

МИНОБРАЗОВАНИЯ 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 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

ТЕОРИЯ ТОНКИХ УПРУГИХ ОБОЛОЧЕК

Направление подготовки бакалавриата

01.03.03 Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки бакалавриата

Механика деформируемых тел и сред

Квалификация (степень) выпускника

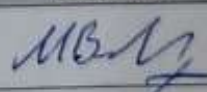

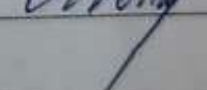
Бакалавр

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 «Теория тонких упругих оболочек» является ознакомление с теорией прикладного характера, разработанную на основе общих законов деформирования твердых тел применительно к тонким оболочкам, и приобретение навыков постановки и решения задач об определении напряженно-деформированного состояния тонких оболочек.

Теория тонких оболочек является одним из наиболее актуальных разделов механики деформируемого твердого тела. Это объясняется не только интересом к теоретическим вопросам деформирования тел, обладающих особенностью геометрической структуры, но и широким использованием оболочек в современных конструкциях, работающих в сложных условиях эксплуатации.

Наука о деформировании оболочек сравнительно молода и ее нельзя считать завершенной. Развитие этой науки стимулируется запросами практики, которые требуют разработки новых методов исследования, основанных на глубоком понимании и раскрытии непростой структуры и замысловатых зависимостей характеристик протекающих в оболочках процессов от определяющих их факторов.

Задача теории оболочек заключается в разработке методов определения напряженно-деформированных состояний, возникающих вследствие внешних воздействий - силовых, температурных, радиационных и др.

Реакция реальных оболочек на внешние воздействия исследуется на математических моделях, к которым приходят в результате принятия некоторых упрощающих предположений.

В курсе рассматриваются тонкие однослойные оболочки. Материал, из которого изготовлена оболочка, считается однородным, изотропным и работающим в условиях применимости обобщенного закона Гука. Перемещения считаются малыми по сравнению с толщиной оболочки. Построение двумерных уравнений основано на принятии гипотезы Кирхгофа-Лява.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Теория тонких упругих оболочек» 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 252 часа (106 часов аудиторной работы, 2 часа КСР, 108 часов СРС, 36 часов – контроль). В соответствии с учебным планом, занятия проводятся в 7 и 8 семестрах. Согласно учебному плану направления и профиля подготовки данный курс в седьмом семестре заканчивается зачетом, а в восьмом семестре – экзаменом.

Дисциплина «Теория тонких упругих оболочек» связана с дисциплинами: «Математический анализ», «Алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Функциональный анализ», «Комплексный анализ»,

«Аналитическая геометрия», «Уравнения математической физики», «Плоская задача теории упругости», 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.

Знания и умения, полученные студентами при изучении дисциплины «Теория тонких упругих оболочек», используются в дисциплинах: «Нестационарные волны в элементах конструкций», «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 информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	1.1_Б.УК-1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие. Осуществляет декомпозицию задачи.	Знать: – постановку основных задач теории упругих тонких оболочек; – основные этапы построения и исследования моделей, описывающих деформацию тонкой упругой оболочки. Уметь: – анализировать задачи, выделяя ее базовые составляющие; – осуществлять декомпозицию задачи. Владеть: – навыками анализа задачи с выделением ее базовых составляющих.
	2.1_Б.УК-1. Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.	Знать: – основные источники информации по теории упругих тонких оболочек; – способы извлечения необходимой научно-технической информации из электронных и бумажных носителей по теории упругих тонких оболочек.

		<p>Уметь: – находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p> <p>Владеть: – навыками критического анализа информации по применению теории упругих тонких оболочек к практическим задачам.</p>
	<p>3.1_Б.УК-1. Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки.</p>	<p>Знать: – основные аналитические методы решения задач теории упругих тонких оболочек.</p> <p>Уметь: – оценить достоинства и недостатки различных вариантов решения задач теории упругих тонких оболочек.</p> <p>Владеть: – навыками выбора оптимального решения для поставленной задачи.</p>
	<p>4.1_Б.УК-1. Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки. Отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности.</p>	<p>Знать: – основные положения теории упругих тонких оболочек и их обоснование.</p> <p>Уметь: – грамотно, логично, аргументированно формировать собственные суждения и оценки в области применения теории упругих тонких оболочек; – отличать факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности.</p> <p>Владеть: – навыками формирования собственных суждений и оценок в области применения теории упругих тонких оболочек; – навыками грамотного, логичного и</p>

		<p>аргументированного изложения своей позиции по вопросам применения теории упругих тонких оболочек.</p>
	<p>5.1_Б.УК-1. Определяет и оценивает практические последствия возможных решений задачи.</p>	<p>Знать: – основные математические модели теории упругих тонких оболочек и методы их исследования.</p> <p>Уметь: – определить практические последствия решения задач в области применения теории упругих тонких оболочек; – оценить практические последствия решения задач в области применения теории упругих тонких оболочек.</p> <p>Владеть: – навыками определения и оценивания практических последствий применения решений задач теории упругих тонких оболочек к моделированию поведения реальных объектов.</p>
<p>УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих норм, имеющихся ресурсов и ограничений.</p>	<p>1.1_Б.УК-2. Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p>	<p>Знать: – основные этапы физического и математического моделирования при решении задач о деформации тонкой упругой оболочки; – основные математические модели теории упругих тонких оболочек и методы их исследования.</p> <p>Уметь: – сформулировать совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели; – определить ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p> <p>Владеть: – навыками формулировки</p>

		<p>совокупности взаимосвязанных задач для достижения поставленной цели;</p> <p>– навыками определения ожидаемых результатов решения поставленных задач.</p>
	<p>2.1_Б.УК-2. Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений.</p>	<p>Знать:</p> <p>– основные аналитические методы решения задач теории упругих тонких оболочек;</p> <p>– основные этапы физического и математического моделирования при решении задач теории упругих тонких оболочек.</p> <p>Уметь:</p> <p>– спроектировать решение конкретной задачи теории упругих тонких оболочек, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений.</p> <p>Владеть:</p> <p>– навыками проектирования решения задачи теории упругих тонких оболочек и выбора оптимального метода решения, исходя из имеющихся ресурсов и ограничений.</p>
	<p>3.1_Б.УК-2. Решает конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время.</p>	<p>Знать:</p> <p>– постановку и методы решения основных задач теории упругих тонких оболочек.</p> <p>Уметь:</p> <p>– правильно распределить время, выделенное на решение поставленной задачи;</p> <p>– решать конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время.</p>

		<p>Владеть: – навыками постановки и решения задач в области применения теории упругих тонких оболочек за установленное время.</p>
	<p>4.1_Б.УК-2. Публично представляет результаты решения конкретной задачи проекта.</p>	<p>Знать: – основные этапы физического и математического моделирования при решении задач теории упругих тонких оболочек; – основные математические модели теории упругих тонких оболочек и методы их исследования.</p> <p>Уметь: – публично представлять результаты решения конкретной задачи.</p> <p>Владеть: – навыками публичного представления результатов решения конкретной задачи о деформации тонкой упругой оболочки под действием заданной нагрузки.</p>
<p>УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.</p>	<p>1.1_Б.УК-6. Применяет знание о своих ресурсах и их пределах (личностных, ситуативных, временных и т.д.) для успешного выполнения порученной работы.</p>	<p>Знать: – свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные и т.д.).</p> <p>Уметь: – применять имеющиеся ресурсы (личностные, ситуативные, временные и т.д.) для успешного выполнения порученной работы.</p> <p>Владеть: – навыками использования имеющихся ресурсов (личностных, ситуативных, временных и т.д.) для успешного выполнения порученной работы.</p>

	<p>2.1_Б.УК-6. 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>Знать: – основы планирования целей деятельности.</p> <p>Уметь: – планировать цели деятельности с учетом условий, имеющихся средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</p> <p>Владеть: – навыками планирования целей деятельности при решении задач теории тонких упругих оболочек с учетом условий, средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</p>
	<p>3.1_Б.УК-6. Реализует намеченные цели деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда.</p>	<p>Знать: – основы планирования целей деятельности.</p> <p>Уметь: – реализовывать намеченные цели деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</p> <p>Владеть: – навыками реализации намеченных целей деятельности при решении задач о деформировании тонкой упругой оболочки с учетом условий, средств, личностных возможностей, временной перспективы развития деятельности.</p>
	<p>4.1_Б.УК-6. Критически оценивает эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.</p>	<p>Знать: – основы планирования целей деятельности.</p> <p>Уметь: – критически оценить эффективность использования времени и других ресурсов при</p>

		<p>решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.</p> <p>Владеть: – навыками корректировки плана в зависимости от эффективности использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач, а также относительно полученного результата.</p>
	<p>5.1_Б.УК-6. Демонстрирует интерес к учебе и использует предоставляемые возможности для приобретения новых знаний и навыков.</p>	<p>Знать: – свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные и т.д.).</p> <p>Уметь: – видеть предоставленные возможности.</p> <p>Владеть: – способностью к использованию предоставляемых возможностей для приобретения новых знаний и навыков.</p>
<p>ПК-1. Способен составлять математические модели для расчета поведения элементов конструкций при силовом и температурном воздействиях.</p>	<p>1.1_Б.ПК-1. Демонстрирует знание классических уравнений механики и математической физики, основных инженерных теорий деформирования стержней, пластин и оболочек.</p>	<p>Знать: – классические уравнения механики и математической физики, основные положения, уравнения и методы теории тонких упругих оболочек.</p> <p>Уметь: – подобрать и сформулировать в соответствии с поставленной задачей классические уравнения механики и математической физики, основные положения и уравнения теории тонких упругих оболочек.</p> <p>Владеть: – научной терминологией и математическими методами, необходимыми для постановки задач теории</p>

	<p>2.1_Б.ПК-1. Способен осуществлять сбор и обработку исходных данных по геометрии и физико-механическим характеристикам заданного элемента конструкции.</p>	<p>тонких упругих оболочек.</p> <p>Знать: – основные способы сбора и обработки информации.</p> <p>Уметь: – осуществлять сбор и обработку данных о геометрии и физико-механических характеристиках элементов конструкций, имеющих форму тонкой оболочки.</p> <p>Владеть: – навыками получения путем непосредственного измерения либо использования информационных ресурсов данных о геометрических и физико-механических характеристик, необходимых для расчета тонких упругих оболочек, и методами их обработки.</p>
	<p>3.1_Б.ПК-1. Способен сформулировать и обосновать математическую модель, описывающую деформацию заданного элемента под действием заданных нагрузок.</p>	<p>Знать: – основные модели деформирования тонкой упругой оболочки и области их применения.</p> <p>Уметь: – выбрать, сформулировать и обосновать математическую модель деформирования тонкой упругой оболочки в соответствии с поставленной практической задачей.</p> <p>Владеть: – навыками анализа и обобщения существующего опыта решения задач расчета тонких упругих оболочек, научной терминологией и математическими методами, необходимыми для составления и обоснования модели деформирования тонкой оболочки.</p>

	<p>4.1_Б.ПК-1. Способен составить конечно-элементную модель на основании данных о геометрии, физико-механических свойствах и нагружении элемента конструкции.</p>	<p>Знать: – основные положения метода конечных элементов и принципы работы современных программных пакетов, особенности применения метода конечных элементов при расчете тонких оболочек.</p> <p>Уметь: – сформулировать математическую постановку задачи о деформировании тонкой оболочки в терминах метода конечных элементов.</p> <p>Владеть: – навыками представления постановки задачи теории тонких упругих оболочек в различных формах, в том числе и в форме, подходящей для конечно-элементной реализации.</p>
	<p>5.1_Б.ПК-1. Способен оценить эффективность построенной модели с точки зрения точности расчета и экономии вычислительных ресурсов.</p>	<p>Знать: – основные гипотезы теории оболочек и пределы их применимости, асимптотические методы теории оболочек, методы построения уточненных теорий оболочек.</p> <p>Уметь: – определить порядок погрешностей расчета, связанных с погрешностями применяемой модели и вычислительными погрешностями.</p> <p>Владеть: – навыками определения пределов применимости и погрешности моделей теории тонких упругих оболочек, оценки вычислительных погрешностей и степени затраты вычислительных ресурсов при использовании известных методов решения задач теории тонких</p>

<p>ПК-2. Способен к проведению расчетов поведения элементов конструкций при силовом и температурном воздействиях с использованием прикладных приближенных теорий и метода конечных элементов.</p>	<p>1.1_Б.ПК-2. Знает основные методы решения задач прикладных теорий стержней, пластин и оболочек, а также основы теории метода конечных элементов.</p>	<p>упругих оболочек.</p> <p>Знать: – методы аналитического и численного решения задач теории тонких упругих оболочек, математические методы, необходимые для решения таких задач.</p> <p>Уметь: – выбрать метод решения задачи теории упругих тонких оболочек в соответствии с поставленной практической задачей.</p> <p>Владеть: – навыками оценки применимости того или иного метода решения задач теории упругих тонких оболочек для решения поставленной практической задачи.</p>
	<p>2.1_Б.ПК-2. Способен получить и реализовать решение задачи о деформировании элемента конструкции под действием заданной нагрузки в случаях, когда задача допускает аналитическое решение.</p>	<p>Знать: – основные задачи теории упругих тонких оболочек, допускающие аналитическое решение, постановки и методы решения таких задач.</p> <p>Уметь: – получить аналитическое решение задачи теории упругих тонких оболочек и реализовать его с использованием современных программных пакетов.</p> <p>Владеть: – методами математического анализа и теории дифференциальных уравнений в частных производных в применении к задачам теории упругих тонких оболочек, современной вычислительной техникой.</p>
	<p>3.1_Б.ПК-2. Способен построить и реализовать</p>	<p>Знать: – области и пределы</p>

	<p>конечно-элементную расчетную схему с применением современных программных комплексов.</p>	<p>применимости двумерных теорий тонких упругих оболочек.</p> <p>Уметь: – оценить возможность применения двумерной теории оболочек и замены трехмерной сетки конечных элементов на двумерную с применением оболочечных элементов.</p> <p>Владеть: – навыками аналитического решения задач теории оболочек и тестирования конечно-элементной расчетной схемы путем сравнения с аналитическим решением для некоторого частного случая, допускающего такое решение.</p>
	<p>4.1 Б.ПК-2. Способен подобрать и обосновать разбиение конструкции на конечные элементы, проанализировать влияние размеров сетки на точность расчетов.</p>	<p>Знать: – основные выводы общей теории оболочек о характере изменчивости напряженно-деформированного состояния в зависимости от формы оболочки и приложенных нагрузок, случаи появления быстро изменяющихся напряженных состояний, теорию краевого эффекта.</p> <p>Уметь: – качественно описать поведение напряженно-деформированного состояния тонкой оболочки заданной формы, загруженной заданным образом.</p> <p>Владеть: – навыками аналитического решения задач теории оболочек и определения погрешности конечно-элементной расчетной схемы, в том числе влияния размеров сетки, путем</p>

		сравнения с аналитическим решением для некоторого частного случая, допускающего такое решение.
	<p>5.1_Б.ПК-2. Может провести верификацию полученных результатов и самостоятельно сформулировать выводы на основе анализа проведенных расчетов.</p>	<p>Знать: – научную литературу в области теории оболочек, общие закономерности поведения напряженно-деформированного состояния тонкой оболочки при действии нагрузок того или иного типа.</p> <p>Уметь: – 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>Владеть: – навыками выявления качественных характеристик поведения напряженно-деформированного состояния тонкой оболочки по количественным данным расчетов, формулировки выводов по полученным результатам, необходимой для этого научной и технической терминологией.</p>
<p>ПК-4. Способен проводить экспериментальные исследования в области механики деформируемых тел (сред) и анализировать их результаты.</p>	<p>1.1_Б.ПК-4. Знает основные методы экспериментальных исследований в области механики деформируемых тел и сред.</p>	<p>Знать: – основные методы экспериментальных исследований процессов деформирования тонкой упругой оболочки.</p> <p>Уметь: – осуществлять поиск литературы о современных</p>

		<p>экспериментальных методах, пригодных для исследования процессов деформирования тонкой оболочки.</p> <p>Владеть: – навыками оценки применимости того или иного метода экспериментального исследования процессов деформирования тонкой упругой оболочки для случая, возникающего в поставленной практической задаче.</p>
	<p>2.1_Б.ПК-4. Обладает знаниями о современном экспериментальном оборудовании, принципах его работы и порядке применения.</p>	<p>Знать: – основные типы и принципы работы современного экспериментального оборудования.</p> <p>Уметь: – осуществлять поиск литературы об экспериментальном оборудовании, позволяющем исследовать процессы деформирования тонкой упругой оболочки.</p> <p>Владеть: – навыками оценки применимости того или иного экспериментального оборудования для исследования процессов деформирования тонкой упругой оболочки, возможных в случае поставленной практической задачи.</p>
	<p>3.1_Б.ПК-4. Способен применить специализированное программное обеспечение при проведении экспериментальных исследований.</p>	<p>Знать: – особенности вычислительных задач, возникающих при экспериментальном исследовании процессов деформирования тонкой упругой оболочки, методы решения таких задач.</p>

		<p>Уметь: – решать задачи по определению механических свойств тонкой оболочки по имеющимся экспериментальным данным о её деформировании с помощью аналитических методов для оценки правильности работы программного обеспечения.</p> <p>Владеть: – навыками анализа и оценки достоверности результатов обработки экспериментальных данных с помощью современного программного обеспечения с точки зрения соответствия основным положениям и выводам теории упругости и теории упругих тонких оболочек.</p>
	<p>4.1_Б.ПК-4. Знает основные методы обработки экспериментальных данных и может их применить.</p>	<p>Знать: – определения, механический смысл и размерности экспериментально определяемых величин, характеризующих напряженно-деформированное состояние тонкой оболочки.</p> <p>Уметь: – произвести расчет требуемых величин, характеризующих напряженно-деформированное состояние тонкой оболочки, по имеющимся экспериментальным данным.</p> <p>Владеть: – навыками использования современной вычислительной техники для обработки экспериментальных данных о процессах деформирования тонкой</p>

	<p>5.1_Б.ПК-4. Способен самостоятельно обнаружить закономерности в результатах проведенных экспериментальных исследований, сопоставить их с результатами других исследователей и теоретическими предсказаниями.</p>	<p>упругой оболочки.</p> <p>Знать: – основные положения механики сплошных сред, теории упругости, теории упругих тонких оболочек, основные закономерности поведения напряженно-деформированного состояния тонкой оболочки под действием того или иного типа нагрузок.</p> <p>Уметь: – осуществить поиск научной литературы по экспериментальным и теоретическим исследованиям процессов деформирования тонкой упругой оболочки.</p> <p>Владеть: – навыками выявления качественных характеристик поведения напряженно-деформированного состояния тонкой оболочки по количественным данным экспериментальных исследований, формулировки выводов по полученным результатам, необходимой для этого научной и технической терминологией.</p>
<p>ПК-5. Способен подготовить планы исследований в области механики деформируемых тел (сред) и рекомендации по практическому применению научных результатов</p>	<p>1.1_Б.ПК-5. Обладает навыками поиска, анализа и обобщения научно-технической информации в области механики деформируемых тел и сред.</p>	<p>Знать: – основные методы и способы сбора, обработки, анализа и обобщения информации в области задач о деформировании тонкой упругой оболочки.</p> <p>Уметь: – находить и систематизировать источники для сбора информации в области задач о деформировании тонкой упругой оболочки.</p> <p>Владеть: – навыками анализа и</p>

		<p>обобщения имеющейся научно-технической информации о процессах деформирования тонкой упругой оболочки.</p>
	<p>2.1_Б.ПК-5. Может разработать план научно-исследовательской деятельности в соответствии с поставленной задачей на основе передового отечественного и международного опыта.</p>	<p>Знать: – цели, задачи и этапы научно-исследовательской деятельности в области исследования процессов деформирования тонкой упругой оболочки.</p> <p>Уметь: – сформулировать цели и задачи научно-исследовательской деятельности для случая конкретной практической задачи, составить примерный план.</p> <p>Владеть: – научно-технической терминологией, необходимой для грамотного составления планов научно-исследовательской деятельности в области задач о деформировании тонких упругих оболочек.</p>
	<p>3.1_Б.ПК-5. Способен определить возможность применения известных результатов научных исследований для заданной практической цели и сформулировать рекомендации по внедрению.</p>	<p>Знать: – основные положения и пределы применимости двумерных теорий тонких упругих оболочек, основные методы расчета на прочность по данным о напряженном состоянии тонкой оболочки.</p> <p>Уметь: – оценить возможность применения результатов научных исследований для заданной практической цели с точки зрения применимости используемой теории, точности метода расчета и других параметров.</p> <p>Владеть:</p>

		– навыками определения соответствия между требованиями практики и возможностями теории тонких упругих оболочек.
--	--	---

4. Структура и содержание дисциплины «Теория тонких упругих оболочек»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости и (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия		КСР	СРС	Контроль	Всего	
					Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка					
1	Введение в теорию тонких оболочек. Основные понятия и гипотезы	7	1-2	4	2	-	-	2	-	8	Устный опрос
2	Теория деформаций тонких оболочек	7	3-4	4	2	-	-	2	-	8	Устный опрос, проверка решения практических задач
3	Статика оболочек и уравнения состояния	7	5-7	6	2	-	-	4	-	12	Устный опрос, проверка решения практических задач
4	Безмоментное напряженное состояние тонких оболочек	7	8-13	12	7	-	-	4	-	23	Контрольная работа
5	Общая теория упругих тонких оболочек вращения	7	14-17	8	4	-	1	8	-	21	Устный опрос, проверка решения практических задач
	Промежуточная аттестация	7		-	-	-	-	-	-		Зачет
	Итого за семестр	7	17	34	17	-	1	20	-	72	
6	Теория простого краевого эффекта. Метод расчленения	8	1-4	8	8	-	-	17	-	33	Устный опрос, проверка решения практических задач

7	Теория пологих оболочек	8	5-6	4	4	-	-	24	-	32	Устный опрос, проверка решения практических задач
8	Динамические задачи теории оболочек	8	7-10	8	8	-	-	25	-	41	Контрольная работа
9	Задачи устойчивости тонких оболочек	8	11-13	6	6	-	1	25	-	38	Устный опрос, проверка решения практических задач
10	Промежуточная аттестация	8	-	-	-	-	-	-	36	36	Экзамен
11	Итого за семестр	8	13	26	26	-	1	91	36	180	
12	Общая трудоемкость дисциплины – 252 часа	7,8		60	43	-	2	111	36	252	

Содержание дисциплины

Раздел 1. Введение в теорию тонких оболочек. Основные понятия и гипотезы

Место и значение теории тонких оболочек в науке и технике. Основные понятия и гипотезы теории тонких оболочек. Обзор содержания курса. Краткий исторический очерк.

Раздел 2. Теория деформаций тонких оболочек.

Некоторые сведения из теории поверхностей. Криволинейные координаты на поверхности. Координатная сетка, образованная линиями главных кривизн. Первая квадратичная форма поверхности. Параметры Ламе. Основные (базисные) вектора поверхности. Дифференцирование базисных векторов. Условия Гаусса-Кодацци. Математические модели тонких оболочек. Гипотезы Кирхгоффа-Лява. Закон изменения перемещений по толщине оболочки. Определение деформаций срединной поверхности. Деформация поверхности, параллельной срединной. Уравнения неразрывности деформаций. Основные типы оболочек, применяемых на практике. Классификация оболочек по гауссовой кривизне.

Раздел 3. Статика оболочек и уравнения состояния.

Усилия и моменты, возникающие в оболочке. Дифференциальные уравнения равновесия элемента оболочки. Анализ уравнений. Соотношение упругости. Связь между внутренними усилиями с деформациями срединной поверхности. Формулы, определяющие основные напряжения через усилия и моменты. Постановка граничных условий. Полная система уравнений теории тонких оболочек. Типы напряженно-деформированного состояния тонких

оболочек. О путях решения задач о напряженно-деформированном состоянии оболочек.

Раздел 4. Безмоментное напряженное состояние тонких оболочек.

Условия существования безмоментного состояния. Основные уравнения безмоментной теории оболочек. Разрешающие уравнения безмоментной теории. Симметричная деформация оболочек вращения. Безмоментная теория резервуаров. Расчет цилиндрических резервуаров со сферическим и эллиптическим днищем. Расчет по безмоментной теории сферического купола на действие собственного веса.

Раздел 5. Общая теория упругих тонких оболочек вращения.

Полная система уравнений. Уравнения осесимметричной деформации оболочек вращения. Переменные Мейснера. Интегрирование уравнений осесимметричной деформации методом Штаермана. Осесимметричная деформация цилиндрических оболочек. Расчет цилиндрического резервуара. Исследование решения о напряженно-деформированном состоянии цилиндрической оболочки. Пример расчета.

Раздел 6. Теория простого краевого эффекта. Метод расчленения

Асимптотические методы теории оболочек. Понятие изменяемости решения. Малый параметр тонкостенности. Показатель изменяемости. Понятие о краевом эффекте. Вывод уравнений теории краевого эффекта с использованием асимптотических методов теории оболочек. Метод расчленения напряженно-деформированного состояния оболочки. Порядок расчета оболочки с учетом краевого эффекта.

Раздел 7. Теория пологих оболочек.

Вырождение оболочки в пластинку. Понятие пологой оболочки. Почти плоская система координат. Гипотезы теории пологих оболочек. Весьма пологие оболочки. Разрешающие уравнения. Решение задачи о прямоугольной панели, шарнирно опертой по всем сторонам и нагруженной равномерной нормальной нагрузкой.

Раздел 8. Динамические задачи теории оболочек.

Основные уравнения динамической теории оболочек в тензорной форме и в развернутой форме. Выражение для потенциальной энергии оболочки. Собственные колебания оболочек. Классификация видов колебаний оболочек. Примеры решения задач о собственных колебаниях цилиндрических и сферических оболочек.

Раздел 9. Задачи устойчивости тонких оболочек.

Уравнения устойчивости оболочек. Виды потери устойчивости. Устойчивость безмоментного состояния выпуклой пологой оболочки. Формы потери устойчивости пологой оболочки. Круговая цилиндрическая оболочка при осевом сжатии. Круговая цилиндрическая оболочка при внешнем давлении. Оценка порядка критических нагрузок.

Темы практических занятий по дисциплине «Теория тонких упругих оболочек»

1. Формулировка уравнений теории оболочек для оболочек заданной геометрии.
2. Решение задач безмоментной теории оболочек.
3. Расчет резервуаров на гидростатическое давление.
4. Решение задач общей теории оболочек вращения.
5. Асимптотические методы теории оболочек.
6. Применение метода расчленения напряженно-деформированного состояния оболочки.
7. Решение задач теории пологих оболочек.
8. Собственные колебания цилиндрической оболочки.
9. Собственные колебания сферической оболочки.
10. Собственные колебания оболочек вращения.
11. Задачи устойчивости для цилиндрической оболочки при осевом сжатии.
12. Задачи устойчивости для цилиндрической оболочки при внешнем давлении.

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 «Теория тонких упругих оболочек»

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.

План самостоятельной работы:

К разделу 1: Обзор уточненных теорий тонких оболочек. Другие методы построения прикладных теорий для тонкостенных тел (вариационные методы, асимптотические методы).

К разделу 2: Вывод уравнений неразрывности деформаций. Задание для самостоятельной работы: определить коэффициенты первой и второй

квадратичных форм для сферической поверхности, круговой цилиндрической поверхности, тора и эллипсоида вращения.

К разделу 3: Обзор различных вариантов уравнений состояния. Другие типы граничных условий в теории оболочек (упруго закрепленный край, край с присоединенными массами). Техническая теория оболочек. Задание для самостоятельной работы: сформулировать постановку задачи теории оболочек для следующих случаев:

1. Дана замкнутая цилиндрическая оболочка, находящаяся под действием внутреннего равномерного давления. Левый торец оболочки свободен, правый – жестко закреплен. Записать полную систему уравнений для такой оболочки и граничные условия к ней.

2. Дан сферический купол, имеющий форму полусферы. К наружной поверхности оболочки приложена нормальная нагрузка, не зависящая от окружной координаты. Оболочка стоит на абсолютно жесткой поверхности, допускающей свободное проскальзывание вдоль нее. Записать полную систему уравнений для такой оболочки и граничные условия к ней.

К разделу 4: Применение тригонометрических рядов к решению задач для безмоментных оболочек вращения. Функция напряжений в теории оболочек. Комплексная функция напряжений. Чисто моментное напряженное состояние – условия существования, приближенная система уравнений. Задание для самостоятельной работы: расчет цилиндрического резервуара с Коробовым днищем.

К разделу 5: Переменные Мейснера. Интегрирование уравнений осесимметричной деформации методом Штаермана. Полубезмоментная теория. Задание для самостоятельной работы: решить задачу о действии сосредоточенной силы на поверхность замкнутой сферической оболочки.

К разделу 6: Асимптотические разложения, асимптотические ряды. Метод возмущений. Асимптотическое интегрирование трехмерных уравнений теории упругости для оболочки. Задание для самостоятельной работы: получить методами асимптотического интегрирования двумерные уравнения растяжения-сжатия и изгиба пластин.

К разделу 7: Теории пологих оболочек, учитывающие поперечные сдвиги (теории типа Тимошенко). Нелинейная теория пологих оболочек в случае больших прогибов. Задание для самостоятельной работы: решить задачу о деформации круглой сферической панели под действием равномерной нагрузки.

К разделу 8: Собственные колебания оболочек вращения. Применение метода расчленения при изучении собственных колебаний. Задание для самостоятельной работы: определить собственные частоты и собственные формы колебаний замкнутой сферической оболочки.

К разделу 9: Полубезмоментные формы потери устойчивости оболочек нулевой гауссовой кривизны. Устойчивость при кручении и изгибе. Задание для самостоятельной работы: рассмотреть задачу об устойчивости цилиндрической оболочки при комбинированном нагружении.

Текущий контроль усвоения дисциплины «Теория тонких упругих оболочек» проводится в форме устных опросов на лекционных и практических занятиях, разбора и обсуждения решаемых задач на практических занятиях, контрольных работ по темам: «Безмоментное напряженное состояние тонких оболочек»; «Собственные колебания тонких оболочек».

Примеры типовых заданий для контрольных работ:

Контрольная работа № 1

«Безмоментное напряженное состояние тонких оболочек»

Задача 1

Определить напряженное состояние цилиндрического резервуара с эллиптическим днищем, наполненного жидкостью с постоянным давлением величины p . Толщина оболочки равна h . Для решения задачи использовать метод расчленения НДС. Получить выражения для усилий и моментов.

Задача 2

Выполнить расчет замкнутой цилиндрической оболочки, расположенной горизонтально, на действие собственного веса. Толщина оболочки равна h . В длину оболочку считать бесконечной. Обосновать возможность применения безмоментной теории, получить выражения для усилий, построить графики и проанализировать их.

Задача 3

Выполнить расчет цилиндрического резервуара со сферическим днищем, находящегося под действием гидростатического давления. Толщина стенки и днища равна h . Получить выражения для усилий и моментов, построить графики и проанализировать их.

Задача 4

Выполнить расчет эллиптического купола на действие сосредоточенной силы, приложенной в вершине. Толщина оболочка равна h . Положение края определяется углом параллели φ . Получить выражения для усилий и проанализировать их.

Контрольная работа № 2

«Собственные колебания тонких оболочек»

Задача 1

Определить собственные частоты осесимметричных колебаний замкнутой конечной цилиндрической оболочки, на торцах которой ставятся условия свободного края.

Задача 2

Определить собственные частоты круговой цилиндрической панели, прямоугольной в плане, используя теорию пологих оболочек. На краях панели ставятся условия шарнирного опирания.

Задача 3

Определить собственные частоты неосесимметричных колебаний сферической оболочки по безмоментной теории.

Задача 4

Определить собственные частоты сферической панели, прямоугольной в плане, используя техническую теорию оболочек. На краях панели ставятся условия шарнирного опирания.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теория тонких упругих оболочек» проводится в форме зачета в седьмом семестре и экзамена в восьмом семестре.

Список вопросов к устному экзамену

1. Место и значение теории тонких оболочек в науке и технике.
2. Основные понятия и гипотезы теории тонких оболочек.
3. Криволинейные координаты на поверхности.
4. Координатная сетка, образованная линиями главных кривизн.
5. Первая квадратичная форма поверхности.
6. Параметры Ламе.
7. Основные (базисные) вектора поверхности.
8. Дифференцирование базисных векторов.
9. Условия Гаусса-Кодацци.
10. Математические модели тонких оболочек.
11. Гипотезы Кирхгоффа-Лява.
12. Закон изменения перемещений по толщине оболочки.
13. Определение деформаций срединной поверхности.
14. Деформация поверхности, параллельной срединной.
15. Уравнения неразрывности деформаций.
16. Основные типы оболочек, применяемых на практике.
17. Классификация оболочек по гауссовой кривизне.
18. Усилия и моменты, возникающие в оболочке.
19. Дифференциальные уравнения равновесия элемента оболочки.
20. Соотношения упругости.

21. Связь между внутренними усилиями с деформациями срединной поверхности.
22. Формулы, определяющие основные напряжения через усилия и моменты.
23. Постановка граничных условий.
24. Полная система уравнений теории тонких оболочек.
25. Типы напряженно-деформированного состояния тонких оболочек.
26. Условия существования безмоментного состояния.
27. Основные уравнения безмоментной теории оболочек.
28. Разрешающие уравнения безмоментной теории.
29. Симметричная деформация оболочек вращения.
30. Безмоментная теория резервуаров.
31. Расчет цилиндрических резервуаров со сферическим и эллиптическим днищем.
32. Расчет по безмоментной теории сферического купола на действие собственного веса.
33. Полная система уравнений для оболочки вращения.
34. Уравнения осесимметричной деформации оболочек вращения.
35. Переменные Мейснера.
36. Интегрирование уравнений осесимметричной деформации методом Штаермана.
37. Осесимметричная деформация цилиндрических оболочек.
38. Расчет цилиндрического резервуара.
39. Исследование решения о напряженно-деформированном состоянии цилиндрической оболочки.
40. Асимптотические методы теории оболочек.
41. Понятие изменяемости решения.
42. Малый параметр тонкостенности.
43. Показатель изменяемости.
44. Понятие о краевом эффекте.
45. Вывод уравнений теории краевого эффекта с использованием асимптотических методов теории оболочек.
46. Метод расчленения напряженно-деформированного состояния оболочки.
47. Порядок расчета оболочки с учетом краевого эффекта.
48. Вырождение оболочки в пластинку.
49. Понятие пологой оболочки.
50. Почти плоская система координат.
51. Гипотезы теории пологих оболочек.
52. Весьма пологие оболочки.
53. Разрешающие уравнения.

54. Решение задачи о прямоугольной панели, шарнирно опертой по всем сторонам и нагруженной равномерной нормальной нагрузкой.
55. Основные уравнения динамической теории оболочек в тензорной форме и в развернутой форме.
56. Выражение для потенциальной энергии оболочки.
57. Собственные колебания оболочек.
58. Классификация видов колебаний оболочек.
59. Примеры решения задач о собственных колебаниях цилиндрических и сферических оболочек.
60. Уравнения устойчивости оболочек.
61. Виды потери устойчивости.
62. Устойчивость безмоментного состояния выпуклой полой оболочки.
63. Формы потери устойчивости полой оболочки.
64. Круговая цилиндрическая оболочка при осевом сжатии.
65. Круговая цилиндрическая оболочка при внешнем давлении.
66. Оценка порядка критических нагрузок.

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
8	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 балла – 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 25 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 «Теория тонких упругих оболочек» составляет **100** баллов.

8 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 1-2 лекциях;

1 балл – присутствовал на 3-5 лекциях;

2 балла – присутствовал на 6-8 лекциях;

3 балла – присутствовал на 9-11 лекциях;

4 балла – присутствовал на 12-13 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 4-5 лекциях;

3 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 6-7 лекциях;

4 балла – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 8-9 лекциях;

5 баллов – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 10-11 лекциях;

6 баллов – принимал участие в обсуждении проблемных ситуаций, в дискуссиях и др. на 12-13 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 6-8 практических занятиях;

6 баллов – присутствовал на 9-11 практических занятиях;

7 баллов – присутствовал на 12-13 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 1-3 практических занятиях;

4 балла – проявил активность на 4-6 практических занятиях;

6 баллов – проявил активность на 7-9 практических занятиях;

8 баллов – проявил активность на 10-13 практических занятиях.

Самостоятельная работа – от 0 до 15 баллов

0 баллов – выполнено менее 5% домашних заданий;

4 балла – 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 8 семестр по дисциплине «Теория тонких упругих оболочек» составляет **100** баллов.

Таблица 2. Перерасчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Теория тонких упругих оболочек» в оценку

7 семестр, зачет:

65-100 баллов	«зачтено»
0-64 баллов	«не зачтено»

8 семестр, экзамен:

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 «Теория тонких упругих оболочек»

а) литература:

1. Бегун П. И., Кормилицын О. П. Прикладная механика: учебник. Санкт-Петербург: Политехника, 2006.

2. Жилин П. А. Прикладная механика. Основы теории оболочек: учеб. Пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006.

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 «Теория тонких упругих оболочек»

а) литература:

1. Бегун П. И., Кормилицын О. П. Прикладная механика: учебник. Санкт-Петербург: Политехника, 2006.

2. Жилин П. А. Прикладная механика. Основы теории оболочек: учеб. Пособие. СПб.: Изд-во Политехи. ун-та, 2006.

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).