


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Декан механико-математического  
факультета

 Захаров А.М.  
"28" 09 2021г.

Рабочая программа дисциплины  
ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ

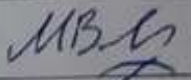

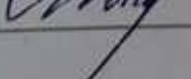
Направление подготовки бакалавриата  
01.03.03 Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки бакалавриата  
Механика деформируемых тел и сред

Квалификация (степень) выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
Очная

Саратов,  
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Вильде М.В.		28.09.2021
Председатель НМК	Тышкевич С.В.		28.09.2021
Заведующий кафедрой	Коссович Л.Ю.		28.09.2021
Специалист Учебного управления			

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Основы теории пластичности» является приобретение базовых знаний в важном с точки зрения практических приложений разделе нелинейной механики твердого тела – теории пластичности и ознакомление с современными математическими методами расчета конструкций на прочность с учетом пластического течения.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Основы теории пластичности» включена в часть, формируемую участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к дисциплинам по выбору ООП бакалавриата по направлению 01.03.03 «Механика и математическое моделирование» и профилю подготовки «Механика деформируемых тел и сред». На ее изучение отводится 180 часов (68 часов аудиторной работы, 1 час КСР, 75 часов СРС, 36 часов – контроль). В соответствии с учебным планом, занятия проводятся в седьмом семестре. Согласно учебному плану направления и профиля подготовки данный курс в седьмом семестре заканчивается экзаменом.

Дисциплина «Основы теории пластичности» связана с дисциплинами: «Математический анализ», «Алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Теоретическая и прикладная механика», «Соппротивление материалов», «Теория линейной упругости», «Основы механики сплошной среды», «Уравнения математической физики», «Математические модели в механике сплошной среды. Часть 1», в результате изучения которых студент должен знать теоретические основы дифференциального и интегрального исчисления, методов алгебры, дифференциальных уравнений, уравнений математической физики. Студент должен уметь дифференцировать, интегрировать, решать системы линейных и нелинейных уравнений, аналитически решать дифференциальные уравнения и задачи математической физики. уметь формулировать и решать инженерные задачи по определению напряженно-деформированного состояния упругих тел.

Знания и умения, полученные студентами при изучении дисциплины «Основы теории пластичности», используются в дисциплинах: «Основы теории распространения упругопластических волн», «Теория тонких упругих оболочек», «Пакеты прикладных программ», а также при прохождении учебных практик и выполнении выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы).

## 3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез	1.1_Б.УК-1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие.	<b>Знать:</b> – постановку основных задач теории пластичности;

<p>информации, применять системный подход для решения поставленных задач.</p>	<p>Осуществляет декомпозицию задачи.</p>	<p>– основные этапы построения и исследования моделей, описывающих пластическую деформацию твердого тела.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>– анализировать задачи, выделяя ее базовые составляющие;</p> <p>– осуществлять декомпозицию задачи.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>– навыками анализа задачи с выделением ее базовых составляющих.</p>
	<p><b>2.1_Б.УК-1.</b> Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <p>– основные источники информации по теории пластичности;</p> <p>– способы извлечения необходимой научно-технической информации из электронных и бумажных носителей по теории пластичности.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>– находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>– навыками критического анализа информации по применению теории пластичности к практическим задачам.</p>
	<p><b>3.1_Б.УК-1.</b> Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <p>– основные аналитические методы решения задач теории пластичности.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>– оценить достоинства и недостатки различных вариантов решения задач теории пластичности.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>– навыками выбора оптимального решения для</p>

	<p><b>4.1_Б.УК-1.</b> Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки. Отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности.</p>	<p>поставленной задачи.</p> <p><b>Знать:</b> – основные положения теории пластичности и их обоснование.</p> <p><b>Уметь:</b> – грамотно, логично, аргументированно формировать собственные суждения и оценки в области применения теории пластичности; – отличать факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками формирования собственных суждений и оценок в области применения теории пластичности; – навыками грамотного, логичного и аргументированного изложения своей позиции по вопросам применения теории пластичности.</p>
	<p><b>5.1_Б.УК-1.</b> Определяет и оценивает практические последствия возможных решений задачи.</p>	<p><b>Знать:</b> – основные математические модели теории пластичности и методы их исследования.</p> <p><b>Уметь:</b> – определить практические последствия решения задач в области применения теории пластичности; – оценить практические последствия решения задач в области применения теории пластичности.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками определения и оценивания практических последствий применения решений задач теории пластичности к моделированию поведения реальных объектов.</p>

<p><b>УК-2.</b> Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих норм, имеющихся ресурсов и ограничений.</p>	<p><b>1.1_Б.УК-2.</b> Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p>	<p><b>Знать:</b>  – основные этапы физического и математического моделирования при решении задач о пластической деформации твердого тела;  – основные математические модели теории пластичности и методы их исследования.</p> <p><b>Уметь:</b>  – сформулировать совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели;  – определить ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p> <p><b>Владеть:</b>  – навыками формулировки совокупности взаимосвязанных задач для достижения поставленной цели;  – навыками определения ожидаемых результатов решения поставленных задач.</p>
	<p><b>2.1_Б.УК-2.</b> Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений.</p>	<p><b>Знать:</b>  – основные аналитические методы решения задач теории пластичности;  – основные этапы физического и математического моделирования при решении задач теории пластичности.</p> <p><b>Уметь:</b>  – спроектировать решение конкретной задачи теории пластичности, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений.</p> <p><b>Владеть:</b>  – навыками проектирования решения задачи теории пластичности и выбора оптимального метода</p>

		<p>решения, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений.</p>
	<p><b>3.1_Б.УК-2.</b> Решает конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время.</p>	<p><b>Знать:</b> – постановку и методы решения основных задач теории пластичности.</p> <p><b>Уметь:</b> – правильно распределить время, выделенное на решение поставленной задачи; – решать конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками постановки и решения задач в области применения теории пластичности за установленное время.</p>
	<p><b>4.1_Б.УК-2.</b> Публично представляет результаты решения конкретной задачи проекта.</p>	<p><b>Знать:</b> – основные этапы физического и математического моделирования при решении задач теории пластичности; – основные математические модели теории пластичности и методы их исследования.</p> <p><b>Уметь:</b> – публично представлять результаты решения конкретной задачи.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками публичного представления результатов решения конкретной задач о пластической деформации твердого тела под действием заданных нагрузок.</p>

<p><b>УК-6.</b> Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.</p>	<p><b>1.1_Б.УК-6.</b> Применяет знание о своих ресурсах и их пределах (личностных, ситуативных, временных и т.д.) для успешного выполнения порученной работы.</p>	<p><b>Знать:</b> – свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные и т.д.).</p> <p><b>Уметь:</b> – применять имеющиеся ресурсы (личностные, ситуативные, временные и т.д.) для успешного выполнения порученной работы.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками использования имеющихся ресурсов (личностных, ситуативных, временных и т.д.) для успешного выполнения порученной работы.</p>
	<p><b>2.1_Б.УК-6.</b> Понимает важность планирования перспективных целей деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда.</p>	<p><b>Знать:</b> – основы планирования целей деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b> – планировать цели деятельности с учетом условий, имеющихся средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками планирования целей деятельности при решении задач теории пластичности с учетом условий, средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</p>
	<p><b>3.1_Б.УК-6.</b> Реализует намеченные цели деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда.</p>	<p><b>Знать:</b> – основы планирования целей деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b> – реализовывать намеченные цели деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, временной перспективы</p>

		<p>развития деятельности.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками реализации намеченных целей деятельности при решении задач о пластической деформации твердого тела с учетом условий, средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</li> </ul>
	<p><b>4.1_Б.УК-6.</b> Критически оценивает эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основы планирования целей деятельности.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– критически оценить эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками корректировки плана в зависимости от эффективности использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.</li> </ul>
	<p><b>5.1_Б.УК-6.</b> Демонстрирует интерес к учебе и использует предоставляемые возможности для приобретения новых знаний и навыков.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные и т.д.).</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– видеть предоставленные возможности.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– способностью к использованию предоставляемых возможностей для приобретения новых знаний и навыков.</li> </ul>
<p><b>ПК-1.</b> Способен составлять математические модели для расчета поведения элементов конструкций при</p>	<p><b>1.1_Б.ПК-1.</b> Демонстрирует знание классических уравнений механики и математической физики,</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– классические уравнения механики и математической физики, основные</li> </ul>



<p>силовом и температурном воздействиях.</p>	<p>основных инженерных теорий деформирования стержней, пластин и оболочек.</p>	<p>положения, уравнения и методы теории пластичности.</p> <p><b>Уметь:</b>  – подобрать и сформулировать в соответствии с поставленной задачей классические уравнения механики и математической физики, основные положения и уравнения теории пластичности.</p> <p><b>Владеть:</b>  – научной терминологией и математическими методами, необходимыми для постановки задач теории пластичности.</p>
	<p><b>2.1_Б.ПК-1.</b> Способен осуществить сбор и обработку исходных данных по геометрии и физико-механическим характеристикам заданного элемента конструкции.</p>	<p><b>Знать:</b>  – основные способы сбора и обработки информации.</p> <p><b>Уметь:</b>  – осуществлять сбор и обработку данных о геометрии и физико-механических характеристиках элементов конструкций, требующих расчета с учетом пластической деформации.</p> <p><b>Владеть:</b>  – навыками получения путем непосредственного измерения либо использования информационных ресурсов данных о геометрических и физико-механических характеристик, необходимых для расчета по теории пластичности, и методами их обработки.</p>
	<p><b>3.1_Б.ПК-1.</b> Способен сформулировать и обосновать математическую модель, описывающую деформацию заданного элемента под действием</p>	<p><b>Знать:</b>  – основные модели теории пластичности и области их применения.</p> <p><b>Уметь:</b>  – выбрать, сформулировать</p>

	<p>заданных нагрузок.</p>	<p>и обосновать математическую модель пластической деформации твердого тела в соответствии с поставленной практической задачей.</p> <p><b>Владеть:</b>  – навыками анализа и обобщения существующего опыта решения задач расчета элементов конструкций с учетом пластического течения, научной терминологией и математическими методами, необходимыми для составления и обоснования модели пластической деформации элемента конструкции.</p>
	<p><b>4.1_Б.ПК-1.</b> Способен составить конечно-элементную модель на основании данных о геометрии, физико-механических свойствах и нагружении элемента конструкции.</p>	<p><b>Знать:</b>  – основные положения метода конечных элементов и принципы работы современных программных пакетов, особенности применения метода конечных элементов при расчете элементов конструкций с учетом пластического течения.</p> <p><b>Уметь:</b>  – сформулировать математическую постановку задачи о пластической деформации твердого тела в терминах метода конечных элементов.</p> <p><b>Владеть:</b>  – навыками представления постановки задачи о пластической деформации твердого тела в различных формах, в том числе и в форме, подходящей для конечно-элементной реализации.</p>
	<p><b>5.1_Б.ПК-1.</b> Способен оценить эффективность построенной модели с точки</p>	<p><b>Знать:</b>  – основные гипотезы теории пластичности и пределы их</p>

	<p>зрения точности расчета и экономии вычислительных ресурсов.</p>	<p>применимости, методы построения неклассических теорий пластичности.</p> <p><b>Уметь:</b> – определить порядок погрешностей расчета, связанных с погрешностями применяемой модели и вычислительными погрешностями.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками определения пределов применимости и погрешности моделей теории пластичности, оценки вычислительных погрешностей и степени затраты вычислительных ресурсов при использовании известных методов решения задач теории пластичности.</p>
<p><b>ПК-2.</b> Способен к проведению расчетов поведения элементов конструкций при силовом и температурном воздействиях с использованием прикладных приближенных теорий и метода конечных элементов.</p>	<p><b>1.1_Б.ПК-2.</b> Знает основные методы решения задач прикладных теорий стержней, пластин и оболочек, а также основы теории метода конечных элементов.</p>	<p><b>Знать:</b> – методы аналитического и численного решения задач теории пластичности, математические методы, необходимые для решения таких задач.</p> <p><b>Уметь:</b> – выбрать метод решения задачи теории пластичности в соответствии с поставленной практической задачей.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками оценки применимости того или иного метода решения задач теории пластичности для решения поставленной практической задачи.</p>
	<p><b>2.1_Б.ПК-2.</b> Способен получить и реализовать решение задачи о деформировании элемента конструкции под действием заданной нагрузки в случаях, когда задача допускает аналитическое решение.</p>	<p><b>Знать:</b> – основные задачи теории пластичности, допускающие аналитическое решение, постановки и методы решения таких задач; иметь понятие о предельном состоянии.</p>

		<p><b>Уметь:</b> – получить аналитическое решение задачи теории пластичности и реализовать его с использованием современных программных пакетов.</p> <p><b>Владеть:</b> – методами математического анализа и теории дифференциальных уравнений в частных производных в применении к задачам теории пластичности, современной вычислительной техникой.</p>
	<p><b>3.1_Б.ПК-2.</b> Способен построить и реализовать конечно-элементную расчетную схему с применением современных программных комплексов.</p>	<p><b>Знать:</b> – области и пределы применимости различных теорий пластической деформации и пластического течения.</p> <p><b>Уметь:</b> – оценить возможность применения того или иного варианта теории пластичности, выбрать соответствующий тип конечного элемента.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками аналитического решения задач теории пластичности и тестирования конечно-элементной расчетной схемы путем сравнения с аналитическим решением для некоторого частного случая, допускающего такое решение.</p>
	<p><b>4.1_Б.ПК-2.</b> Способен подобрать и обосновать разбиение конструкции на конечные элементы, проанализировать влияние размеров сетки на точность расчетов.</p>	<p><b>Знать:</b> – основные выводы общей теории пластичности о характере напряженно-деформированного состояния в зависимости от формы тела и приложенных нагрузок.</p> <p><b>Уметь:</b> – качественно описать</p>

		<p>пластическую деформацию тела заданной формы, нагруженного заданным образом.</p> <p><b>Владеть:</b>  – навыками аналитического решения задач теории пластичности и определения погрешности конечно-элементной расчетной схемы, в том числе влияния размеров сетки, путем сравнения с аналитическим решением для некоторого частного случая, допускающего такое решение.</p>
	<p><b>5.1_Б.ПК-2.</b> Может провести верификацию полученных результатов и самостоятельно сформулировать выводы на основе анализа проведенных расчетов.</p>	<p><b>Знать:</b>  – научную литературу в области теории пластичности, общие закономерности достижения предельного состояния и пластического течения при действии нагрузок того или иного типа.</p> <p><b>Уметь:</b>  – оценить достоверность полученного решения путем сравнения с решениями аналогичных задач, полученными другими исследователями, сравнения решений одной и той же задачи, полученных разными методами, сопоставления полученного решения с общими физическими закономерностями и имеющимся практическим опытом.</p> <p><b>Владеть:</b>  – навыками выявления качественных характеристик пластической деформации элемента конструкции по количественным данным расчетов, формулировки выводов по полученным результатам, необходимой</p>

		для этого научной и технической терминологией.
<p><b>ПК-4.</b> Способен проводить экспериментальные исследования в области механики деформируемых тел (сред) и анализировать их результаты.</p>	<p><b>1.1_Б.ПК-4.</b> Знает основные методы экспериментальных исследований в области механики деформируемых тел и сред.</p>	<p><b>Знать:</b> – основные методы экспериментальных исследований процессов пластического деформирования твердого тела.</p> <p><b>Уметь:</b> – осуществлять поиск литературы о современных экспериментальных методах, пригодных для исследования процессов пластического деформирования.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками оценки применимости того или иного метода экспериментального исследования процессов пластического деформирования для случая, возникающего в поставленной практической задаче.</p>
	<p><b>2.1_Б.ПК-4.</b> Обладает знаниями о современном экспериментальном оборудовании, принципах его работы и порядке применения.</p>	<p><b>Знать:</b> – основные типы и принципы работы современного экспериментального оборудования.</p> <p><b>Уметь:</b> – осуществлять поиск литературы об экспериментальном оборудовании, позволяющем исследовать процессы пластического деформирования.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками оценки применимости того или иного экспериментального оборудования для исследования процессов пластического деформирования,</p>

		возможных в случае поставленной практической задачи.
	<p><b>3.1_Б.ПК-4.</b> Способен применить специализированное программное обеспечение при проведении экспериментальных исследований.</p>	<p><b>Знать:</b> – особенности вычислительных задач, возникающих при экспериментальном исследовании процессов пластического деформирования, методы решения таких задач.</p> <p><b>Уметь:</b> – решать задачи по определению механических свойств твердого тела экспериментальным данным о его пластической деформации с помощью аналитических методов для оценки правильности работы программного обеспечения.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками анализа и оценки достоверности результатов обработки экспериментальных данных с помощью современного программного обеспечения с точки зрения соответствия основным положениям и выводам теории пластичности.</p>
	<p><b>4.1_Б.ПК-4.</b> Знает основные методы обработки экспериментальных данных и может их применить.</p>	<p><b>Знать:</b> – определения, механический смысл и размерности экспериментально определяемых величин, характеризующих процесс пластического деформирования твердого тела.</p> <p><b>Уметь:</b> – произвести расчет требуемых величин, характеризующих процесс пластического деформирования, по имеющимся</p>

		<p>экспериментальным данным.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками использования современной вычислительной техники для обработки экспериментальных данных о процессах пластического деформирования.</p>
	<p><b>5.1 Б.ПК-4.</b> Способен самостоятельно обнаружить закономерности в результатах проведенных экспериментальных исследований, сопоставить их с результатами других исследователей и теоретическими предсказаниями.</p>	<p><b>Знать:</b> – основные положения механики сплошных сред, теории упругости, теории пластичности, основные закономерности пластического течения под действием того или иного типа нагрузок.</p> <p><b>Уметь:</b> – осуществить поиск научной литературы по экспериментальным и теоретическим исследованиям процессов пластического деформирования.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками выявления качественных характеристик процессов пластического деформирования по количественным данным экспериментальных исследований, формулировки выводов по полученным результатам, необходимой для этого научной и технической терминологией.</p>
<p><b>ПК-5.</b> Способен подготовить планы исследований в области механики деформируемых тел (сред) и рекомендации по практическому применению научных результатов</p>	<p><b>1.1 Б.ПК-5.</b> Обладает навыками поиска, анализа и обобщения научно-технической информации в области механики деформируемых тел и сред.</p>	<p><b>Знать:</b> – основные методы и способы сбора, обработки, анализа и обобщения информации в области задач о пластической деформации твердых тел.</p> <p><b>Уметь:</b> – находить и систематизировать</p>



		<p>источники для сбора информации в области задач о пластической деформации твердых тел.</p> <p><b>Владеть:</b>  – навыками анализа и обобщения имеющейся научно-технической информации о процессах пластического деформирования твердых тел.</p>
	<p><b>2.1_Б.ПК-5.</b> Может разработать план научно-исследовательской деятельности в соответствии с поставленной задачей на основе передового отечественного и международного опыта.</p>	<p><b>Знать:</b>  – цели, задачи и этапы научно-исследовательской деятельности в области исследования процессов пластического деформирования твердых тел.</p> <p><b>Уметь:</b>  – сформулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности для случая конкретной практической задачи, составить примерный план.</p> <p><b>Владеть:</b>  – научно-технической терминологией, необходимой для грамотного составления планов научно-исследовательской деятельности в области исследования процессов пластического деформирования твердых тел.</p>
	<p><b>3.1_Б.ПК-5.</b> Способен определить возможность применения известных результатов научных исследований для заданной практической цели и сформулировать рекомендации по внедрению.</p>	<p><b>Знать:</b>  – основные положения и пределы применимости теории пластичности, основные методы расчета на прочность по данным о напряженном состоянии тонкой оболочки с учетом пластического перераспределения.</p>

		<p><b>Уметь:</b> – оценить возможность применения результатов научных исследований для заданной практической цели с точки зрения применимости используемой теории, точности метода расчета и других параметров.</p> <p><b>Владеть:</b> – навыками определения соответствия между требованиями практики и возможностями теории пластичности.</p>
--	--	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины «Основы теории пластичности»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия		КСР	СРС	Контроль	Всего	
					Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка					
1	Введение	7	1	2	2	-	-	2		6	Устный опрос
2	Методы расчета стержневых систем с учетом пластичности	7	2-3	4	4	-	-	18		26	Устный опрос, проверка решения практических задач
3	Количественное описание напряженно-деформированного состояния частицы твердого тела	7	4	2	2	-	-	12		16	Устный опрос
4	Идеальная пластичность. Основные теоремы, постановки задач, примеры решения задач.	7	5-10	12	12	-	-	10		34	Устный опрос, проверка решения практических задач
5	Упругопластическое упрочняющееся тело. Деформационная теория пластичности.	7	11-15	10	10	-	1	11		32	Контрольная работа
6	Теория течения. Постановки задач, методы решения задач.	7	16-17	4	4	-	-	22		30	Устный опрос
7	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>7</b>		-	-	-	-	-	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>Экзамен</b>
8	<b>Общая трудоемкость дисциплины – 180 часов</b>	<b>7</b>		<b>34</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>75</b>	<b>36</b>	<b>180</b>	

## Содержание дисциплины

### Раздел 1. Введение

Свойства упругости, пластичности и ползучести. Значение теории пластичности для расчета прочности и деформируемости элементов конструкций. Задачи и методы теории пластичности. Диаграмма упругопластического деформирования. Эффект Баушингера. Идеализация диаграммы упругопластического деформирования. Идеальная пластичность. Упрочняющееся упругопластическое тело.

### Раздел 2. Методы расчета стержневых систем с учетом пластичности

Расчет стержневых систем на прочность по допускаемым напряжениям и по допустимым нагрузкам. Предельное состояние. Остаточные напряжения после пластической деформации. Условие текучести и поверхность текучести. Ассоциированный закон течения. Выпуклость поверхности текучести. Статический и кинематический методы определения предельной нагрузки.

### Раздел 3. Количественное описание напряженно-деформированного состояния частицы твердого тела

Девиатор деформаций. Интенсивность деформаций и ее механический смысл. Деформация октаэдрического волокна. Направляющий тензор деформаций. Параметр Лоде-Надеи. Девиатор напряжений. Интенсивность напряжений. Механический смысл интенсивности напряжений. Напряжения на октаэдрической площадке. Направляющий тензор напряжений. Геометрическая интерпретация девиаторов деформаций и напряжений. Единичные вектора деформаций и напряжений. Траектории деформаций и напряжений. Понятие о простых процессах деформирования и нагружения.

### Раздел 4. Идеальная пластичность. Основные теоремы, постановки задач, примеры решения задач

Принцип максимума и постулат Друкера. Диссипативная функция. Постановка задач теории идеальной пластичности. Теорема единственности. Экстремальные свойства предельных состояний текучести. Условия пластичности Треска–Сен-Венана и Мизеса. Теория изгиба стержней. Общие соотношения. Плоский изгиб стержня из упрочняющегося и идеально-пластического материала. Предельный момент. Жесткопластическая балка. Понятие о пластическом шарнире. Продольно-поперечный изгиб стержня. Предельная поверхность в пространстве усилий и моментов. Плоские осесимметричные задачи. Труба под внутренним давлением. Растяжение тонкой пластины с отверстием. Плоская деформация жесткопластического тела. Основные уравнения. Линии скольжения. Соотношения вдоль характеристик. Задачи о сквозном пластическом течении. Растяжение полосы с отверстием и с боковыми выточками. Изгиб консольной балки. Предельное состояние закрученного стержня. Предельное равновесие пластин. Задачи о стесненном пластическом течении. Действие штампа на полуплоскость (задача Прандтля). Одностороннее нагружение клина. Случай тупого и

острого клина. Плоское напряженное состояние. Общие уравнения. Жесткопластическое тело. Образование шейки в плоском образце.

## **Раздел 5. Уруголастическое упрочняющееся тело. Деформационная теория пластичности**

Деформационная теория пластичности. Основные гипотезы. Определяющие соотношения. Постановка краевых задач и общие теоремы в деформационной теории пластичности. Приближенные методы решения: метод Ритца, метод упругих решений. Теорема А.А. Ильюшина о простом нагружении. Теорема о единственности решения. Теорема о разгрузке. Кручение бруса с круговым поперечным сечением. Случай линейного упрочнения. Толстостенная сфера под действием внутреннего давления. Распространение продольных возмущений в уруголастическом стержне. Понятие о простых волнах. Волна разгрузки. Остаточные деформации.

## **Раздел 6. Теория течения. Постановки задач, методы решения задач**

Постулат Друкера. Теория течения. Постановка краевых задач и общие теоремы в теории течения. Изотропное и трансляционное упрочнение. Определяющие соотношения в конической точке поверхности. Связь деформационной теории и теории течения. Границы применимости деформационной теории. Вариационные методы решения задач теории пластичности. Совместное растяжение и кручение тонкостенной трубы, сравнение решений по деформационной теории и теории пластического течения.

## **Темы практических занятий по дисциплине «Основы теории пластичности»**

1. Определение предельного состояния статически неопределимой стержневой системы.
2. Построение поверхности текучести для стержневой системы.
3. Механический смысл интенсивности деформаций и напряжений, параметра Лоде-Надеи.
4. Решение задач о плоском изгибе стержня из идеального жесткопластического материала.
5. Построение предельной поверхности в задачах об изгибе стержня.
6. Осесимметричные задачи теории идеальной пластичности.
7. Решение простейших задач деформационной теории пластичности.
8. Задачи о стесненном пластическом течении.
9. Задачи о сквозном пластическом течении.

## **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины**

Для реализации компетентного подхода в учебном процессе применяются следующие образовательные технологии:

1) при проведении лекционных занятий: информационные лекции, проблемные лекции, лекции беседы, лекции дискуссии, лекции с заранее запланированными ошибками;

2) при проведении практических занятий: традиционные занятия, занятия исследования, проблемные ситуации, ситуации с ошибкой;

3) при организации самостоятельной работы студентов: поиск и обработка информации, в том числе с использованием информационно-телекоммуникационных технологий; исследование проблемной ситуации; постановка и решение задач из предметной области; отработка навыков применения стандартных методов к решению задач предметной области.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу студентов и руководство этой работой со стороны преподавателей. Применяются следующие формы контроля: устный опрос, проверка решения практических задач, контрольная работа.

*При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов* используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуального обучения, применение соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения, проведение дополнительных индивидуальных консультаций по изучаемым теоретическим вопросам и практическим занятиям, оказание помощи при подготовке к промежуточной аттестации. Подготовка, при необходимости, учебных и контрольно-измерительных материалов в формах, доступных для изучения студентами с особыми образовательными потребностями (для студентов с нарушениями зрения учебные материалы подготавливаются с применением укрупненного шрифта, используются аудиозаписи занятий; для студентов с нарушением слуха предоставляются электронные лекции, печатные раздаточные материалы с заданиями для самостоятельной работы).

При необходимости, для подготовки к ответу на практическом занятии, студентам с инвалидностью и студентам с ограниченными возможностями здоровья среднее время увеличивается в 1,5–2 раза по сравнению со средним временем подготовки обычного студента.

Для студентов с инвалидностью или с ограниченными возможностями здоровья форма промежуточной аттестации устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). Промежуточная аттестация по дисциплине может проводиться в несколько этапов в форме рубежного контроля по завершению изучения отдельных тем дисциплины.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Основы теории пластичности»**

**Самостоятельная внеаудиторная работа** студентов проводится в форме изучения и анализа лекционного материала, изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе, подбора дополнительных источников для извлечения научно-технической информации, связанной с проблемами, изучаемыми в рамках данной дисциплины и самостоятельного решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях, подготовки к промежуточной аттестации.

**Самостоятельная аудиторная работа** студентов проводится в форме самостоятельного решения задач на практических занятиях с дальнейшим их разбором и обсуждением; выполнения контрольных работ; поиска решений проблемных ситуаций, предложенных на лекциях и практических занятиях; поиска и устранения ошибок, заложенных в представлении материала преподавателем и допущенных другими студентами.

**Текущий контроль** усвоения дисциплины «Основы теории пластичности» проводится в форме устных опросов на лекционных и практических занятиях, разбора и обсуждения решаемых задач на практических занятиях, контрольной работы на тему «Расчет балок и стержневых систем с учетом пластичности».

### ***Примеры типовых заданий для контрольной работы:***

#### **Задача 1**

Найти предельную нагрузку, соответствующую наступлению общей текучести, для заданной статически неопределимой системы стержней, нагруженной заданной нагрузкой.

#### **Задача 2**

Построить поверхность текучести для заданной статически неопределимой системы стержней.

#### **Задача 3**

Определить остаточные деформации и напряжения в заданной системе стержней, нагруженной заданной нагрузкой, если она была выведена в упругопластическую стадию, а потом разгружена.

#### **Задача 4**

Определить положение пластических шарниров в заданной статически неопределимой балке, нагруженной заданной нагрузкой.

## Задача 5

Построить поверхность текучести для заданной статически неопределимой балки, нагруженной заданным образом.

**Промежуточная аттестация** по дисциплине «Основы теории пластичности» проводится в форме экзамена в седьмом семестре.

### *Список вопросов к устному экзамену*

1. Свойства упругости, пластичности и ползучести.
2. Значение теории пластичности для расчета прочности и деформируемости элементов конструкций.
3. Задачи и методы теории пластичности.
4. Диаграмма упругопластического деформирования.
5. Эффект Баушингера.
6. Идеализация диаграммы упругопластического деформирования.
7. Идеальная пластичность.
8. Упрочняющееся упругопластическое тело.
9. Расчет стержневых систем на прочность по допускаемым напряжениям и по допустимым нагрузкам.
10. Предельное состояние.
11. Остаточные напряжения после пластической деформации.
12. Условие текучести и поверхность текучести.
13. Ассоциированный закон течения.
14. Выпуклость поверхности текучести.
15. Статический и кинематический методы определения предельной нагрузки.
16. Девиатор деформаций.
17. Интенсивность деформаций и ее механический смысл.
18. Деформация октаэдрического волокна.
19. Направляющий тензор деформаций.
20. Параметр Лоде-Надеи.
21. Девиатор напряжений.
22. Интенсивность напряжений.
23. Механический смысл интенсивности напряжений.
24. Напряжения на октаэдрической площадке.
25. Направляющий тензор напряжений.
26. Геометрическая интерпретация девиаторов деформаций и напряжений.
27. Единичные вектора деформаций и напряжений.
28. Траектории деформаций и напряжений.
29. Понятие о простых процессах деформирования и нагружения.
30. Принцип максимума и постулат Друкера.
31. Диссипативная функция.



32. Постановка задач теории идеальной пластичности.
33. Теорема единственности.
34. Экстремальные свойства предельных состояний текучести.
35. Условия пластичности Треска–Сен-Венана и Мизеса.
36. Теория изгиба стержней.
37. Общие соотношения.
38. Плоский изгиб стержня из упрочняющегося и идеально-пластического материала.
39. Предельный момент.
40. Жесткопластическая балка.
41. Понятие о пластическом шарнире.
42. Продольно-поперечный изгиб стержня.
43. Предельная поверхность в пространстве усилий и моментов.
44. Плоские осесимметричные задачи.
45. Труба под внутренним давлением.
46. Растяжение тонкой пластины с отверстием.
47. Плоская деформация жесткопластического тела.
48. Основные уравнения.
49. Линии скольжения.
50. Соотношения вдоль характеристик.
51. Задачи о сквозном пластическом течении.
52. Растяжение полосы с отверстием и с боковыми выточками.
53. Изгиб консольной балки.
54. Предельное состояние закрученного стержня.
55. Предельное равновесие пластин.
56. Задачи о стесненном пластическом течении.
57. Действие штампа на полуплоскость (задача Прандтля).
58. Одностороннее нагружение клина.
59. Случай тупого и острого клина.
60. Плоское напряженное состояние.
61. Общие уравнения.
62. Жесткопластическое тело.
63. Образование шейки в плоском образце.
64. Деформационная теория пластичности.
65. Основные гипотезы.
66. Определяющие соотношения.
67. Постановка краевых задач и общие теоремы в деформационной теории пластичности.
68. Приближенные методы решения: метод Ритца, метод упругих решений.
69. Теорема А.А. Ильюшина о простом нагружении.
70. Теорема о единственности решения.
71. Теорема о разгрузке.

72. Кручение бруса с круговым поперечным сечением.
73. Случай линейного упрочнения.
74. Толстостенная сфера под действием внутреннего давления.
75. Распространение продольных возмущений в упругопластическом стержне.
76. Понятие о простых волнах.
77. Волна разгрузки.
78. Постулат Друкера для упрочняющегося тела.
79. Теория течения.
80. Постановка краевых задач и общие теоремы в теории течения.
81. Изотропное и трансляционное упрочнение.
82. Определяющие соотношения в конической точке поверхности.
83. Связь деформационной теории и теории течения.
84. Границы применимости деформационной теории.
85. Вариационные методы решения задач теории пластичности.
86. Совместное растяжение и кручение тонкостенной трубы, сравнение решений по деформационной теории и теории пластического течения.

## 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
7	10	0	15	15	0	35	25	100

### Программа оценивания учебной деятельности студента 7 семестр

#### **Лекции – от 0 до 10 баллов**

Оценивается посещаемость, участие в обсуждении проблемных ситуаций, участие в дискуссиях и др. за один семестр.

*Посещаемость – от 0 до 4 баллов:*

0 баллов – присутствовал на 1-3 лекциях;

1 балл – присутствовал на 4-7 лекциях;

2 балла – присутствовал на 8-11 лекциях;

3 балла – присутствовал на 12-16 лекциях;

4 балла – присутствовал на 17-18 лекциях.

*Активность (участие в обсуждении проблемных ситуаций, участие в дискуссиях и др.) – от 0 до 6 баллов:*

0 баллов – не участвовал в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др.;

1 балл – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 1-3 лекциях;

2 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 4-6 лекциях;

3 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 7-9 лекциях;

4 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 10-12 лекциях;

5 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 13-15 лекциях;

6 баллов – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 16-18 лекциях.

#### **Лабораторные занятия – 0 баллов**

*Не предусмотрены.*

#### **Практические занятия – от 0 до 15 баллов**

*Посещаемость – от 0 до 7 баллов:*

0 баллов – не посещал лекции или присутствовал на 1-2 практических занятиях;

2 балла – присутствовал на 3-5 практических занятиях;

4 балла – присутствовал на 6-10 практических занятиях;

6 баллов – присутствовал на 11-16 практических занятиях;

7 баллов – присутствовал на 17-18 практических занятиях.

*Активность (самостоятельность при решении задач, правильность решения задач, участие в обсуждении решений, поиск и устранение ошибок в решениях, допущенных другими участниками образовательного процесса) – от 0 до 8 баллов:*

0 баллов – не проявлял активности на практических занятиях;

2 балла – проявил активность на 1-4 практических занятиях;

4 балла – проявил активность на 5-9 практических занятиях;

6 баллов – проявил активность на 10-16 практических занятиях;

8 баллов – проявил активность на 17-18 практических занятиях.

#### ***Самостоятельная работа – от 0 до 15 баллов***

0 баллов – выполнено менее 5% домашних заданий;

4 баллов – выполнено от 5% до 25% домашних заданий;

8 баллов – выполнено от 26% до 50% домашних заданий;

12 баллов – выполнено от 51% до 75% домашних заданий;

15 баллов – выполнено от 76% до 100% домашних заданий.

#### ***Автоматизированное тестирование – 0 баллов***

*Не предусмотрено.*

#### ***Другие виды учебной деятельности – от 0 до 35 баллов***

Контрольная работа оценивается от 0 до 35 баллов, в том числе:

- правильность и степень самостоятельности постановки задачи – от 0 до 10 баллов;

- правильность и степень самостоятельности решения – от 0 до 15 баллов;

- правильность и степень самостоятельности анализа и интерпретации полученных результатов – от 0 до 10 баллов.

#### ***Промежуточная аттестация – от 0 до 25 баллов***

Промежуточная аттестация проводится в форме устного экзамена.

При проведении промежуточной аттестации:

ответ на «отлично» оценивается от 20 до 25 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 13 до 19 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 6 до 12 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 5 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 7 семестр по дисциплине «Основы теории пластичности» составляет **100** баллов.

Таблица 2. Перерасчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Основы теории пластичности» в оценку

86-100 баллов	«отлично»
от 76 до 84 баллов	«хорошо»
от 60 до 75 баллов	«удовлетворительно»
0-59 баллов	«неудовлетворительно»

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Основы теории пластичности»**

### *а) литература:*

1. Реслер, Иохим Механическое поведение конструкционных материалов [Текст]: учебное пособие / И. Реслер, Х. Хардес, М. Бекер ; пер. с нем. под ред. С. Л. Баженова. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 502, [2] с.: граф., рис., табл. - Библиогр.: с. 488-494 (149 назв.). - ISBN 978-5-91559-081-5 (в пер.). - ISBN 978-3-8351-0240-8 (нем.): УДК [620.22.:539.3](075.8) (10 экз.).

### *б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:*

1. ОС Windows (лицензионное ПО) или ОС Unix/Linux (свободное ПО)
2. Microsoft Office (лицензионное ПО) или Open Office/Libre Office (свободное ПО)
3. Браузеры Internet Explorer, Google Chrome, Opera и др. (свободное ПО).

**8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Основы теории пластичности»**

*а) литература:*

1. Реслер, Иохим Механическое поведение конструкционных материалов [Текст]: учебное пособие / И. Реслер, Х. Хардес, М. Бекер ; пер. с нем. под ред. С. Л. Баженова. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 502, [2] с.: граф., рис., табл. - Библиогр.: с. 488-494 (149 назв.). - ISBN 978-5-91559-081-5 (в пер.). - ISBN 978-3-8351-0240-8 (нем.): УДК [620.22.:539.3](075.8) (10 экз.).

*б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:*

1. ОС Windows (лицензионное ПО) или ОС Unix/Linux (свободное ПО)
2. Microsoft Office (лицензионное ПО) или Open Office/Libre Office (свободное ПО)
3. Браузеры Internet Explorer, Google Chrome, Opera и др. (свободное ПО).