $r = k \cdot \ln(w)$ ,

22. Сколько неизвестных содержится в системе уравнений Кармана для расчета тонких гибких пластин?

1. 1; 2. 2; 3. 3; 4. 4.

23. При каком отношении толщины  $h$  к минимальному размеру в плане  $a$  плита относится к мембранам?

1.  $\frac{h}{a} < \frac{1}{20}$ ; 2.  $\frac{h}{a} < \frac{1}{50}$ ; 3.  $\frac{h}{a} < \frac{1}{80}$ ; 4.  $\frac{h}{a} < \frac{1}{100}$ .

24. Деформация наблюдается при кручении

1. стержней любого поперечного сечения.  
2. только при кручении тонкостенных стержней открытого профиля.  
3. только при кручении тонкостенных стержней замкнутого профиля.  
4. стержней некруглого поперечного сечения.

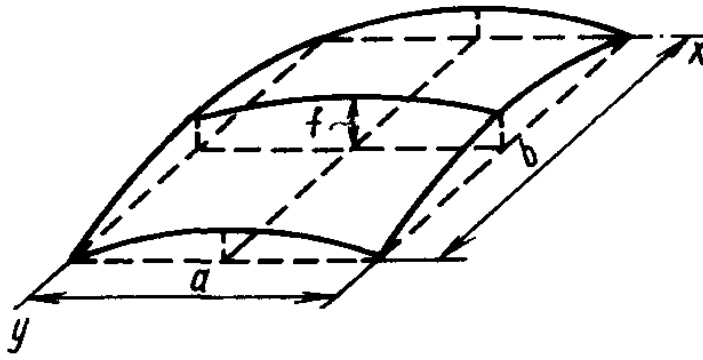
25. Пусть  $k_1$  и  $k_2$  главные кривизны поверхности. Гауссова кривизна определяется выражением

1.  $k_1 \cdot k_2$  2.  $k_1 + k_2$  3.  $k_1 - k_2$  4.  $k_1 / k_2$

26. В разных точках гиперболического параболоида Гауссова кривизна

1. положительна. 2. равна нулю. 3. отрицательна. 4. может иметь разный знак.

27. Приведенную на рисунке оболочку можно рассматривать как пологую, если



1.  $f/a < 0,5$ ;    2.  $f/a < 0,2$ ;    3.  $f/a < 0,8$ ;    4.  $f/a < 1$ .

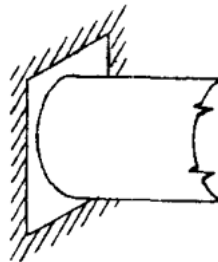
28. Секториальный статический момент имеет размерность

1.  $m^2$ ;    2.  $m^3$ ;    3.  $m^4$ ;    4.  $m^5$ .

29. Секториальная координата имеет размерность

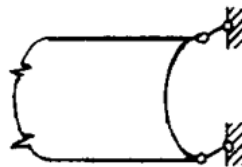
1.  $m$ ;    2.  $m^2$ ;    3.  $m^3$ ;    4.  $m^4$ .

30. В защемленном сечении тонкостенного стержня открытого профиля выполняются условия ( $\varphi$  – угол поворота поперечных сечений)



1.  $\varphi = 0$  и  $\varphi' = 0$ ;    2.  $\varphi = 0$  и  $\varphi'' = 0$ ;    3.  $\varphi = 0$  и  $\varphi''' = 0$ ;    4.  $\varphi' = 0$  и  $\varphi'' = 0$ .

31. В шарнирно опертом конечном сечении тонкостенного стержня открытого профиля выполняются условия ( $\varphi$  – угол поворота поперечных сечений)



1.  $\varphi = 0$  и  $\varphi' = 0$ ;    2.  $\varphi = 0$  и  $\varphi'' = 0$ ;    3.  $\varphi = 0$  и  $\varphi''' = 0$ ;    4.  $\varphi' = 0$  и  $\varphi'' = 0$ .

32. Изгибно-крутильная характеристика тонкостенного стержня открытого профиля определяется по формуле

1.  $k = \sqrt{\frac{GJ_{\omega}}{EJ_x}}$ ;    2.  $k = \sqrt{\frac{EJ_x}{GJ_{\omega}}}$ ;    3.  $k = \sqrt{\frac{EJ_{\omega}}{GJ_x}}$ ;    4.  $k = \sqrt{\frac{GJ_x}{EJ_{\omega}}}$ .

**33.** Уравнение Лапласа используется при расчете

1. пологих оболочек.
2. тонкостенных стержней.
3. тонкостенных сосудов.
4. тонких гибких плит.

**34.** Конструктор тонкостенных сечений в ПК Лира не позволяет построить эпюру

1. касательных напряжений при изгибе.
2. секториальных касательных напряжений.
3. нормальных напряжений при изгибе.
4. секториальных нормальных напряжений.

**35.** Сколько дифференциальных уравнений в частных производных описывают напряженно-деформированное состояние пологой оболочки?

1. 1;
2. 2;
3. 3;
4. 4.

**36.** Сколько уравнений используется для расчета тонкостенных сосудов по безмоментной теории?

1. 2;
2. 3;
3. 4;
4. 1.

**37.** Гауссова кривизна конической поверхности в разных точках

1. больше нуля.
2. меньше нуля.
3. равна нулю.
4. имеет разный знак.

**38.** Уравнение Лапласа для расчета тонкостенных сосудов имеет вид

1.  $\frac{\sigma_m}{\rho_m} \cdot \frac{\sigma_t}{\rho_t} = \frac{p}{\delta}$ ;
2.  $\frac{\sigma_m}{\rho_m} + \frac{\sigma_t}{\rho_t} = \frac{p}{\delta}$ ;
3.  $\frac{\sigma_m}{\rho_m} - \frac{\sigma_t}{\rho_t} = \frac{p}{\delta}$ ;
4.  $\sqrt{\frac{\sigma_m}{\rho_m} \cdot \frac{\sigma_t}{\rho_t}} = \frac{p}{\delta}$ .

**39.** У тонких оболочек отношение толщины  $h$  к наименьшему радиусу кривизны  $R$  срединной поверхности удовлетворяет условию

1.  $1/20 \geq h/R \geq 1/100$ ;
2.  $1/50 \geq h/R \geq 1/500$ ;
3.  $1/30 \geq h/R \geq 1/1000$ ;
4.  $1/10 \geq h/R \geq 1/1000$ .

**40.** Центром кручения называется точка, для которой

1. секториальный статический момент равен нулю.
2. секториальный момент инерции равен нулю.
3. секториальные центробежные моменты инерции равны нулю.
4. секториальный статический момент и секториальный момент инерции равны нулю.

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Получить выражения для перемещений и деформаций в точках тонкой жесткой плиты через прогиб.
2. Получить выражения для напряжений и внутренних усилий в точках тонкой жесткой плиты через прогиб.
3. Вывести уравнение Софи Жермен.
4. Записать граничные условия на шарнирно опертом крае прямоугольной тонкой жесткой плиты.
5. Записать граничные условия на защемленном крае прямоугольной тонкой жесткой плиты.
6. Записать граничные условия на свободном крае прямоугольной тонкой жесткой плиты.
7. Описать решение Навье для расчета прямоугольной тонкой жесткой плиты, шарнирно опертой по контуру.

8. Описать решение Леви для расчета прямоугольной тонкой жесткой плиты, два противоположных края которой шарнирно оперты.
9. Записать уравнение Софи Жермен для тонкой жесткой плиты, лежащей на упругом основании, при использовании модели упруго основания Винклера.
10. Получить шаблон для конечно-разностной аппроксимации бигармонического оператора.
11. Записать уравнение Лапласа для расчета тонкостенных резервуаров по безмоментной теории.
12. Записать уравнение равновесия отсеченной части тонкостенного резервуара для определения меридиональных напряжений по безмоментной теории.
13. Условия прочности и жесткости для тонкостенных стержней открытого профиля при свободном кручении.
14. Условия прочности и жесткости для тонкостенных стержней замкнутого профиля при свободном кручении.
15. Привести условия, при которых тонкостенные стержни испытывают стесненное кручение.
16. Получить выражение для депланации при свободном кручении тонкостенного стержня открытого профиля.
17. Построение эпюры секториальных координат при кручении тонкостенных стержней открытого профиля.
18. Определение секториальных характеристик поперечных сечений тонкостенных стержней открытого профиля.
19. Определение положения центра кручения для тонкостенного стержня открытого профиля.
20. Определение главных секториальных координат для поперечного сечения тонкостенного стержня открытого профиля.

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

При решении всех задач предполагается использование ЭВМ.

1. Расчет прямоугольной плиты, шарнирно опертой по контуру, на произвольную нагрузку методом Навье.
2. Расчет прямоугольной плиты, два противоположных края которой шарнирно оперты, а два других шарнирно оперты, защемлены или свободны, на произвольную нагрузку методом Леви.
3. Найти грузоподъемность прямоугольной плиты, шарнирно опертой по контуру, методом Навье.
4. Найти грузоподъемность прямоугольной плиты, два противоположных края которой шарнирно оперты, а два других шарнирно оперты, защемлены или свободны, методом Леви.
5. Выполнить расчет прямоугольной плиты, защемленной по контуру, на постоянную нагрузку методом Галеркина.
6. Рассчитать прямоугольную плиту на произвольную нагрузку методом конечных разностей.
7. Расчет сплошной круглой пластинки, шарнирно опертой по контуру.
8. Расчет сплошной круглой пластинки, защемленной по контуру.
9. Расчет кольцевой пластинки с защемленным наружным и свободным внутренним краями.
10. Расчет на несимметричный изгиб круглых пластин с использованием одинарных тригонометрических рядов.
11. Расчет цилиндрического резервуара с коническим днищем.
12. Расчет цилиндрического резервуара со сферическим днищем.
13. Определение положения центра кручения поперечного сечения тонкостенного стержня открытого профиля.
14. Построение эпюры главных секториальных координат поперечного сечения тонкостенного стержня открытого профиля.
15. Построение эпюр внутренних усилий в поперечных сечениях тонкостенного стержня открытого профиля при стесненном кручении.
16. Расчет прочности в поперечных сечениях тонкостенного стержня открытого профиля при стесненном кручении.
17. Нахождение секториальных характеристик поперечного сечения тонкостенного стержня открытого профиля с использованием модуля КТС ПК Лира.

18. Построение эпюр напряжений в поперечном сечении тонкостенного стержня открытого профиля при стесненном кручении с использованием модуля КТС ПК Лира.
19. Расчет тонкостенного стержня открытого профиля при стесненном кручении с помощью ПК Midas Civil.
20. Пример расчета полой оболочки.

#### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой

Виды тонкостенных элементов строительных конструкций.

1. Классификация плит. Общие термины, обозначения.
2. Теория изгиба тонких жестких плит: основные допущения (гипотезы Кирхгофа–Лява).
3. Выражения параметров напряженно-деформированного состояния пластины через прогиб.
4. Внутренние усилия в плите и их выражения через прогиб.
5. Уравнение Софи Жермен.
6. Цилиндрический изгиб пластины.
7. Чистый изгиб пластины.
8. Расчет пластины с эллиптическим жестко закрепленным контуром.
9. Прямоугольные изотропные плиты. Граничные условия.
10. Расчет прямоугольных плит. Решение Навье.
11. Решение Навье при загрузке пластины равномерно распределенной нагрузкой.
12. Решение Навье при загрузке пластины сосредоточенной силой.
13. Расчет прямоугольных плит. Решение Леви.
14. Круглые и кольцевые пластины. Осесимметричная деформация.
15. Расчет сплошной шарнирно опертой по контуру круглой пластины, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой.
16. Расчет сплошной защемленной по контуру круглой пластинки, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой.
17. Расчет кольцевой пластинки, с защемленным внешним и свободным внутренним краями.
18. Расчет прямоугольной плиты методом конечных разностей. Шаблон для уравнения Софи-Жермен.
19. Расчет прямоугольной плиты методом конечных разностей. Шаблоны для граничных условий.
20. Расчет прямоугольной плиты методом конечных разностей. Шаблоны для внутренних усилий.
21. Ортотропные плиты.
22. Свободное кручение тонкостенных стержней. Условия прочности и жесткости. Дифференциальное уравнение для углов закручивания
23. Тонкостенные стержни. Деформация.
24. Деформация поперечного сечения тонкостенного стержня открытого профиля при свободном кручении и ее выражение через угол закручивания.
25. Секториальные характеристики. Центр кручения (изгиба). Главные секториальные координаты.
26. Основные допущения теории В.З. Власова расчета на стесненное кручение тон-

- костенных стержней открытого профиля.
27. Определение нормальных и касательных напряжений. Бимомент, изгибно-крутильный момент.
  28. Дифференциальное уравнение для углов закручивания при стесненном кручении и его общее решение методом начальных параметров.
  29. Граничные условия. Определение начальных параметров.
  30. Понятие о расчете тонких гибких пластин. Уравнения Кармана.
  31. Пример расчета тонкой гибкой пластины.
  32. Классификация оболочек.
  33. Основные понятия теории оболочек. Срединная поверхность. Нормаль к поверхности в данной точке. Нормальное сечение. Центр кривизны и радиус кривизны. Классификация поверхностей по Гауссовой кривизне.
  34. Координатные линии на срединной поверхности. Коэффициенты квадратичных форм.
  35. Перемещения и деформации. Допущения Кирхгофа-Лява для описания деформированного состояния оболочек.
  36. Напряжения и внутренние усилия в сечениях оболочки. Виды напряженного состояния.
  37. Безмоментная теория расчета оболочек. Осесимметричное нагружение оболочек вращения. Уравнения равновесия.
  38. Условия равновесия отсеченной части оболочки. Порядок определения усилий. Условия реализации безмоментного состояния.
  39. Пологие оболочки. Деформации пологой оболочки.
  40. Уравнения равновесия пологой оболочки.
  41. Разрешающая система уравнений пологой оболочки.
  42. Граничные условия.
  43. Пример расчета пологой оболочки.
  44. Полубезмоментная теория расчета цилиндрических оболочек и складок. Кинематические допущения В.З. Власова. Особенности очертания эпюры нормальных напряжений.
  45. Общие принципы формирования первой группы уравнений при расчете складок.
  46. Выбор основной системы при расчете складок. Канонические уравнения и их преобразование.
  47. Метод решения канонических уравнений при расчете складок.

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачет с оценкой проводится по экзаменационным билетам. В каждом билете содержатся два вопроса (из раздела 7.2.5) и задача (из разделов 7.2.2 и 7.2.3). Дополнительно задаются 3 тестовых вопроса (см. раздел 7.2.1).

Полный ответ на каждый вопрос билета оценивается в 4 балла, неполный ответ – в 2 балла. Решение задачи оценивается количеством баллов от 0 до 3 в зависимости от полноты решения. Каждый верный ответ на тестовый вопрос оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 14.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал

менее 5 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 5 до 7 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 8 до 11 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 12 до 14 баллов.

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные соотношения технической теории расчета плит.	УК-6	Тест, выполнение домашних заданий. Решение задач на ЭВМ. Зачет.
2	Аналитические методы расчета плит	УК-6	Тест, выполнение домашних заданий. Решение задач на ЭВМ. Зачет.
3	Численные методы расчета плит.	УК-6	Тест, выполнение домашних заданий. Решение задач на ЭВМ. Зачет.
4	Изгиб круглых пластин.	УК-6	Тест, выполнение домашних заданий. Решение задач на ЭВМ. Зачет.
5	Ортотропные плиты, плиты на упругом основании	УК-6	Тест, выполнение домашних заданий. Решение задач на ЭВМ. Зачет.
6	Тонкие гибкие пластины.	УК-6	Тест, выполнение домашних заданий. Решение задач на ЭВМ. Зачет.
8	Основные понятия теории тонких оболочек.	УК-6	Тест, выполнение домашних заданий. Решение задач на ЭВМ. Зачет.
9	Безмоментная теория оболочек вращения	УК-6	Тест, выполнение домашних заданий. Решение задач на ЭВМ. Зачет.
10	Кручение тонкостенных стержней.	УК-6	Тест, выполнение домашних заданий. Решение задач на ЭВМ. Зачет.
11	Пологие оболочки/	УК-6	Тест, выполнение домашних заданий. Решение задач на ЭВМ. Зачет.
12	Полубезмоментная теория оболочек вращения.	УК-6	Тест, выполнение домашних заданий. Решение задач на ЭВМ. Зачет.

### 7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.



Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерных программ на ЭВМ, либо на бумажном носителе. Время решения задач 40 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8. УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **8.1.1. Основная литература:**

1. **Петров, В. В.** Теория расчета пластин и оболочек [Текст] : учебник. - Москва : Издательство АСВ, 2018. - 409 с. : ил. - Библиогр.: с. 408-409 (26 назв.). - ISBN 978-5-4323-0242-7 : 1434-11.
2. **Горшков, А.А.** Основы теории упругих тонких оболочек [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Горшков А.А., Астахова А.Я., Цыбин Н.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016.— 231 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/49872.html> .— ЭБС «IPRbooks».
3. Изгиб прямоугольных пластин : Учебное пособие / Иванов С. П. - Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, Поволжский государственный технологический университет, ЭБС АСВ, 2011. - 96 с. - ISBN 978-5-8158-0843-0.  
URL: <http://www.iprbookshop.ru/22572.html>

#### **8.1.2. Дополнительная литература:**

1. **Атаров, Н. М.** Расчет кольцевых пластин с помощью электронных таблиц Microsoft Excel : Учебное пособие / Атаров Н. М. - Москва : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. - 72 с. - ISBN 978-5-7264-1004-3.  
URL: <http://www.iprbookshop.ru/30443.html>
2. **Резунов А. В., Куликова Ю. Н.** Исследование напряженно-деформированного состояния прямоугольной плиты при произвольном нагружении и различных способах опирания краев с использованием решения Леви. – А. В. Резунов, Ю. Н. Куликова. – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019615169 от 19 апреля 2019  
<http://www1.fips.ru/ofpstorage/Doc/PrEVM/RUNWPR/000/002/019/615/169/2019615169-00001/DOCUMENT.PDF>

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

Лицензионное программное обеспечение:

1. LibreOffice.
2. Microsoft Office Outlook 2013/2007.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

3. <http://www.edu.ru/> .
4. Образовательный портал ВГТУ.

Информационные справочные системы:

5. <http://window.edu.ru> Бесплатная электронная библиотека онлайн "Единое окно к образовательным ресурсам"
6. <https://wiki.cchgeu.ru/> Информационно-вспомогательный портал для преподавателей и студентов.
7. <https://cchgeu.ru/education/cafedras/kafsm/?docs>. Учебно-методические разработки кафедры строительной механики.

**9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Требования к условиям реализации дисциплины

№ п/п	Вид аудиторного фонда	Требования
1	Лекционная аудитория	Аудитория должна быть оборудована как обычной доской, так и техническими средствами для реализации мультимедийной технологии проведения лекции (проектор, экран, или интерактивная доска, Note-book.
2	Компьютерные классы	Оснащение специализированной учебной мебелью. Оснащение техническими средствами обучения: ПК с возможностью подключения к локальным сетям и Интернету. Наличие ВТ из расчёта один ПК на одного студента.
3	Аудитория для практических занятий	Аудитория должна быть оборудована как обычной доской, так и техническими средствами для реализации мультимедийной технологии проведения практических занятий (проектор, экран, или интерактивная доска, Note-book, или другой ПК).

Перечень материально-технического обеспечения дисциплины:

№ п/п	Вид и наименование оборудования	Вид занятий	Краткая характеристика
1	IBM PC совместимые персональные компьютеры.	Практические занятия.	Процессор серии не ниже Pentium IV. Оперативная память не менее 2 Гбайт. ПК должны быть объединены локальной сетью с выходом в Интернет.
2	Мультимедийные средства.	Лекционные занятия.	Мультимедиа-проектор, компьютер, оснащенный программой PowerPoint и экран для демонстрации электронных презентаций.
3	Учебно-наглядные пособия.	Лекционные и практические занятия	Плакаты, наглядные пособия, иллюстрационный материал.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Теория расчета пластин и оболочек» читаются лекции, проводятся практические занятия.


Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета пластин и оболочек на прочность, жесткость и устойчивость. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспек-

занятие	том лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.1 в части состава используемого перечня учебной литературы (основной и дополнительной), необходимой для усвоения дисциплины	31.08.2021	
2	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2021	