

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИСА

УТВЕРЖДАЮ /А.И. Толстухин/  
(Ф.И.О. декана (директора института))

13.02.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**М.1.2.3 Теория упругости**

*(код и наименование дисциплины по учебному плану)*

Направление подготовки  
(специальность)

08.04.01 Строительство

Квалификация выпускника

Магистр

*(бакалавр/магистр/специалист)*

Программа магистратуры

Промышленное и гражданское строительство:  
конструктивное проектирование

Курс 2  
Семестр 3

**Распределение учебного времени**

Трудоемкость по учебному плану	144 / 4	часов/зачетных единиц
Лекции	16	часов
Лабораторные работы	-	часов
Практические занятия	16	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	32	часов
Контактная работа по экзамену	-	часов
Курсовой проект (работа)	-	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	112	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	-	часов
Экзамен	-	семестр
Зачет	-	семестр
БРК, ДЗ	3	семестр

                      
(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 08.04.01 Строительство

Программу составили:

заведующий кафедрой с ученой степенью доктора наук и ученым званием "профессор"	СМиПМ	СОГЛАСОВАНО	С.П. Иванов
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина  
Кафедра сопротивления материалов и прикладной механики

(наименование кафедры)		
05.02.2024	протокол №	4
(дата)		

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	С.П. Иванов
		(И.О. Фамилия)

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)  
кафедрой(ами).

СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	В.М. Поздеев
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит  
выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	Ю.А. Кузнецова
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Зверев Лев Владимирович, Начальник Автономного учреждения Республики  
Марий Эл Управления государственной экспертизы проектной документации и результатов  
инженерных изысканий (АУ РМЭ УГЭПД)

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 12.03.2024 г.

Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

## Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ПК-3 Способность осуществлять и контролировать выполнение расчётного обоснования проектных решений объектов промышленного и гражданского строительства	ПК-3.1 Выбор исходной информации и нормативно-технических документов для выполнения расчётного обоснования проектных решений объектов промышленного и гражданского строительства	<b>знания:</b> исходной информации и нормативно-технических документов для выполнения расчётного обоснования проектных решений объектов промышленного и гражданского строительства <b>умения:</b> выбирать исходную информацию и нормативно-технические документы для выполнения расчётного обоснования проектных решений объектов промышленного и гражданского строительства <b>навыки:</b> выбора исходной информации и нормативно-технических документов для выполнения расчётного обоснования проектных решений объектов промышленного и гражданского строительства
	ПК-3.2 Выбор метода и методики выполнения расчётного обоснования проектного решения объекта промышленного и гражданского строительства, составление расчётной схемы	<b>знания:</b> как выбирать метод и методику выполнения расчётного обоснования проектного решения объекта промышленного и гражданского строительства, как составлять расчётную схему <b>умения:</b> выбирать метод и методику выполнения расчётного обоснования проектного решения объекта промышленного и гражданского строительства, составлять расчётной схемы <b>навыки:</b> выбора метода и методики выполнения расчётного обоснования проектного решения объекта промышленного и гражданского строительства, составления расчётной схемы
	ПК-3.3 Выполнение расчётного обоснования проектного решения объекта промышленного и гражданского строительства и документирование его результатов	<b>знания:</b> как выполнять расчётное обоснование проектного решения объекта промышленного и гражданского строительства и документирование его результатов <b>умения:</b> выполнять расчётное обоснование проектного решения объекта промышленного и гражданского строительства и документирование его результатов <b>навыки:</b> выполнения расчётного обоснования проектного решения объекта промышленного и гражданского строительства и документирования его результатов

## Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к элективным дисциплинам (модулям) ОПОП.

Дисциплина является элективной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих практик: Учебная практика. Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы) (рассредоточенная) (ПК-3)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Исследование и проектирование железобетонных конструкций (ПК-3); практиках: Производственная практика. Научно-исследовательская работа (рассредоточенная) (ПК-3); государственной итоговой аттестации в форме: Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-3)

### Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: исследовательские, лекционные занятия, практические занятия, процедуры самообучения

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, информационные, классическая лекция

### Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>1. Основные уравнения теории упругости.</b>	<b>68</b>	ПК-3
Лекция. Дифференциальные уравнения равновесия Навье. Условия на поверхности тела. Перемещения и деформации. Зависимость между перемещениями и деформациями (уравнения Коши) в прямоугольной и цилиндрической системах координат. Объемная деформация.	4	
Лекция. Уравнения совместности деформаций (уравнения Сен-Венана). Физические уравнения. Обобщенный закон Гука.	2	
Практическое занятие. Решение плоской задачи теории упругости через функцию напряжений в полинома.	3	
Практическое занятие. Полуобратный метод решения плоской задачи.	3	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение РГР 1. изучение лекционного материала; 2. выполнение расчетно-графической работы (РГР).	56	
<b>2. Изгиб тонких пластин.</b>	<b>76</b>	ПК-3
Лекция. Основные гипотезы и допущения. Перемещения и деформации. Напряжения в пластине. Внутренние силы. Дифференциальное уравнение изгиба срединной плоскости. Постановка граничных условий.	3	
Лекция. Вариационные методы решения задач изгиба пластин.	2	
Практическое занятие. Расчет пластины вариационным методом В.З. Власова.	3	
Практическое занятие. Расчет пластины методом Бубнова-Галеркина.	4	

Лекция. Уравнение равновесия пластины при действии продольных и поперечных сил.	2
Лекция. Изгиб круглых пластин	3
Практическое занятие. Расчет круглой пластины с различными граничными условиями	3
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР, РГР 1. изучение лекционного материала; 2. выполнение расчетно-графической работы (РГР), 3. выполнение контрольной работы.	56
Иная контактная работа: консультации	0

## Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины "Теория упругости" рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности. Занятия лекционного типа дают систематизированные знания по дисциплине "Теория упругости", концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации. Подготовка к занятиям семинарского типа включает ознакомление с планом практического занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины "Теория упругости". Содержание самостоятельной работы определяется рабочей программой дисциплины "Теория упругости", оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины "Теория упругости", к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам. Изучение дисциплины "Теория упругости" включает выполнение расчётно-графических работ, контрольных работ. Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Условия аттестации приведены в технологической карте, входящей в состав рабочей программы дисциплины "Теория упругости".

Формой промежуточной аттестации по дисциплине "Теория упругости" является **балльно-**

## Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
<b>УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ</b>		
1.	Горский, Борис Васильевич. Сборник задач по теории упругости [Текст] / Б. В. Горский, Д. Ф. Бабилов; Марийск.политехн.ин-т им.М.Горького. Горький: ГГУ, 1981. - 58 с. Экземпляры: всего 131.	131
2.	Молотников, В. Я. Теория упругости и пластичности [Электронный ресурс] / Молотников В. Я., Молотникова А. А. Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 532 с. ISBN 978-5-507-47969-6.	<a href="https://e.lanbook.com/book/335192">https://e.lanbook.com/book/335192</a>
3.	Самуль, Владислав Иосифович. Основы теории упругости и пластичности [Текст] : [учеб. пособия для строит. специальностей вузов] / Самуль, Владислав Иосифович. 2-е изд., перераб. Москва: Высшая школа, 1982. - 263 с. Экземпляры: всего 24.	24
4.	Рекач, Владимир Германович. Руководство к решению задач прикладной теории упругости [Текст] : Учеб.пособие для студ.строит.спец.вузов / Рекач, Владимир Германович. 2-е изд.,испр.и доп. Москва: Высшая школа, 1984. - 286 с. Экземпляры: всего 23.	23
5.	Иванов, Сергей Павлович. Изгиб прямоугольных пластин [Текст] : учеб. пособие / С. П. Иванов; М-во образования и науки РФ, ГОУ ВПО "Мар. гос. техн. ун-т". Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. - 95 с. ISBN 978-5-8158-0843-0. Экземпляры: всего 70.	70 / <a href="https://portal.volgatech.net/books/Ivanov_izgib_prjamougolnyx_plastin.pdf">https://portal.volgatech.net/books/Ivanov_izgib_prjamougolnyx_plastin.pdf</a>
<b>ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ</b>		
1.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
2.	Научная электронная библиотека «Киберленинка»	<a href="http://cyberleninka.ru">http://cyberleninka.ru</a>
<b>ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ</b>		
1.	Профессиональные справочные системы Техэксперт	<a href="http://www.cntd.ru">http://www.cntd.ru</a>

## 6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	153 (I)	ИЗМЕРИТЕЛЬН.СИСТЕМА СИИТ-3 (1), ИЗМЕРИТЕЛЬН.СИСТЕМА СИИТ-3 (1), ИСПЫТ.МАШИНА ГРМ-1 (1), Копер маятниковый WRM (1969г) (1), Копировальная машина FC-210 (1), МАШИНА КМ-50-1 (1). МАШИНА РАЗРЫВНАЯ	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-

		ИР 5047 50-02 (1), МАШИНА РАЗРЫВНАЯ Р-5 (1), Монитор LCD Samsung 19" SM 940 N (1), УН.ИСПЫТ МАШИНАГМС20 (1), УСТАНОВКА ППУ-7 (1), Комплект учебной мебели (1)	Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
2.	154 (I)	МОДЕЛЬ ДЛЯ ДЕМОНСТР (1), Монитор 19" Samsung 940MG (DOCSK) (1), Монитор LCD Samsung SM 17" (1), Ноутбук Samsung NP -RF 511-S02RU 15,6" (1), Ноутбук Voyager W510L i740(PM 1,73/533)i915GM/512/60 (1), Систем.блок Р-Athlon64 X2 6000/1024*2Мб/320 Gb/клавиатура+мышь+коврик (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач
3.	155 (I)	Лабораторная установка"Модель М1" (1), Лабораторная установка"Модель М2" (1), Лабораторная установка"Модель М3" (1), Лабораторная установка"Модель М4" (1), Экран на штативе 180x180 (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач

## Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ	отлично

### 7.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины (модуля) и производится с применением технологии рейтингового контроля в соответствии с технологической картой дисциплины. Порядок составления технологической карты и алгоритм проведения процедуры оценивания видов деятельности обучающихся, направленных на освоение знаний, умений, навыков и/или опыта деятельности, по накопительной системе в баллах устанавливается положением о системе РИТМ в ФГБОУ ВО «ПГТУ»

### 7.2. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

#### Контрольная работа

1. Запишите проекцию на ось  $x$  напряжений, действующих на правой грани куба бесконечно малого объема сторонами  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  (рис. 1).
2. Запишите проекцию на ось  $u$  напряжений, действующих на передней грани куба бесконечно малого объема сторонами  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  (рис. 1).
3. Запишите проекцию на ось  $z$  напряжений, действующих на верхней грани куба



бесконечно малого объема сторонами  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$  (рис. 1).

4. Запишите условие на поверхности  $X_v = \dots$
5. Дана функция напряжений  $\varphi(x,y) = x^4y - x^2y^3 - xy$ . Определены напряжения:  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\tau_{xy}$ .
6. Дана функция напряжений  $\varphi(x,y) = Ax^4y - Bx^2y^3 + Cxy$ . При каких соотношениях коэффициентов функция удовлетворяет бигармоническому уравнению?
7. Запишите дифференциальное уравнение при осесимметричном изгибе круглой пластинки.
8. Решение дифференциального уравнения осесимметричного изгиба круглой пластинки при действии равномерно распределенной нагрузки  $q$  имеет вид  $w = C_1 + C_2 \ln r + C_3 r^2 + C_4 r^2 \ln r + q r^4 / 64 D$ . Из каких условий определяются постоянные  $C_i$ ?
9. Как составляются уравнения для решения задачи устойчивости шарнирно-опертой прямоугольной пластинки?

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

### Вопросы для зачета (БРК)

1. Как выражается деформация через перемещения  $\varepsilon_x = \dots$  ?
2. Как выражается деформация через перемещения  $\varepsilon_y = \dots$  ?
3. Как выражается деформация через перемещения  $\varepsilon_z = \dots$  ?
4. Как выражается деформация через перемещения  $\gamma_{xy} = \dots$  ?
5. Как выражается деформация через перемещения  $\gamma_{yz} = \dots$  ?
6. Как выражается деформация через перемещения  $\gamma_{zx} = \dots$  ?
7. Запишите формулу обобщенного закона Гука в прямой форме  $\varepsilon_x = \dots$
8. Запишите формулу обобщенного закона Гука в прямой форме  $\varepsilon_y = \dots$
9. Запишите формулу обобщенного закона Гука в прямой форме  $\varepsilon_z = \dots$
10. Запишите формулу обобщенного закона Гука в прямой форме  $\gamma_{xy} = \dots$
11. Запишите формулу обобщенного закона Гука в прямой форме  $\gamma_{yz} = \dots$
12. Запишите формулу обобщенного закона Гука в прямой форме  $\gamma_{zx} = \dots$
13. Запишите формулу обобщенного закона Гука в обратной форме  $\sigma_x = \dots$
14. Запишите формулу обобщенного закона Гука в обратной форме  $\sigma_y = \dots$
15. Запишите формулу обобщенного закона Гука в обратной форме  $\sigma_z = \dots$

16. Запишите формулу обобщенного закона Гука в обратной форме  $\tau_{xy} = \dots$
17. Запишите формулу обобщенного закона Гука в обратной форме  $\tau_{yz} = \dots$
18. Запишите формулу обобщенного закона Гука в обратной форме  $\tau_{zx} = \dots$
19. Какое количество неизвестных мы имеем при решении задачи теории упругости (ТУ)?
20. Какое количество уравнений необходимо для решения задачи ТУ?
21. Какие методы используются для решения задач ТУ?
22. Какие неизвестные принимаются при решении задач ТУ в перемещениях?
23. Какие неизвестные принимаются при решении задач ТУ в напряжениях?
24. Запишите статические уравнения для решения плоской задачи ТУ.
25. Запишите геометрические уравнения для решения плоской задачи ТУ.
26. Запишите физические уравнения для решения плоской задачи ТУ.
27. Сколько основных уравнений необходимо для решения плоской задачи ТУ?
28. Сколько неизвестных и какие имеем при решении плоской задачи ТУ?
29. Гипотезы Кирхгоффа-Лява. Сколько их и как они формулируются?
30. Запишите уравнения Софи-Жермен. В чем заключается физический смысл данного уравнения?
31. Сформулируйте граничные условия для шарнирно-опертого края прямоугольной пластинки.
32. Сформулируйте граничные условия для защемленного края прямоугольной пластинки.
33. Сформулируйте граничные условия для свободного края прямоугольной пластинки.
34. В каком виде принимается прогиб  $w(x,y)$  при расчете прямоугольных пластин вариационным методом Власова-Канторовича?
35. Какие условия должны выполняться при выборе координатных функций  $f_i(x)$  ?