

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства  
Кафедра «Строительство, строительные материалы и конструкции»

Утверждено на заседании кафедры  
«Строительство, строительные материалы и  
конструкции»  
«18» января 2022 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой

 А.А. Трещев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по проведению практических (семинарских) занятий**  
**по дисциплине (модулю)**  
**«Теория сооружений, расчет и проектирование их элементов»**

**основной профессиональной образовательной программы**  
**высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки  
**08.04.01 Строительство**

с направленностью (профилем)  
**Теория и проектирование зданий и сооружений**

Формы обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 080401-04-22

Тула 2022 год

**Разработчик методических указаний**

Трещев А.А., профессор, д.т.н., профессор  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



\_\_\_\_\_  
(Подпись)

## ВВЕДЕНИЕ

В методических указаниях затрагиваются вопросы теории расчета пластин и оболочек. Практические занятия для студентов, обучающихся по направлению 08.04.01 «Строительство» (для профиля подготовки «Теория и проектирование зданий и сооружений») является основной учебной программы.

В указаниях рассмотрена методика проведения практических занятий студента по всему курсу.

### 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практические занятия способствует углублению, закреплению и обобщению теоретического материала, выявлению способностей студента к практическому решению конкретных инженерно-технических задач.

Целью проведения практических занятий является закрепление теоретического материала и приобретение практических навыков в решении задач по расчету пластин и оболочек, оценке принятых решений, а также развитие инженерного мышления.

Задачами практических занятий является обучение студента методам расчета пластин и оболочек различного назначения: а) освоение методов расчета статически нагруженных жестких изотропных пластин и оболочек при малых прогибах; б) освоение методов расчета статически нагруженных гибких изотропных пластин и оболочек при конечных прогибах; в) освоение методов расчета статически нагруженных анизотропных и слоистых пластин и оболочек; г) освоение современных методов решения геометрически и физически нелинейных задач теории пластин и оболочек; д) освоения правомерности применения технических гипотез теории пластин и оболочек при решении конкретных задач.

### 2. ПЛАН ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

2.1. В начале занятия проводится контроль подготовленности студентов по теме проводимого практического занятия путем устного опроса по знанию терминологии (5-10 минут).

2.2. Преподаватель на доске подробно объясняет решение конкретной задачи выбранной тематике с акцентированием на сложных местах хода решения.

2.3. По индивидуальному заданию, выданному преподавателем студент самостоятельно решает типовую задачу по расчету конкретной пластины или оболочки. В процессе решения задачи преподаватель консультирует каждого студента по возникшим вопросам. В случае затруднения у студента, преподаватель непосредственно показывает, как поступить в конкретной ситуации.

2.4. После решения своих задач всеми студентами вызывается один из них к доске для демонстрации решения и общего анализа полученных результатов.

2.5. В конце занятия преподаватель подводит итоги проведенного занятия.

2.6. Преподаватель дает задание для подготовки к следующему практическому занятию.

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

#### 3.1. Темы практических занятий

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
<b>Очная форма обучения</b>			
<i>1-й семестр</i>			
1	1.1	Общие принципы, лежащие в основе теории расчета пластин и оболочек. Основные положения. Нагрузки, напряжения, деформации, перемещения. Зависимости напряжений от деформаций.	2
2	2.1	Гипотезы Кирхгофа-Лява. Соотношения, связывающие перемещения и деформации. Уравнения равновесия. Физические зависимости, уравнения неразрывности деформаций срединной поверхности.	2
3	2.2	Малые прогибы свободно опертых прямоугольных пластин.	2
4	2.4	Круговые пластины при осесимметричном перемещении.	2
5	3.1	Большие прогибы пластин – Теория Кармана.	2
6	3.2	Гипотезы Тимошенко, Амбарцумяна, Рейснера для пластин средней толщины.	2
7	4 4.1	Классическая теория оболочек. Введение в теорию тонких оболочек. Теория поверхности, срединные плоскости и поверхности. Общие соотношения между перемещениями и деформациями для тонких оболочек. Упрощения соотношений, связывающих перемещения и деформации.	2
8	4.2.	Общие уравнения тонких оболочек. Общие теории тонких оболочек для частных случаев.	2
9	4.4	Некоторые частные решения задач для тонких оболочек. Частные случаи оболочек, пологие и безмоментные оболочки. Краевой эффект.	2
10	6 6.1	Теория анизотропных пластин и оболочек. Ортоанізотропные оболочки, трансверсально изотропные оболочки. Итерационные теории оболочек.	2
11	6.2	Неоднородные и слоистые оболочки.	2
12	8 8.1	Методы решения задач статики пластин и оболочек. Аналитические методы решения. Решения в степенных, тригонометрических и гиперболических рядах	2
13	8.2	Конечно-разностные методы, метод конечных элементов. Метод упругих решений, переменных параметров упругости	2
14	8.2	Метод последовательных нагружений. Двухшаговый метод последовательных возмущений параметров	2
<b>Итого</b>			28
<b>Очная форма обучения</b>			
<i>1-й семестр</i>			
1	3.1	Большие прогибы пластин – Теория Кармана.	2
2	3.2	Гипотезы Тимошенко, Амбарцумяна, Рейснера для пластин средней толщины.	2
3	4 4.1	Классическая теория оболочек. Введение в теорию тонких оболочек. Теория поверхности, срединные плоскости и поверхности. Общие соотношения между перемещениями и деформациями для тонких оболочек. Упрощения соотношений, связывающих перемещения и деформации.	2
<b>Итого</b>			6

#### 3.2. Общие методические указания

*1-й Семестр, занятие №1.* Преподаватель на конкретном примере подробно разбирает общие принципы, лежащие в основе теории расчета пластин и оболочек. Рассматриваются и разъясняются основные понятия теории оболочек и пластин. Рассматривается поря-

док сбора нагрузок на пластины и оболочки, определения напряжений и деформаций, вычисления перемещений. Обосновываются уравнения связи напряжений и деформаций. Преподаватель сообщает об общих изменениях, которые произошли в теории пластин и оболочек, указывает на новые моменты в развитии теории пластин и оболочек и литературу, в которой имеются основы этого развития.

*1-й Семестр, занятие №2.* Преподаватель на конкретном примере с определенными исходными предпосылками подробно разбирает гипотезы Кирхгофа-Лява для пластин, выводит соотношения, связывающие перемещения и деформации, получает уравнения равновесия, физические зависимости и уравнения неразрывности деформаций срединной поверхности. Указывает на новую литературу, в которой имеются основы теории пластин Кирхгофа-Лява.

*1-й Семестр, занятия №3 - 4.* Преподаватель на конкретном примере с определенными конкретными условиями подробно разбирает порядок построения теории малых прогибов свободно опертых прямоугольных пластин Киргофа и теории круговых пластин при осесимметричном перемещении. Преподаватель на конкретном примере с определенными исходными данными подробно разбирает методы и алгоритм (порядок) расчета тонких прямоугольных и круглых пластин Кирхгофа с вычислением всех необходимых параметров, демонстрирует сложные моменты по ходу решения задачи. Сообщает об изменениях, которые произошли в методах расчета, указывает на новые моменты в развитии теории расчета круглых и прямоугольных пластин Кирхгофа и литературу, в которой имеются основы этого развития.

*1-й Семестр, занятие №5.* Преподаватель на конкретном примере с определенными конкретными условиями подробно разбирает порядок построения теории больших прогибов типа Кармана для свободно опертых прямоугольных пластин Киргофа и теории больших прогибов круговых пластин при осесимметричном перемещении. Преподаватель на конкретном примере с определенными исходными данными подробно разбирает методы и алгоритм (порядок) расчета тонких прямоугольных и круглых пластин Кирхгофа с вычислением всех необходимых параметров в рамках формализма Кармана, демонстрирует сложные моменты по ходу решения задачи. Сообщает об изменениях, которые произошли в методах расчета, указывает на новые моменты в развитии нелинейной теории расчета круглых и прямоугольных пластин и литературу, в которой имеются основы этого развития.

*1-й Семестр, занятие №6.* Преподаватель на конкретном примере с определенными исходными предпосылками подробно разбирает гипотезы Тимошенко, Амбарцумяна, Рейснера для пластин средней толщины, выводит соотношения, связывающие перемещения и деформации, получает уравнения равновесия, физические зависимости и уравнения неразрывности деформаций срединной поверхности. Указывает на новую литературу, в которой имеются основы теории пластин Тимошенко, Амбарцумяна, Рейснера. Преподаватель на конкретном примере с определенными исходными данными подробно разбирает методы и алгоритм (порядок) расчета прямоугольных и круглых пластин средней толщины типа Тимошенко, Амбарцумяна, Рейснера с вычислением всех необходимых параметров, демонстрирует сложные моменты по ходу решения задачи. Сообщает об изменениях, которые произошли в методах расчета, указывает на новые моменты в развитии теории расчета круглых и прямоугольных пластин типа Тимошенко, Амбарцумяна, Рейснера и литературу, в которой имеются основы этого развития.

*1-й Семестр, занятие №7.* Преподаватель на конкретном примере с определенными исходными данными подробно разбирает основы построения теории тонких оболочек. Излагаются методы построения сложных поверхностей и переход к срединным поверхностям. Выводятся общие соотношения между перемещениями и деформациями для тонких оболочек, производятся упрощения соотношений, связывающих перемещения и деформации. Преподаватель сообщает об изменениях, которые произошли в теории оболочек, указывает на новые моменты в развитии теории расчета оболочек и литературу, в которой имеются основы этого развития.

*1-й Семестр, занятие №8.* Преподаватель на конкретном примере подробно разбирает общие уравнения, лежащие в основе теории расчета тонких оболочек. Рассматриваются и разъясняются общие теории тонких оболочек. Рассматривается порядок решения задач по представленным теориям для частных случаев. Обосновываются принятые уравнения для решения той или иной задачи. Преподаватель сообщает об изменениях, которые произошли в теории тонких оболочек, указывает на новые моменты в развитии теории расчета оболочек и литературу, в которой имеются основы этого развития.

*1-й Семестр, занятия №9.* Преподаватель на конкретном примере с определенными исходными данными подробно разбирает частные решения задач для тонких оболочек для частных случаев оболочек, таких как пологие и безмоментные оболочки. Подробно рассматривается краевой эффект в оболочках. Сообщает об изменениях, которые произошли в теории тонких оболочек, указывает на новые моменты в развитии теории расчета оболочек и литературу, в которой имеются основы этого развития.

*1-й семестр, занятия №10-11.* Преподаватель на конкретном примере с определенными исходными данными подробно разбирает порядок построения теории анизотропных пластин и оболочек, неоднородных и слоистых оболочек. Подробно рассматриваются ортотропные оболочки, трансверсально изотропные оболочки, неоднородные и слоистые оболочки. Разбирается этапы построения итерационных теорий оболочек. Преподаватель на конкретном примере с определенными исходными данными подробно разбирает методы и алгоритм (порядок) расчета ортотропных оболочек, трансверсально изотропных оболочек, неоднородных и слоистых оболочек с вычислением всех необходимых параметров, демонстрирует сложные моменты по ходу решения задачи. Сообщает об изменениях, которые произошли в методах расчета, указывает на новые моменты в развитии теории расчета ортотропных и трансверсально изотропных оболочек, неоднородных и слоистых оболочек и литературу, в которой имеются основы этого развития.

*1-й Семестр, занятия №12-13.* Преподаватель на конкретном примере с определенными исходными данными подробно разбирает алгоритм (порядок) решения задач статики пластин и оболочек в аналитической форме и современными численными методами, приближенными итерационными методами. Сообщает об изменениях, которые произошли в аналитических и численных методах решения задач теории пластин и оболочек, указывает на новые моменты в развитии методов расчета пластин и оболочек, в которой имеются основы этого развития.

*1-й Семестр, занятие №14.* Преподаватель на конкретном примере с определенными исходными данными подробно разбирает алгоритм (порядок) решения задач статики пластин и оболочек методом последовательных нагружений и двухшаговым методом последовательных возмущений параметров. Демонстрирует преимущества и недостатки методов последовательных нагружений и двухшагового метода последовательных возмущений параметров. Сообщает об изменениях, которые произошли в методах последовательных нагружений и двухшаговом методе последовательных возмущений параметров предназначенных для решения задач теории пластин и оболочек, указывает на новые моменты в развитии этих методов расчета пластин и оболочек, в которой имеются основы этого развития.

#### 4. КОНТРОЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

По дисциплине в конце семестра назначается тестирование по пройденному материалу и его результаты учитываются при подведении текущей аттестации. Оценка осуществляется из расчета до 25 баллов, которые включаются в оценку работы в семестре.

## 5. ТРЕБОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ АТТЕСТАЦИЙ

*Допуск к экзамену* (проставка экзамена, если студент получил на это право по результатам текущего контроля успеваемости) производится после выполнения всех работ, предусмотренных учебным планом и рабочей программой.

*Экзамен* – до 40 баллов (проводится в форме письменного ответа на билет, состоящий из двух вопросов в среднем – по 20 баллов за каждый).

*При оценке качества выполнения и уровня защиты курсовой работы* должны быть соблюдены безусловные требования к работе - соответствие содержания и оформления работы методическим указаниям кафедры, отсутствие принципиальных ошибок.

### *Шкала академических оценок освоения дисциплины*

Виды оценок	Оценки			
Академическая оценка по 100-балльной шкале (экзамен, дифференцированный зачет, зачет)	0...39	40...60	61...80	81...100
Академическая оценка по 4-балльной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Академическая оценка по 2-балльной шкале (зачет)	Не зачтено	Зачтено		

### *Система оценки достижений обучающегося по дисциплине*

№ п/п	Виды учебных мероприятий	Наименование учебных Мероприятий	Максимальное количество баллов за мероприятие
<i>Семестр № 1</i>			
1	Посещение практических занятий	<i>Курс из 14 практических занятий</i>	15
2	Самостоятельная работа студента	<i>Выступление с двумя докладами</i>	20
3	Контрольные мероприятия	<i>Тестирование</i>	25
4	<i>Текущая аттестация</i>		60
5	Промежуточная аттестация	<i>Экзамен</i>	40 (100*)
6	Выполнение КР	<i>Защита КР</i>	100

*\* В случае отказа обучающегося от результатов текущих аттестаций*

При получении более 40 баллов за все этапы текущей аттестации, посещаемость и работу в семестре позволяет, при желании студента, не подвергать его испытаниям на экзамене и выставить экзаменационную оценку в день проведения экзамена.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

### Основная литература

1. Трещёв, А.А. Анизотропные пластины и оболочки из разносопротивляющихся материалов: монография / А.А.Трещев; Рос. акад. архитектуры и строит. наук, ТулГУ. - М.: РААСН; Тула: ТулГУ, 2007. - 160с.: ил. - Библиогр. в конце кн. - ISBN 978-5-7679-0700-2: 100.00. 20 экз.
2. Петров, В.В. Методы расчета конструкций из нелинейно деформируемого материала / В.В.Петров, И.В.Кривошеин // Учеб. пособие. - М.: АСВ, 2009. - 208с.: ил. - Библиогр. в конце кн. - ISBN 5-9221-0674-0 /в пер./: 150.00. 18 экз.
3. Трещев, А.А. Изотропные пластины и оболочки, выполненные из материалов, чувствительных к виду напряженного состояния [Электронный ресурс] : монография /Трещев А.А./ Электрон. текстовые данные.— М.; Тула: Изд-во РААСН, ТулГУ, 2013. – 249 с. – Режим доступа: <https://tsutula.bibliotech.ru/Reader/Book/2014020710385570719500006713> . – Электронный читальный зал «Библиотех», по паролю

### Дополнительная литература

1. Матченко, Н.М. Теория деформирования разносопротивляющихся материалов: Тонкие пластины и оболочки / Н.М.Матченко, А.А.Трещев; Рос. акад. архитектуры и строительных наук; ТулГУ. - М.: Изд-во РААСН,Изд-во ТулГУ, 2005. - 186с.: ил. - Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-7679-0500-2 /в пер./: 90.00.
2. Лизин, В.Т. Проектирование тонкостенных конструкций: Учеб. пособие для вузов / В.Т.Лизин, В.А.Пяткин. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2003. - 448с.: ил. - (Для вузов). - Библиогр. в конце кн. - ISBN 5-217-03209-X /в пер./: 185.00.
3. Лабозин, П.Г. Составные пластины из неоднородных материалов: учебное пособие / П.Г.Лабозин.— М.: Архитектура-С, 2005. - 128с.: ил. - Библиогр. в конце кн. - ISBN 5-9647-0056-X: 88.00.
4. Агапов, В.П. Метод конечных элементов в статике, динамике и устойчивости конструкций: учеб. пособие для вузов / Агапов В.П. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: АСВ, 2004. - 248с.: ил. - Библиогр. в конце кн. - ISBN 5-93093-303-0: 163.00.
5. Ступишин, Л.Ю. Применение метода конечных элементов в расчетах строительных конструкций: Учеб. пособие для вузов / Л.Ю.Ступишин, В.В.Бредихин, А.М.Крыгина, К.Е.Никитин; Курский гос. техн. ун-т. - Курск, 2002. - 255с.: ил. - Библиогр. в конце кн. - ISBN 5-7681-0105-5: 156.00.
6. Кабриц, С.А. Общая нелинейная теория упругих оболочек / С.А.Кабриц, Е.И.Михайловский, П.Е.Товстик и др.; Под ред. К.Ф.Черныха, С.А.Кабрица; СПб. гос. ун-т. - СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2002. - 388с.: ил. - Библиогр. в конце кн. - ISBN 5-288-02922-9 /в пер./: 70.00.
7. Карпов, В.В. Нелинейные математические модели деформирования оболочек переменной толщины и алгоритмы их исследования: Учеб. пособие для вузов / В.В.Карпов, О.В.Игнатъев, А.Ю.Сальников; Под общ. ред. В.В.Карпова; Ассоц. строит. вузов; СПб. гос. архит.-строит. ун-т.- М., 2002. - 420с.: ил. - Библиогр. в конце кн. - ISBN 5-93093-176-3 /в пер./: 132.00.
8. Филиппов В.А. Основы геометрии поверхностей оболочек пространственных конструкций [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Филиппов В.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.— 192 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12926>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

### 3 Периодические издания

1. Известия РАН, МТТ. – Выходит шесть раз в год.
2. Известия вузов. Серия Строительство. Выходит ежемесячно.
3. Механика композитных материалов. – Выходит шесть раз в год.

4. Проблемы прочности. – Выходит шесть раз в год.
5. Прикладная механика и техническая физика. – Выходит ежемесячно.

#### ***4 Интернет-ресурсы***

1. <http://www.predel.chgpu.ru/> - Наилучший источник информации webarciv
2. <http://www.ipmnet.ru/> - Официальный сайт Института Проблем Механики РАН им.

А.Ю.Ишлинского

3. [http://www.elibrary.ru/org\\_items.asp?orgsid=656](http://www.elibrary.ru/org_items.asp?orgsid=656) – Научная электронная библиотека
4. <http://www.imash.ru/> - Официальный сайт Института Машиноведения РАН им.

А.А.Благоднравова

5. <http://www.izvuzstr.sibstrin.ru/pages/fulltext> - Официальный сайт Журнала «Известия вузов. Строительство». Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет