

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(КазГАСУ)



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

И.Э.Вильданов

2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.02.02 «Методы расчета пластин и оболочек»**

**Направление подготовки**  
**08.04.01 СТРОИТЕЛЬСТВО**

**Направленность (профиль)**  
**«Теоретические основы и практические методы расчета строительных конструкций»**

**Квалификация выпускника**  
**МАГИСТР**

**Форма обучения**  
**Очная**

**Год набора 2017, 2018**

**Кафедра**  
**Механики**

г. Казань - 2018 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 08.04.01 Строительство, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от “30” октября 2014 г. №1419 и рабочим учебным планом КазГАСУ.

Разработали:

д.ф.м.н., проф. Каюмов Р.А.

к.ф.м.н. Мухамедова И.З.

Рассмотрена и одобрена на заседании  
кафедры механики

“01” 06 2018 г.

Протокол № 4

Заведующий кафедрой

  
(подпись)

/ Низамеев В.Г. /

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методической комиссии

Института строительства

“22” 06 2018 г.

Протокол № 2

  
(подпись)

/ Исаяев А.В. /

Руководитель ОПОП

  
(подпись)

/ Каюмов Р. А. /

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Методы расчета пластин и оболочек» относится к дисциплинам по выбору вариативной части Блока 1 «Дисциплины» рабочего учебного плана образовательной программы направления подготовки 08.04.01 Строительство направленности (профиля) подготовки « Теоретические основы и практические методы расчета строительных конструкций» .

<p>Дисциплина «Методы расчета пластин и оболочек»  место дисциплины – дисциплина по выбору вариативная часть Блока 1 Дисциплины,  трудоёмкость - 5 ЗЕ/180 часов  форма промежуточной аттестации – курсовая работа, экзамен</p>	
<p>Цель освоения дисциплины</p>	<p>- углубление у обучающихся уровня освоения компетенций в области решения задач, связанных с расчетом строительных конструкций</p>
<p>Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины</p>	<p>– способностью разрабатывать физические и математические (компьютерные) модели явлений и объектов, относящихся к профилю деятельности (ПК-7)</p>
<p>Знания, умения и навыки, получаемые в процессе освоения дисциплины</p>	<p><b>Знать:</b>  –естественнонаучные основы (законы) поведения пластин и оболочек, законы связи между напряженным и деформированным состояниями.  <b>Уметь:</b>  – выбирать модели поведения тонкостенных элементов конструкций в виде пластин и оболочек в зависимости от условий работы при проверке прочности, жесткости и устойчивости сооружений.  <b>Владеть:</b>  –методами составления полной системы разрешающих уравнений для выбранной модели поведения элементов конструкций в виде пластин и оболочек в зависимости от условий работы.</p>
<p>Краткая характеристика дисциплины (основные блоки и темы)</p>	<p><i>Раздел 1. Теория и методы расчета жестких пластин.</i>  1. Предмет и задачи теории пластин и оболочек. Гипотезы Кирхгофа-Лява. Перемещения, деформации и напряжения в пластине. Дифференциальное уравнение изгиба пластины  2. Пластины на упругом основании. Пластины под воздействием сосредоточенных сил. Краевые условия для пластин. Точные решения задач изгиба пластин.  3. Уравнение изгиба пластин в полярной системе координат. Круглые пластины. Осесимметричная деформация.  4. Методы Бубнова –Галеркина (решение в двойных тригонометрических рядах), простых и переопределенных коллокаций, метод Ритца, метод Контровича-Власова, численные методы (МКР и МКЭ).  <i>Раздел 2. Теория и методы расчета тонких оболочек.</i>  1. Основные понятия и гипотезы, деформации, напряжения и внутренние усилия в тонких оболочках.  2. Пологая оболочка. Уравнения равновесия. Разрешающая система уравнений.  3. Моментная и безмоментная теории оболочек. Условия их существования в оболочке.  4. Метод разделения напряженного состояния на безмоментное состояние и краевой эффект. Полубезмоментная теория оболочек.  5. Методы Бубнова –Галеркина, простых и переопределенных коллокаций, метод Ритца. Метод Контровича-Власова, численные методы (МКР и МКЭ).</p>



## ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Методы расчета пластин и оболочек» является: углубление у обучающихся уровня освоения компетенций в области решения задач, связанных с расчетом строительных конструкций.

### 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

В результате освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (далее – ОПОП ВО) магистратуры по направлению подготовки 08.04.01 Строительство, направленность (профиль) подготовки «Теоретические основы и практические методы расчета строительных конструкций» обучающийся должен овладеть следующими результатами по дисциплине «Методы расчета пластин и оболочек» (таблица 1.1):

Код компетенции	Результаты освоения ОПОП Содержание компетенций (в соответствии с ФГОС ВО)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-7	Способностью разрабатывать физические и математические (компьютерные) модели явлений и объектов, относящихся к профилю деятельности	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– естественнаучные основы (законы) поведения пластин и оболочек, законы связи между напряженным и деформированным состояниями.</li></ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– выбирать модели поведения тонкостенных элементов конструкций в виде пластин и оболочек в зависимости от условий работы при проверке прочности, жесткости и устойчивости сооружений.</li></ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– методами составления полной системы разрешающих уравнений для выбранной модели поведения элементов конструкций в виде пластин и оболочек в зависимости от условий работы.</li></ul>

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Методы расчета пластин и оболочек» относится к обязательным дисциплинам по выбору вариативной части Блока 1 «Дисциплины» рабочего учебного плана образовательной программы направления подготовки 08.04.01 Строительство направленности (профиля) подготовки «Теоретические основы и практические методы расчета строительных конструкций».

Для освоения данной дисциплины необходимы умения, знания и навыки в области физики, математики, информатики, механики, сопротивления материалов, численные методы расчета строительных конструкций

Дисциплина является предшествующей и необходима для успешного освоения последующих дисциплин: Теория предельного равновесия в расчетах строительных конструкций, Механика тонкостенных конструкций: история, диагностика, лечение, Нелинейные задачи строительной механики.

Изучается в 3-м семестре при очной форме обучения.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 академических часов.

Распределение объема дисциплины по семестрам и видам занятий, а также часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся в соответствии с рабочим учебным планом представлено в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Объем дисциплины по видам учебной работы (в академ. часах)

Вид учебной работы	Очная форма		
	Распределение часов	Се-местр 3	Объем контактной работы
<b>Аудиторные занятия (всего) в том числе</b>	<b>54</b>	<b>54</b>	<b>54</b>
- лекции ( Л )	18	18	18
- лабораторные занятия ( ЛЗ )	-	-	-
- практические занятия ( ПЗ )	36	36	36
<b>Самостоятельная работа (всего), в том числе:</b>	<b>126</b>	<b>126</b>	<b>4</b>
- по разделу "К"	36	36	2
- курсовая работа (КР)	36	3/36	
- по разделу "Р"	30	30	1
- реферат (РФ.)	10	10	-
- расчетно-графическая работа (РГР)	20	20	-
- по разделу "Т"	60	60	
- самостоятельное изучение разделов, - проработка и повторение лекционного материала, чтение учебников, дополнительной литературы, работа со справочниками, ознакомление с нормативными и методическими документами, - подготовка к практическим занятиям; - другие виды самостоятельной работы;	24	24	
- подготовка к зачету/экзамену	36	36	
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Экз.</b>	<b>Экз.</b>	<b>1</b>
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>часы</b>	<b>180</b>	<b>58</b>
	<b>зачётные единицы</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Таблица 4.1. Содержание занятий лекционного типа для очной формы обучения

Номер раздела	Наименование темы лекционного занятия, краткое содержание	Объем, акад. часы
Раздел 1	<b>Тема 1:</b> Предмет и задачи теории пластин и оболочек. Гипотезы Кирхгоффа-Лява. Перемещения, деформации и напряжения в пластине. Дифференциальное уравнение изгиба пластины	2
	<b>Тема 2:</b> Пластины на упругом основании. Пластины под воздействием сосредоточенных сил. Краевые условия для пластин. Точные решения задач изгиба пластин.	2
	<b>Тема 3</b> Уравнение изгиба пластин в полярной системе координат. Круглые пластины. Осесимметричная деформация..	2
	<b>Тема 4:</b> Методы Бубнова –Галеркина (решение в двойных тригонометрических рядах), простых и переопределенных коллокаций, метод Ритца, метод Конторовича-Власова, численные методы (МКР и МКЭ)..	2
Раздел 2	<b>Тема 5.:</b> Основные понятия и гипотезы, деформации, напряжения и внутренние усилия в тонких оболочках	2
	<b>Тема 6:</b> Пологая оболочка. Уравнения равновесия. Разрешающая система уравнений.	2
	<b>Тема 7:</b> Моментная и безмоментная теории оболочек. Условия их существования в оболочке	2
	<b>Тема 8:</b> Метод разделения напряженного состояния на безмоментное состояние и краевой эффект. Полубезмоментная теория оболочек	2
	<b>Тема 9:</b> Методы Бубнова –Галеркина, простых и переопределенных коллокаций, метод Ритца. Метод Конторовича-Власова, численные методы (МКР и МКЭ).	2
	<b>ИТОГО</b>	18



#### 4.2. Лабораторные занятия

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

Таблица 4.3 Практические занятия для очной формы обучения

Номер раздела (темы)	Тема и содержание практического занятия	Объем, акад. часы
1	ПЗ 1-2 Использование точных решений теории изгиба пластин. Метод двойных тригонометрических рядов	4
	ПЗ 3-4 Методы коллокаций. Метод Бубнова-Галеркина	4
	ПЗ 5-6 Метод Ритца. Метод конечных разностей	4
	ПЗ 7-8 Пластины на упругом основании. Пластины под воздействием сосредоточенных сил	4
	ПЗ 9-10 Расчет цилиндрических оболочек при осесимметричной деформации по безмоментной теории	4
2	ПЗ 11-12 Расчет цилиндрических оболочек при осесимметричной деформации по безмоментной теории. Расчет куполов при осесимметричной деформации по безмоментной теории	4
	ПЗ 13-14 Расчет цилиндрических оболочек при осесимметричной деформации при наличии краевого эффекта. Расчет куполов при осесимметричной деформации при наличии краевого эффекта	4
	Расчет оболочек методом Ритца. Расчет оболочек методом конечных разностей.	4
	ПЗ 17-18 Расчет оболочек методом простых и переопределенных коллокаций. Расчет оболочек методом Ритца. Расчет оболочек методом конечных разностей.	4
<b>ИТОГО</b>		<b>36</b>

Таблица 4.4 Самостоятельная работа студента для очной формы обучения

Номер раздела (темы)	Вид самостоятельной работы студента	Название (содержание работы)	Объем, акад. часы
<b>по разделу “К – индивидуальная работа”</b>			36
Разделы 1-2	Самостоятельная работа над выполнением курсовой работы	Согласно индивидуальному заданию	36
<b>по разделу “Р – индивидуальная работа”</b>			30
Раздел 1	Расчетно-графическая работа	Согласно индивидуальному заданию	20
Раздел 2	Реферат	Согласно индивидуальному заданию	10
<b>по разделу “Т – текущая работа”</b>			60
Разделы 1-2	Изучение лекционного материала	Осмысление и закрепление теоретического материала в соответствии с содержанием лекционных и практических занятий	12

Разделы 1-2	Самостоятельное изучение теоретического материала	Самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы, поиск и сбор информации по дисциплине в периодических печатных и интернет-изданиях, на официальных сайтах.	12
Разделы 1-2	Подготовка к сдаче экзамена	Повторение и закрепление изученного материала	36
<b>ИТОГО</b>			<b>126</b>

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 5.1. Виды и формы контроля по дисциплине

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных навыков (владений) осуществляется в рамках текущего и промежуточного контроля в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в КГАСУ.

Текущий контроль освоения компетенций по дисциплине проводится при изучении теоретического материала, выполнении заданий на практических занятиях в форме расчетно-графических работ и решении курсовых задач. Текущему контролю подлежат посещаемость студентами аудиторных занятий и работа на занятиях.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения) по дисциплине «Методы расчета пластин и оболочек» являются промежуточные аттестации в форме экзамена, проводимого с учетом результатов текущего контроля в 3 семестре.

**Таблица 5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине**

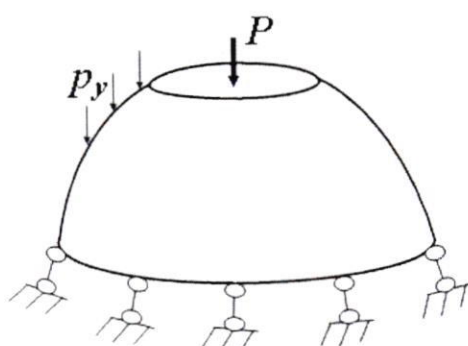
№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства	
			Наименование оценочного средства*	Количество заданий или вариантов
1.	Разделы 1, 2	ПК-7	КР	1 задание, 16 вар.
2.	Разделы 1, 2	ПК-7	РГР	1 задание, 16 вар.
3.	Разделы 1, 2	ПК-7	Реферат	16 тем
4.	Все разделы	ПК-7	Экзамен	16 билетов по 3 вопроса

\* Примечание: КР – курсовая работа, РГР – расчетно-графическая работа

### 5.2. Типовые задания и материалы для оценки сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины

#### 5.2.1. Оценочные средства для проведения текущей аттестации

##### 5.2.1.1. Варианты расчетно-графических работ



#### **Задача №1**

Дана расчетная схема бетонной оболочки постоянной толщины  $h$  с условиями опирания, которые обеспечивают наиболее рациональный вариант напряженного безмоментного состояния.

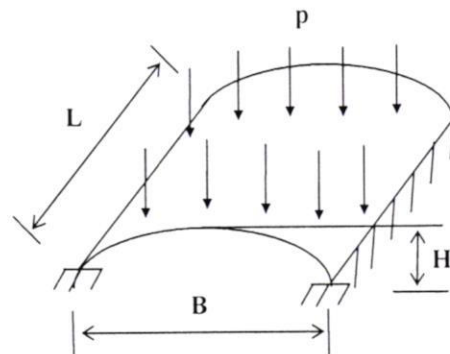


Дано:  $R_0 = 11\text{ м}$ ,  $r_0 = 4\text{ м}$ ,  $h = 22\text{ см}$ ,  $p_y = 0.014\text{ МПа}$ ,  $P = 0.3\text{ МН}$ .

Уравнение меридиана описывается полиномом третьего порядка:  $f = a \cdot (x - R_0)^3 + b \cdot (x - R_0)^2 + c \cdot (x - R_0)$ , где  $a = 0.015\text{ 1/м}^2$ ,  $b = 0.022\text{ м}$ ,  $c = -2$ . Поверхностная нагрузка  $p_y$  (весовая суммарно со снеговой) считается постоянной. На крышку оболочки (перекрытие) действует суммарная нагрузка  $P$ . Требуется проверить прочность конструкции. Расчет проводить по безмоментной теории.

### Задача №2

Найти критическую нагрузку  $L = 20\text{ м}$   $H = 4\text{ м}$   $B = 10\text{ м}$   $t = 0,08\text{ м}$   $E = 2000\text{ МН/м}^2$



#### Варианты тем реферативных работ

1. Расчет цилиндрических оболочек при осесимметричной деформации при наличии краевого эффекта.
2. Использование точных решений теории изгиба пластин.

#### 5.2.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация в 3 семестре проводится также в виде экзамена на основе выполнения расчетно-графической работы, реферата, курсовой работы и ответов на поставленные в билете вопросы.

##### 5.2.2.1. Примерная тематика курсовой работы

«Решение плоской задачи теории упругости методом коллокаций»

Балка-стенка нагружена по граням поверхностными нагрузками,  $p_x^{(1)}, p_y^{(1)}, p_x^{(2)}, p_y^{(2)}, p_x^{(3)}, p_y^{(3)}$ , как показано на рис.1. Согласно шифру, выданному каждому студенту преподавателем, для заданной расчетной схемы с исходными данными из Таблицы требуется найти из уравнений равновесия поле напряжений  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ , нарисовать их эпюры в сечениях  $y = 0, y = h/2, y = h$ , и проверить прочность конструкции.

Таблица

№	А		Б	В	Г	А	Б	В	Г
	$h$ , м	$b$ , м	$k_{03}$ , МН/м <sup>3</sup>	$k_{02}$ , МН/м <sup>2</sup>	$k_{12}$ , МН/м <sup>3</sup>	$k_{30}$ , МН/м <sup>3</sup>	$k_{20}$ , МН/м <sup>2</sup>	$k_{21}$ , МН/м <sup>3</sup>	$k_{11}$ , МН/м <sup>2</sup>
1	5	3	-0.1	-0.3	0	0.2	0.5	0	0.2
2	6	3	0	0.1	0.2	0.3	0	0.4	0
3	5	4	0	-0.2	0.1	0	0.2	0.1	-0.1
4	7	5	0.5	0.4	0.3	0	0.2	0.1	0
5	5	4	0.1	0	0	0.2	0.1	0.1	0.2

6	8	6	0.3	0.3	0.2	0.2	0	0	0.1
7	4	3	0	0.1	-0.3	-0.1	0	-0.1	0
8	7	6	0.	0.2	0.	0.3	0.2	0.2	0.1
9	6	4	0.4	0.3	0.2	0.1	-0.1	0.	0

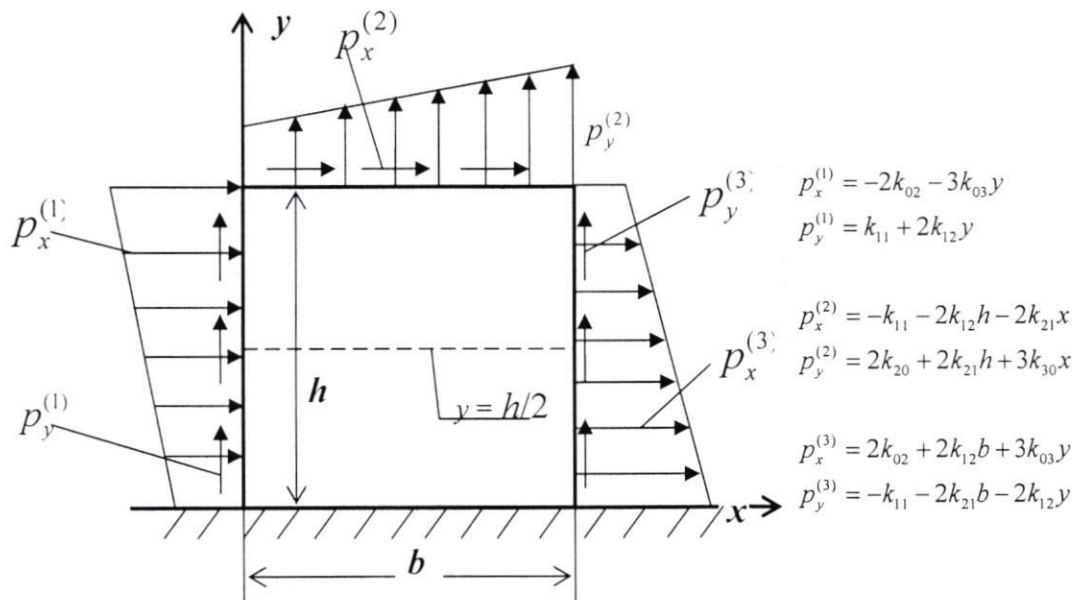


Рис.1

### 5.2.2.2 Примерный перечень основных вопросов к экзамену

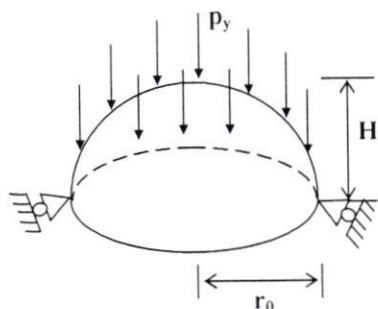
1. Уравнения равновесия внутреннего малого элемента тела.
2. Обобщенный закон Гука. Плоское напряженное состояние, объекты, в которых оно реализуется.
3. Гипотезы Кирхгоффа-Лява теории изгиба жестких пластин, противоречия этих гипотез
4. Особенность напряженного состояния (малость поперечных напряжений по сравнению с тангенциальными), ее использование для упрощения закона Гука
5. Выражения для деформаций и напряжений через прогиб пластины. Уравнение равновесия (уравнение Софи-Жермен) малого элемента пластины.
6. Точное решение теории пластин для защемленной эллиптической пластины
7. Точное решение теории пластин для свободно опертой прямоугольной пластины
8. Метод Бубнова-Галеркина (решение Навье) для прямоугольной свободно опертой пластины.
9. Плиты под действием сосредоточенных сил.
10. Плиты на упругом основании, плиты, опирающиеся на упругую сваю.
11. Статическая и кинематическая теоремы теории предельного равновесия. Предельный момент для однородной ж.б. плиты и его применение на примере балки.
12. Суть кинематического метода на примере расчета плиты с использованием механизма «конверт».
13. Уравнения равновесия безмоментной оболочки (купола): Уравнение Лапласа и уравнение для верхней части купола
14. Понятие краевого эффекта на примере цилиндрической оболочки.
15. Устойчивость пластин: уравнение для критических напряжений, как оно решается.

16. Устойчивость полой цилиндрической панели (арки) и трубы.
17. Вывод формулы для  $\tau$  и для  $\varphi$  при кручении пластины
18. Устойчивость плоской формы при изгибе балки (вывод формулы для критического момента, приложенного к консольной балке)
19. Вывод уравнения равновесия элемента полой оболочки (обобщение уравнения Софи-Жермен)
20. Вывод уравнения совместности деформаций элемента полой оболочки (выраженного через функцию напряжений  $\Phi$ )

### Примеры экзаменационных билетов

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ ЛИСТ № 1

1. Плиты под действием сосредоточенных сил.
2. Вывод уравнения совместности деформаций элемента полой оболочки (выраженного через функцию напряжений  $\Phi$ )
3. Задача



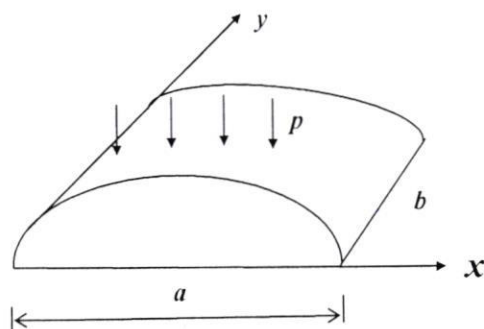
Проверить прочность оболочки  
 $R = 16 \text{ м}$   $r_0 = 0,7 R$   $t = 0,1 \text{ м}$   
 $R_{bt} = 2 \text{ МН/м}^2$   $R_b = 40 \text{ МН/м}^2$   $P_y = 0,4 \text{ МН}$   
 $H = 0,5 R$   $A = 2\pi RH$

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ ЛИСТ № 2

1. Точное решение теории пластин для свободно опертой прямоугольной пластины.
2. Вывод уравнения равновесия элемента полой оболочки (обобщение уравнения Софи-Жермен)
3. Задача.

Для шарнирно опертой цилиндрической панели найти прогиб в центре

$$(p = p_0 \sin(\pi x/a) \sin(\pi y/b), \quad p_0 = 10^{-2} \text{ МН/м}^2, \quad p_x = 0, \quad p_y = 0, \quad p_{xy} = 0, \quad a = 5 \text{ м}, \quad b = 4 \text{ м}, \\ h = 0,03 \text{ м}, \quad R = 20 \text{ м}, \quad E = 40000 \text{ МН/м}^2, \quad \nu = 0)$$





### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ ЛИСТ № 3

1. Уравнения равновесия внутреннего малого элемента тела.
2. Устойчивость пологой цилиндрической панели (арки) и трубы.
3. Задача.

Для шарнирно опертой пологой сферической оболочки найти критическое давление

$P_y$ ,  
 ( $a=0.5\text{ м}$ ,  $b=1.2\text{ м}$ ,  $h=0.05\text{ м}$ ,  $R=3\text{ м}$ ,  $E=40000\text{ Мн/м}^2$ ,  $\nu=0$ )

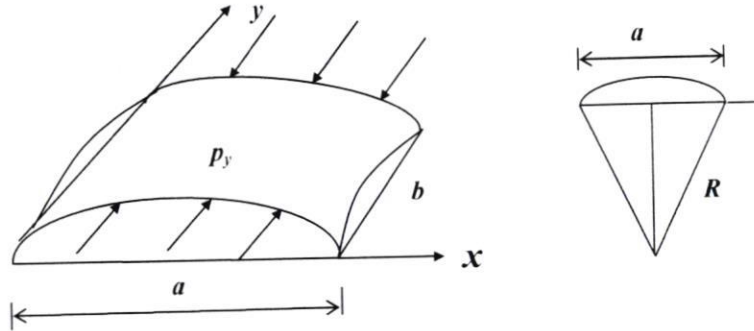
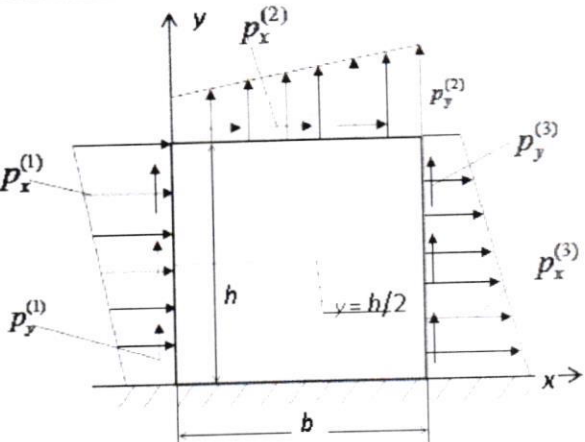


Таблица 5.2 Типовые задания для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Контролируемые результаты освоения компетенции (или ее части)	Формулировка типового контрольного задания или иного материала, необходимого для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности
Код и наименование компетенции ПК-7 способностью разрабатывать физические и математические (компьютерные) модели явлений и объектов, относящихся к профилю деятельности	
Знать: естественнонаучные основы (законы) поведения пластин и оболочек, законы связи между напряженным и деформированным состояниями.	Обобщенный закон Гука. Плоское напряженное состояние, объекты, в которых оно реализуется
Уметь: выбирать модели поведения тонкостенных элементов конструкций в виде пластин и оболочек в зависимости от условий работы при проверке прочности, жесткости и устойчивости сооружений.  Владеть: методами составления полной системы разрешающих уравнений для выбранной модели поведения элементов конструкций в виде пластин и оболочек в зависимости от условий работы.	1. Метод Бубнова-Галеркина (решение Навье) для прямоугольной свободно опертой пластины.  2. Провести расчет на прочность бетонной балки стенки нагруженной по граням поверхностными нагрузками:  $h=5\text{ м}$ , $b=3\text{ м}$ , $k_{11}=0.3\text{ Мн/м}^2$ , $k_{02}=-0.2\text{ Мн/м}^2$ , $k_{03}=0.1\text{ Мн/м}^3$ , $k_{12}=0.4\text{ Мн/м}^3$ , $k_{21}=0\text{ Мн/м}^3$ , $k_{20}=0.3\text{ Мн/м}^2$

Контролируемые результаты освоения компетенции (или ее части)	Формулировка типового контрольного задания или иного материала, необходимого для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности
	 $p_x^{(1)} = -2k_{02} - 3k_{03}y$ $p_y^{(1)} = k_{11} + 2k_{12}y$ $p_x^{(2)} = -k_{11} - 2k_{12}h - 2k_{21}x$ $p_y^{(2)} = 2k_{20} + 2k_{21}h + 3k_{30}x$ $p_x^{(3)} = 2k_{02} + 2k_{12}b + 3k_{03}y$ $p_y^{(3)} = -k_{11} - 2k_{21}b - 2k_{12}y$

### 5.2.3. Критерии оценивания уровня сформированности компетенций

Оценка результатов обучения по дисциплине «Методы расчета пластин и оболочек» по уровню сформированности компонентов знать, уметь, владеть и заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале, и оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля на экзамене считается, что полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной дисциплины.

Таблица 5.3. Шкала оценивания экзамена

Оценка	Уровень освоения компетенций	Критерии оценивания
«отлично»	высокий уровень	Обучающийся показал всесторонние, систематизированные, глубокие знания программы дисциплины, умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов расчетов пластин и оболочек.
«хорошо»	повышенный уровень	Обучающийся показал прочные знания основных разделов программы дисциплины, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, но допустил не критичные неточности в ответе и решении задач расчета элементов конструкций
«удовлетво-	пороговый уровень	Обучающийся показал фрагментарный, разрозненный харак-



рительно		тер знаний, недостаточно точные формулировки базовых понятий механики деформируемого твердого тела, нарушающих логическую последовательность в изложении программного материала, при этом владеет знаниями основных разделов дисциплины, необходимыми для дальнейшего обучения, умеет получать с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи расчета элементов конструкций из числа предусмотренных рабочей программой, знаком с рекомендованной справочной литературой
«неудовлетворительно»	минимальный уровень не достигнут	При ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях большей части основного содержания дисциплины, допускаются грубые ошибки в формулировке основных понятий в теории пластин и оболочек, решении типовых практических задач (неумение с помощью преподавателя получать правильное решение конкретной практической задачи расчета на прочность, устойчивость и жесткость из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины)

Таблица 5.4. Шкала оценивания курсовой работы

Оценка результатов обучения по дисциплине «Методы расчета пластин и оболочек» в форме уровня сформированности компонентов знать, уметь, владеть заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля при сдаче курсовой работы.

Оценка	Уровень освоения компетенций	Критерии оценивания
«отлично»	высокий уровень	Содержание работы полностью соответствует заданию. Структура работы логически и методически выдержана. Оформление работы и полученные в работе результаты полностью отвечают требованиям, изложенным в методических указаниях. При защите работы студент правильно и уверенно отвечает на вопросы преподавателя, демонстрирует глубокое знание теоретического материала, способен аргументировать собственные утверждения и выводы
«хорошо»	повышенный уровень	Содержание работы полностью соответствует заданию. Структура работы логически и методически выдержана. Оформление работы и полученные в работе результаты в целом отвечают требованиям, изложенным в методических указаниях. Имеются одна-две ошибки в расчетах и чертежах. При защите работы студент правильно и уверенно отвечает на большинство вопросов преподавателя, демонстрирует хорошее знание теоретического материала, но не всегда способен аргументировать собственные утверждения и выводы. При наводящих вопросах преподавателя исправляет ошибки в ответе
«удовлетворительно»	пороговый уровень	Содержание работы частично не соответствует заданию. Есть нарушения в алгоритме расчетов. Имеются одно-два существенных отклонений от требований в оформлении работы. Полученные в работе результаты в целом



		отвечают требованиям, изложенным в методических указаниях. Имеются одна-две существенные ошибки в расчетах и чертежах. При защите работы студент допускает грубые ошибки при ответе на вопросы преподавателя и/или не дал ответ более чем на 30% вопросов, демонстрирует слабое знание теоретического материала, в большинстве случаев не способен уверенно аргументировать собственные утверждения и выводы.
«неудовлетворительно»	минимальный уровень не достигнут	Содержание работы в целом не соответствует заданию. Имеются более двух существенных отклонений от требований в оформлении работы. Большое количество существенных ошибок по сути работы в расчетах, чертежах. Полученные результаты не отвечают требованиям, изложенным в методических указаниях. При защите работы студент демонстрирует слабое понимание программного материала. Курсовая работа не представлена преподавателю

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Основная литература (учебники и учебные пособия)

Таблица 6.1. Перечень основной учебной литературы

№ п/п	Наименование	Кол-во экз. в библиотеке + на кафедре
1	Каюмов Р.А. «Основы теории упругости и элементы теории пластин и оболочек». – Казань: КГАСУ, 2015. Учебное пособие	14
2	Терегулов И.Г. Сопротивление материалов и основы теории упругости и пластичности. М., Высшая школа, 1984	34
3	Горшков А.А. Основы теории упругих тонких оболочек [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Горшков, А.Я. Астахова, Н.Ю. Цыбин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 231 с. — 978-5-7264-1315-0. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/49872.html">http://www.iprbookshop.ru/49872.html</a>	ЭБС IPRbooks

### 6.2. Дополнительная литература

Таблица 6.2. Перечень дополнительной литературы

№ п/п	Наименование	Кол-во экз. в библиотеке + на кафедре
-------	--------------	---------------------------------------

1	Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела.– М.: «Наука», 1988. 711 с.	2
2	Варданян Г.С., Андреев В.И., Атаров Н.М., Горшков А.А. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. М.: Инфра-М. 2011. – 638 с	1
3.	Каюмов Р.А. «Сопротивление материалов. Конспект лекций.». – Казань: КГАСУ, 2010. – 170 с.	48
4	Агапов В.П. Теория расчета пластин [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Агапов. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 72 с. — 978-5-7264-1376-1. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/58216.html">http://www.iprbookshop.ru/58216.html</a>	ЭБС IPRbooks

### 6.3. Методические разработки по дисциплине

1. Каюмов Р.А., Зиннуров Р.А., Шакирзянов Ф.Р. Методические указания к расчетно-графической работе “Изгиб прямоугольной плиты” / Составители:– Казань: КГАСУ, 2013. – 12 с.

2. Каюмов Р.А., И.З. Мухамедова. Расчет оболочки на прочность при воздействии снеговой и ветровой нагрузок: Методические указания для выполнения расчетно-графической работы / Казань: Изд-во Казанск. гос.архитект.-строит. ун-та, 2014.–13с.

3. Каюмов Р.А., И.З. Мухамедова. Решение плоской задачи теории упругости методом коллокации: Методические указания для выполнения расчетно-графической работы студентами специальности 271101.65 / Казань: Изд-во Казанск. гос.архитект.-строит. ун-та, 2013.–17с.

заверено НТБ КГАСУ

*Дурасова*

## 7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Перечень ресурсов Интернет, необходимых для освоения дисциплины

1. Электронно-Библиотечная Система [www.iprbooks.ru/](http://www.iprbooks.ru/)
2. Страница кафедры «Механика» на сайте КГАСУ.

Режим доступа <https://www.kgasu.ru/universitet/structure/instituty/is/km/>

### 7.2. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

1. Использование электронной информационно-образовательной среды университета.
2. Применение средств мультимедиа при проведении лекций и практических занятий для визуализации изучаемой информации посредством использования презентаций.
3. Организация взаимодействия со студентами с помощью электронной почты.

### 7.3. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение:



1. Текстовый редактор Microsoft Word;
2. Презентационный редактор Microsoft Power Point.

#### 7.4. Перечень информационно-справочных систем и профессиональных баз данных

В ходе реализации целей и задач дисциплины обучающиеся могут использовать возможности информационно-справочных систем и профессиональных баз данных.

1. <http://pravo.gov.ru> – Официальный интернет-портал правовой информации
2. <http://www.consultant.ru> - справочная правовая система «Консультант Плюс»
3. <http://www.garant.ru> - справочно-правовая система по законодательству Российской Федерации.

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Методы расчета пластин и оболочек» изучается в течение 3 семестра.

При планировании и организации времени, необходимого на изучение дисциплины, обучающимся необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

Таблица 8.1. Рекомендации по организации самостоятельной работы студента

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Занятия лекционного типа (лекции)	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Основной лекционный материал имеется в учебном пособии: Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или на практическом занятии.
Практические занятия	Проработка тематики занятий, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, решение примеров.
Выполнение расчетно-графических или расчетных работ	Проработка: <ul style="list-style-type: none"> <li>– лекционного материала по теме выполняемой работы;</li> <li>– решенных на практических занятиях задач и примеров;</li> <li>– методических указаний и образцов решения подобных задач из методических указаний.</li> </ul> Подробные методические указания даны в учебно-методических пособиях.
Написание реферативной работы	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата. Разработка реферата является одним из видов самостоятельной работы и рекомендуется для студентов очного и заочного обучения. Студенты очного обучения разрабатывают рефераты по указанию преподавателя либо по собственной инициативе в случаях допущенных ими необоснованных пропусков



Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
	занятий или в целях более углубленной проработки определённых тем, вызывающих научно-исследовательский интерес обучающегося. Тему реферата студент выбирает самостоятельно из перечня приведённых. Не исключается возможность частичного изменения темы по согласованию с преподавателем, если это будет способствовать улучшению качества реферата, эссе. Реферат должен свидетельствовать о том, насколько глубоко студент усвоил содержание темы, в какой степени удачно он анализирует учебный материал и грамотно излагает свои суждения
Курсовая работа	Курсовая работа: изучение научной, учебной, нормативной и другой литературы. Отбор необходимого материала; формирование выводов и разработка конкретных рекомендаций по решению поставленной цели и задачи; проведение практических исследований по данной теме. Инструкция по выполнению требований к оформлению курсовой работы находится в методических материалах по дисциплине.
Самостоятельная работа	Важной частью самостоятельной работы является изучение основной литературы, ознакомление с дополнительной литературой, решение индивидуальных расчетно-графических работ.
Подготовка к экзамену	Подготовка к экзамену предполагает изучение конспекта лекций, основной и дополнительной литературы, подготовке ответов на все приведенные выше в п. 5.2.2 вопросы для экзамена.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**Таблица 9.1. Требования к условиям реализации дисциплины**

№ п./п.	Вид учебной работы	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Технические средства обучения: мультимедийный проектор, мобильный ПК (ноутбук), экран
2	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Технические средства обучения: мультимедийный проектор, мобильный ПК (ноутбук)
		Компьютерный класс кафедры механики с выходом в Интернет	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения: ПК, лицензионное программное обеспечение
3	Самостоятельная работа обучающихся	Помещение для самостоятельной работы обучающихся (компьютерный класс библиотеки)	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета