

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Курганский государственный университет»
(КГУ)

Кафедра «Механика машин и основы конструирования»



УТВЕРЖДАЮ:

Ректор

/ Н.В. Дубив /

«14» сентября 2020 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

ТЕОРИЯ ПЛАСТИН И ОБОЛОЧЕК

образовательной программы высшего образования –
программы специалитета

01.05.01 Фундаментальные математика и механика

Направленность (профиль):

Математическое и компьютерное моделирование механических систем

Формы обучения: очная

Курган 2020

Рабочая программа дисциплины «Теория пластин и оболочек» составлена в соответствии с учебными планами по программе специалитета Фундаментальные математика и механика (Математическое и компьютерное моделирование механических систем), утвержденной « 28 » августа 2020 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Механика машин и основы конструирования» «11» сентября 2020 года, протокол № 1.

Рабочую программу составил

к.т.н., доцент кафедры

Д.А. Курасов

Согласовано:

Заведующий кафедрой
«Механика машин и
основы конструирования»

Д.А. Курасов

Специалист по учебно-методической работе
Учебно-методического отдела

Г.В. Казанкова

1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 3 зачетных единицы трудоемкости (108 академических часов).

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		7
Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов в том числе:	32	32
Лекции	16	16
Практические занятия	16	16
Самостоятельная работа, всего часов в том числе:	76	76
Подготовка к зачету	18	18
Другие виды самостоятельной работы	58	58
Вид промежуточной аттестации	зачет	зачет
Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов	108	108

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Теория пластин и оболочек» относится к части Блока 1, формируемой участниками образовательных отношений. Является обязательной дисциплиной.

Изучение дисциплины базируется на результатах обучения, сформированных при изучении следующих дисциплин:

- Математический анализ;
- Физика;
- Теоретическая механика;
- Сопротивление материалов.

Результаты обучения по дисциплине необходимы при изучении «Механики сплошных сред», «Теории упругости и пластичности» и для выполнения дипломной работы.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Целью освоения дисциплины «Теория пластин и оболочек» является формирование у обучаемых знаний о принципах и методах расчёта напряжённо-деформированного состояния машиностроительных конструкций, выполненных из пластин и оболочек.

Задачами дисциплины являются изучение основ современных методов определения силовых факторов, перемещений и деформаций в тонкостенных конструкциях и их расчётных моделях с учётом возможностей применения эффективных компьютерных технологий.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способность участвовать в проектировании машин и конструкций с целью расчётов их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надёжности и износостойкости узлов и деталей машин механических систем (ПК-8);

- способность проводить работы по проектированию, конструированию и расчёту машин, оборудования, транспортных средств и трубопроводной арматуры с использованием современных наукоёмких программных комплексов (ПК-10).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– знать основные принципы, положения и гипотезы теории изгиба упругих тонких пластин, методы расчета прямоугольных и круглых пластин с различными условиями опирания при действии сосредоточенных и распределённых нагрузок; основные принципы, положения и гипотезы теории упругих тонких оболочек (для ПК-8, ПК-10);

– уметь грамотно составлять расчетные схемы, использовать законы статики при составлении уравнений равновесия тонких пластин, определять внутренние усилия, напряжения, деформации и перемещения, необходимые

размеры из условий прочности, жесткости и устойчивости; на основании законов статики составлять уравнения равновесия тонких оболочек различной формы, использовать способы составления и решения разрешающих уравнений для определения напряженно-деформированного состояния оболочек при действии различных внешних нагрузок (для ПК-8);

– владеть способами определения напряженно-деформированного состояния пластин и оболочек при действии различных нагрузок с помощью современной вычислительной техники с использованием готовых программ; принципами выбора конструкционных материалов, обеспечивающих требуемые показатели надежности и безопасности (для ПК-10).

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Учебно-тематический план

Рубеж	Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем	
			Лекции	Практич. занятия
Рубеж 1	1	Пластины, классификация. Перемещения и деформации	2	2
	2	Напряжения в тонких пластинах	2	
	3	Внутренние усилия и моменты в пластинах	2	4
	4	Дифференциальное уравнение изогнутой срединной поверхности тонкой пластины	2	
		Рубежный контроль № 1	-	2
Рубеж 2	5	Оболочки, классификация. Геометрия оболочек вращения	2	1
	6	Деформации оболочек. Уравнения состояния оболочек	2	1
	7	Безмоментная теория оболочек. Моментная теория цилиндрической оболочки при осесимметричном нагружении	2	4
	8	Устойчивость оболочек	2	
		Рубежный контроль № 2	-	2
Всего:			16	16

4.2. Содержание лекционных занятий

Тема 1. Пластины, классификация. Перемещения и деформации

Введение. Цели и задачи изучения дисциплины. Пластины (определение, основные элементы). Классификация пластин. Гипотезы Кирхгофа. Перемещения и деформации в тонких пластинах.

Тема 2. Напряжения в тонких пластинах

Вывод формул для определения нормальных и касательных напряжений в тонких пластинах. Эпюры напряжений и их анализ. Проверка справедливости гипотезы об отсутствии давления между слоями пластины.

Тема 3. Внутренние усилия и моменты в пластинах

Определение погонных поперечных сил и изгибающих и крутящих моментов. Выражения напряжений через усилия в тонких пластинах.

Тема 4. Дифференциальное уравнение изогнутой срединной поверхности тонкой пластины

Дифференциальное уравнение изогнутой срединной поверхности тонкой пластины (вывод уравнения Софи Жермен). Обзор пакетов прикладных программ расчета пластин.

Тема 5. Оболочки, классификация. Геометрия оболочек вращения

Оболочки (определение, основные элементы). Классификация оболочек. Геометрия оболочек вращения. Условия существования срединной поверхности (условия Кодацци-Гаусса).

Тема 6. Деформации оболочек. Уравнения состояния оболочек

Определение перемещений оболочек. Деформации оболочек. Внутренние силовые факторы и уравнения равновесия оболочек.

Тема 7. Безмоментная теория оболочек. Моментная теория цилиндрической оболочки при осесимметричном нагружении

Уравнения безмоментной теории оболочек вращения. Расчет оболочек вращения при несимметричном нагружении. Основные соотношения моментной теории оболочек вращения при осесимметричном нагружении. Приближенный метод учета краевого эффекта. Основные соотношения осесимметричного изгиба цилиндрической оболочки. Решение дифференциального уравнения изгиба.

Тема 8. Устойчивость оболочек

Постановка задачи устойчивости оболочки. Устойчивость общая и местная. Явление хлопка. Устойчивость круговой оболочки при центральном сжатии, кручении и изгибе. Устойчивость замкнутой оболочки при внешнем давлении.

4.3. Практические занятия

Но- мер раз- дела, темы	Наименование разде- ла, темы	Наименование практического занятия	Норматив времени, час.
1	Пластины, классифика- ция. Перемещения и деформации	Цилиндрическая жёсткость пластины. Граничные условия пластин (геометриче- ские, статические, смешанные).	7 сем.
			2
3	Внутренние усилия и моменты в пластинах	Решение задач плоской теории упругости для пластин: изгиб эллиптической пла- стины; изгиб круглой пластины; изгиб кольцевой пластины; изгиб прямоуголь- ных пластин (решение Навье, решение Леви).	4
		Рубежный контроль №1	2
5	Оболочки, классифика- ция. Геометрия оболоч- чек вращения	Геометрия оболочек вращения	1
6	Деформации оболочек. Уравнения состояния оболочек	Граничные условия оболочек	1
7	Безмоментная теория оболочек. Моментная теория цилиндрической оболочки при осесим- метричном нагружении	Уравнение Лапласа. Расчет сферического купола на действие собственного веса. Анализ напряжений в вертикальной ци- линдрической оболочке под действием гидростатической нагрузки.	4
		Рубежный контроль №2	2
Всего:			16

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующего практического занятия.

Преподавателем запланировано использование при чтении лекций технологии учебной дискуссии. Поэтому рекомендуется фиксировать для себя интересные моменты с целью их активного обсуждения на дискуссии в конце лекции.

На практических занятиях с целью усвоения и закрепления теоретического материала преподаватель у доски демонстрирует решение типовых задач. При этом используются технологии коллективного взаимодействия, разбора конкретных ситуаций. Приветствуется активное участие обучающихся в

решении (как правило, коротких фрагментов) задач с выходом к доске и пояснением хода расчетов, а также обсуждение получаемых результатов.

Для текущего контроля успеваемости преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на практических занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высоких баллов по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к практическим занятиям, к рубежным контролям, подготовку к зачету.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.
Самостоятельное изучение тем дисциплины:	46
Пластины, классификация. Перемещения и деформации	7 сем.
	5
Напряжения в тонких пластинах	6
Внутренние усилия и моменты в пластинах	6
Дифференциальное уравнение изогнутой срединной поверхности тонкой пластины	6
Оболочки, классификация. Геометрия оболочек вращения	6
Деформации оболочек. Уравнения состояния оболочек	6
Безмоментная теория оболочек. Моментная теория цилиндрической оболочки при осесимметричном нагружении	6
Устойчивость оболочек	5
Подготовка к практическим занятиям (по 1 часу на каждое занятие)	8
Подготовка к рубежным контролям (по 2 часа на каждый рубеж)	4
Подготовка к зачёту	18
Всего:	76

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ

2. Банк тестовых заданий к рубежным контролям № 1, 2
3. Перечень вопросов к зачету

6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы студентов по дисциплине

№	Наименование	Содержание					
		Распределение баллов за 7 сем.					
	Вид учебной работы:	Посещение лекций	Посещение практических занятий и активность на них	Рубежный контроль №1	Рубежный контроль №2	Зачет	
1	Распределение баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии)	Балльная оценка:	до 24	до 28	до 9	до 9	до 30
		Примечания:	8 лекций по 3 балла	За посещение «обычных» практических занятий – по 2 балла (6x2=12) и за активность на них – по 2 балла (6x2=12). За посещение рубежного контроля – по 2 балла (2x2=4)	На 4-м практическом занятии	На 8-м практическом занятии	
		Корректирующий коэффициент К: К=2 за активную работу; К=0,5 за опоздание не более чем на 15 мин; К=0 за опоздание более чем на 15 мин, за грубое нарушение дисциплины на занятиях: порча имущества, сон, игры, шум, телефонные звонки, SMS, MMS, нахождение в нетрезвом состоянии, демонстрация пренебрежительного отношения к занятиям и окружающим.					
2	Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачета	60 и менее баллов – незачет; 61...100 – зачет					
3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности «автоматического» получения зачета по дисциплине, возможность получения бонусных баллов	<p>Для допуска к промежуточной аттестации (к зачету) студент должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов и выполнить все практические работы.</p> <p>Для «автоматического» получения зачета студенту необходимо набрать за семестр 61 балл.</p> <p>По согласованию с преподавателем студенту могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активное участие в значимых учебных, научных, методических и внеучебных мероприятиях университета и выставлен зачет «автоматически».</p>					

4	<p>Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) студентов для получения недостающих баллов в конце семестра</p>	<p>В случае, если к промежуточной аттестации набрана сумма менее 50 баллов и не выполнены все задания, студенту необходимо выполнить дополнительные задания до конца последней (зачетной) недели.</p> <p>Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> – написание лекции по пропущенной теме, отчета по пропущенному практическому занятию и их защита (за предоставление материала начисляется 1/2 из пропущенных баллов, за защиту – еще 1/2 из пропущенных баллов); – прохождение рубежного контроля (вместо пропущенного или неудовлетворительного); – разработка учебной модели, компьютерной программы, мультимедийного и др. продукта для применения в курсе «Теория пластин и оболочек» (от 4 до 40 баллов за каждую разработку, при этом общая сумма баллов к промежуточной аттестации не может превышать 70). <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяются преподавателем.</p>
---	--	---

6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежные контроли проводятся в форме письменного тестирования.

Перед проведением рубежного контроля преподаватель прорабатывает со студентами основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

Варианты тестовых заданий для рубежных контролей состоят из 9 вопросов. За правильный ответ на 1 вопрос на рубежных контролях начисляется 1 балл.

На каждое тестирование при рубежном контроле студенту отводится время не менее 60 минут.

Преподаватель оценивает в баллах результаты тестирования каждого студента по количеству правильных ответов и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Промежуточный контроль знаний (зачет) студентов проводится в традиционном виде по вопросам. Студент отвечает на 2 теоретических вопроса, что позволяет обучающимся продемонстрировать свои навыки представления и изложения материала, развить грамотную техническую речь. Каждый теоретический вопрос оценивается до 15 баллов.

Для получения высоких баллов на зачете не допускается списывание, использование подсказок, шпаргалок, карманных компьютеров, телефонов и др. Время, отводимое студенту на зачете, составляет 2 астрономических часа.

Результаты текущего контроля успеваемости и зачета заносятся преподавателем в зачетную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день зачета, а также выставляются в зачетную книжку студента.

6.4. Примеры оценочных средств для рубежных контролей и зачета

Примеры тестовых вопросов для рубежного контроля №1

ЗАДАНИЕ №1: заполните все 4 поля для ответов.

Квадратная пластина со стороной квадрата a и толщиной h получает прогиб w . Установите соответствие между соотношениями параметров пластины и её классификационным видом.

1. $\frac{a}{h} < 8 \dots 10$.

2. $\frac{a}{h} > 80 \dots 100$.

3. $8 \dots 10 \leq \frac{a}{h} \leq 80 \dots 100$, причём $\frac{w}{h} \leq 0,2 \dots 0,5$.

4. $8 \dots 10 \leq \frac{a}{h} \leq 80 \dots 100$, причём $\frac{w}{h} > 0,2 \dots 0,5$.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ (впишите номера, соответствующие параметрам):

Мембрана

Тонкая пластина
(гибкая)

Тонкая пластина
(жёсткая)

Толстая
пластина

ЗАДАНИЕ №2: выберите номер правильного ответа.

Теория тонких пластин основана на нескольких гипотезах.
Их предложил ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) Гук;
- 2) Лагранж;
- 3) Кирхгоф;
- 4) Навье.

ЗАДАНИЕ №3: выберите номер правильного ответа.

Пластина жёстко закреплена по контуру, который имеет форму эллипса. Для решения задачи предложены функции прогибов нескольких видов. Укажите номер правильного решения.

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)
$$w(x, y) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} A_{mn} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b};$$

2)
$$w = C \left(\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - 1 \right)^2;$$

3)
$$w = \frac{qr^4}{64D} + C_1 + C_2 \ln r + C_3 r^2 + C_4 r^2 \ln r;$$

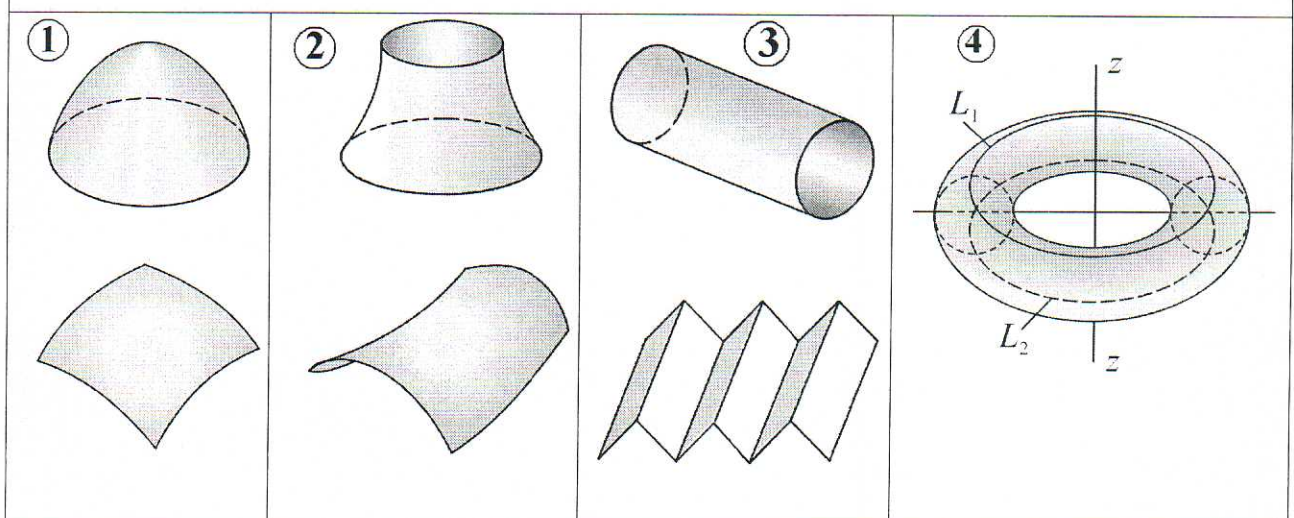
4)
$$w = \sum_{n=1}^{\infty} Y \sin \alpha x .$$

Примеры тестовых вопросов для рубежного контроля №2

ЗАДАНИЕ №1 (выберите номер правильного ответа)

Поверхности, гауссова кривизна которых всюду отрицательна, изображены на рисунке

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:



ЗАДАНИЕ №2 (выберите номер правильного ответа)

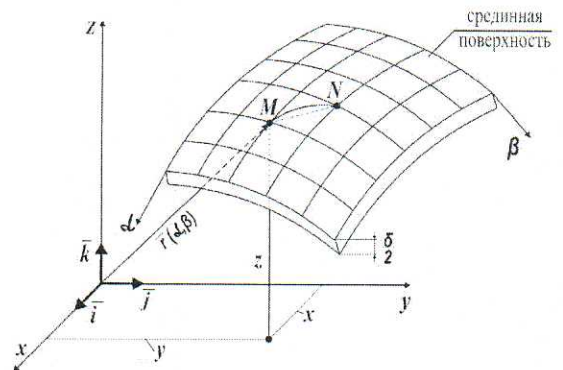
Для расчёта оболочек применяют безмоментную теорию, если

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) отсутствуют (или пренебрежимо малы) продольные силы;
- 2) отсутствуют (или пренебрежимо малы) сдвигающие усилия;
- 3) отсутствуют (или пренебрежимо малы) деформации изгиба;
- 4) геометрия оболочки и действующие нагрузки симметричны относительно её оси.

ЗАДАНИЕ №3 (выберите номер правильного ответа)

Условие Кодацци имеет вид



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

- 1) $\kappa = \kappa_1 \kappa_2$;
- 2) $\frac{\partial}{\partial \alpha} \left(\frac{1}{A} \frac{\partial B}{\partial \alpha} \right) + \frac{\partial}{\partial \beta} \left(\frac{1}{B} \frac{\partial A}{\partial \beta} \right) = \frac{A}{R_1} \frac{B}{R_2}$;
- 3) $\frac{\delta}{R} \leq 0,05$;
- 4)
$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \beta} \left(\frac{A}{R_1} \right) &= \frac{1}{R_2} \frac{\partial A}{\partial \beta} \\ \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(\frac{B}{R_2} \right) &= \frac{1}{R_1} \frac{\partial B}{\partial \alpha} \end{aligned} \right\}$$

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Пластины (определение, назначение, основные параметры). Классификация пластин.
2. Гипотезы Кирхгофа.
3. Цилиндрическая жёсткость пластины.
4. Граничные условия пластин (геометрические, статические, смешанные).
5. Перемещения и деформации в тонких пластинах.
6. Вывод формул для определения нормальных и касательных напряжений в тонких пластинах.
7. Обоснование справедливости гипотезы об отсутствии давления между слоями пластины.
8. Определение погонных поперечных сил и изгибающих и крутящих моментов.
9. Выражения напряжений через усилия в тонких пластинах.
10. Дифференциальное уравнение изогнутой срединной поверхности тонкой пластины (вывод уравнения Софи Жермен).
11. Обзор пакетов прикладных программ расчета пластин.
12. Изгиб жёстко защемлённой по контуру эллиптической пластины, нагруженной равномерным давлением. Определение прогибов и внутренних усилий в такой пластине.
13. Изгиб жёстко защемлённой по контуру круглой пластины, нагруженной равномерным давлением. Определение прогибов и внутренних усилий в такой пластине.
14. Изгиб шарнирно опёртой по контуру круглой пластины, нагруженной равномерным давлением. Определение прогибов и внутренних усилий в такой пластине.
15. Изгиб кольцевой пластины, жёстко защемлённой по наружному краю и нагруженной равномерным давлением. Определение прогибов и внутренних усилий в такой пластине.
16. Изгиб шарнирно опёртой по контуру прямоугольной пластины, нагруженной поперечной нагрузкой произвольной интенсивности. Решение Навье для определения прогибов.
17. Изгиб шарнирно опёртой по двум противоположным краям прямоугольной пластины, нагруженной поперечной нагрузкой произвольной интенсивности. Решение Леви для определения прогибов.
18. Оболочки (определение, назначение, основные параметры). Классификация оболочек.
19. Условия существования срединной поверхности оболочек (условия Кодацци-Гаусса).
20. Определение перемещений и деформаций в оболочках.
21. Определение внутренних силовых факторов в оболочках.
22. Уравнения равновесия оболочек.
23. Граничные условия оболочек.

24. Основные положения и уравнения безмоментной теории оболочек вращения.
25. Уравнение Лапласа.
26. Расчет сферического купола на действие собственного веса.
27. Основные соотношения моментной теории оболочек вращения при осесимметричном нагружении.
28. Приближенный метод учета краевого эффекта.
29. Анализ напряжений в вертикальной цилиндрической оболочке под действием гидростатической нагрузки.
30. Задача обеспечения устойчивости оболочки. Устойчивость общая и местная. Явление хлопка.
31. Устойчивость круговой оболочки при центральном сжатии.
32. Устойчивость круговой оболочки при кручении.
33. Устойчивость круговой оболочки при изгибе.
34. Устойчивость замкнутой оболочки при внешнем давлении.

6.5. Фонд оценочных средств

Полный банк заданий для текущего, рубежных контролей и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

7.1. Основная учебная литература

1. Петров В.В. Теория расчета пластин и оболочек [Электронный ресурс] : учебник. – Москва : Изд-во АСВ, 2016. – 410 с. – Доступ из ЭБС «Консультант студента».

7.2. Дополнительная учебная литература

1. Монахов В.А. Теория пластин и оболочек : учебное пособие. – Пенза : Изд-во ПГУАС, 2016. – 252 с.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Методические рекомендации к практическим занятиям:

Изгиб пластин: учебно-методическое пособие к решению задач и лабораторному практикуму по исследованию прогибов при нагружении прямоугольных и круглых пластин / Е.В. Кузнецова. – Пермь : изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2006. – 32 с.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Плакаты, макеты и модели пластин и оболочек.

Аннотация к рабочей программе дисциплины
«Теория пластин и оболочек»

образовательной программы высшего образования –
программы специалитета

01.05.01 – Фундаментальные математика и механика

Направленность (профиль):

Математическое и компьютерное моделирование механических систем

Трудоемкость дисциплины: 3 ЗЕ (108 академических часов)

Семестр: 7 (очная форма обучения)

Форма промежуточной аттестации: Зачет

Содержание дисциплины

Пластины, классификация. Перемещения и деформации. Напряжения в тонких пластинах. Внутренние усилия и моменты в пластинах. Дифференциальное уравнение изогнутой срединной поверхности тонкой пластины. Оболочки, классификация. Геометрия оболочек вращения. Деформации оболочек. Уравнения состояния оболочек. Безмоментная теория оболочек. Моментная теория цилиндрической оболочки при осесимметричном нагружении. Устойчивость оболочек.