

## АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

«Строительная механика конструкций из композиционных материалов»

Дисциплина «Строительная механика конструкций из композиционных материалов» является частью программы бакалавриата «Материаловедение и технологии материалов (общий профиль, СУОС)» по направлению «22.03.01 Материаловедение и технологии материалов».

### **Цели и задачи дисциплины**

Цель учебной дисциплины – приобретение знаний, умений и овладение навыками в области теории упругости анизотропного тела; балочной теории тонкостенных композитных конструкций; теории изгиба ортотропных пластин; безмоментной теории композитных оболочек; общей теории цилиндрических оболочек; устойчивости и колебаний композитных систем; математической физики и вариационного исчисления, тензорного анализа и теории вероятностей, аналитических и численных методов решения задач механики конструкций, связанных с исследованием свободных и вынужденных колебаний, анализом переходных динамических процессов и неустойчивым равновесием стержневых и тонкостенных элементов конструкций из композитов, а также пространственных анизотропных и неоднородных тел, и рационального проектирования изделий из композиционных материалов с учетом деформационных и прочностных характеристик материалов; использование прикладных цифровых инструментов (системы проектирования, моделирования, математических вычислений); предъявление требований к организации самостоятельной работы (совместная работа, кросс-рецензирование, использование систем планирования); предъявление требований к оформлению результатов работы (цифровая визуализация, работа с инструментами командного редактирования); получение электронных сертификатов, как одно из требований допуска к экзамену; навыки работы с цифровыми библиотечными средами и виртуальными платформами (поиск открытых данных). Задачи учебной дисциплины: • формирование знаний о постановках задач оптимизации композиционных материалов и конструкций, математических методах оптимизации при наличии ограничений, критериях прочности слоисто-волоконистых композитов и элементов композитных конструкций; основных типах и характеристиках современных компонентов композиционных материалов и способов их сочетания, тенденциях и направлениях развития композиционных материалов и композитных конструкций; возможности применения композитов в различных областях машиностроения и нахождения новых конструкторско-технологических решений, позволяющих повышать эффективность композиционных материалов в изделиях; основах микро- и макромеханики деформирования и разрушения композитов; теории и методах строительной механики композитных конструкций; о понятиях функционала, вариации, условий экстремума функционала; математиче

ских методов описания различных физических явлений; методов математического моделирования механических процессов; приложений к задачам механики неоднородных сред и динамики конструкций; • формирование умения проводить оптимизационные расчеты реальных конструкций из композиционных материалов; построения и использования математических моделей для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ; применять методы решения задач на определение оптимальных соотношений параметров различных систем, методы расчета на прочность элементов конструкций машин и аппаратов из композитов и проектирования их соединений, методы исследований и испытаний композиционных материалов и конструкций из них; применять методы тензорного анализа, дифференциальные уравнения и уравнения математической физики, вариационного исчисления для решения краевых задач механики конструкций, связанные с исследованием свободных и вынужденных колебаний, анализом переходных динамических процессов и неустойчивым равновесием стержневых и тонкостенных элементов конструкций из композитов; • формирование навыков решения прикладных задач оптимизации волокнистых композитов с учетом деформационных и прочностных характеристик материала; ведения проектной деятельности в профессиональной сфере на основе системного подхода; постановки целей и формулирования задач, связанных с реализацией профессиональных функций, умеет использовать для их решения методы изученных им наук; исполнения схем, графиков, чертежей, диаграмм, номограмм и других профессионально значимых изображений; работы со специальной литературой и с другими информационными данными (в том числе на иностранном языке) для решения профессиональных задач; работы с технологической документацией, технической литературой, научно-техническими отчетами, справочниками и другими информационными источниками; постановки и овладение методами решения краевых задач в частных производных; исследования, аналитического и численного решения задач динамики и устойчивости композиционных материалов; использования основных приемов статистической обработки экспериментальных данных..

### **Изучаемые объекты дисциплины**

• дифференциальные уравнения в частных производных; • функционалы и тензорные функции. • тонкостенные и стержневые элементы конструкций из композитов; • анизотропные тела. • основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических и органических материалов, композитов и гибридных материалов; • конструкции из композитов как объекты рационального проектирования..

### Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	7
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	36	36
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	16	16
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	18	18
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	144	72	72
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет	9		9
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	252	144	108

### Краткое содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
6-й семестр				
Демпфирование колебаний	2	0	0	5
Тема 5. Количественные меры диссипации. Коэффициенты диссипации и внутреннего трения. Логарифмический декремент колебаний. Тема 6. Методы решения нестационарных задач механики с учетом демпфирования. Установившиеся колебания. Анализ неустановившихся процессов в диссипативных системах. Оценка диссипативных характеристик композитных материалов.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Устойчивость композитных конструкций	2	0	4	20
Тема 9. Основные понятия теории упругой устойчивости. Энергетические критерии устойчивости. Энергетический критерий бифуркационной потери устойчивости. Энергетический критерий упругой устойчивости в форме Брайана. Энергетический критерий устойчивости форме Тимошенко. Тема 10. Устойчивость стержней. Устойчивость анизотропных пластин. Устойчивость анизотропных оболочек. Тема 11. Нелинейные задачи теории устойчивости.				
Виды расчетных схем, композитные фермы и балки	5	0	5	17
Тема 14. Основные соотношения теории анизотропных оболочек. Геометрические соотношения теории оболочек: модель Тимошенко, модель Кирхгоффа-Лява. Тема 15. Напряжения в анизотропной пластине, понятие изгибной жесткости пластины и определение моментов. Уравнение прогиба тонкой анизотропной пластины. Тема 16. Условия на контуре пластины, типичные краевые условия. Изгиб анизотропной пластины по модели Тимошенко. Тема 17. Уточненная теория изгиба анизотропных пластин (теория Амбарцумяна). Расчет пластин с ребрами жесткости. Пластина на упругом основании. Уравнение движения пластины.				
Колебания композиционных конструкций	3	0	5	20
Тема 1. Динамические воздействия на конструкцию. Детерминированные нестационарные нагрузки. Случайные нестационарные нагрузки. Тема 2. Основные соотношения динамики конструкций. Вариационный принцип Гамильтона. Принцип Даламбера в задачах динамики. Тема 3. Продольные колебания стержней. Крутильные колебания стержней. Изгибные колебания стержней. Колебания криволинейных стержней. Изгибные колебания пластин. Динамическое поведение				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
оболочек. Свободные колебания упругих систем. Тема 4. Методы определения собственных частот и собственных форм упругих систем. Аналитическое (точное) решение. Итерационный метод. Метод Релея. Прямые методы. Численные методы, используемые при анализе собственных колебаний упругих систем МКЭ.				
Стохастические краевые задачи динамики конструкций. Распространение волн в неоднородных средах	2	0	4	7
Тема 7. Получение решения в моментных функциях (Метод моментных функций). Использование функций Грина при построении решения статистической задачи динамики в моментных функциях. Метод спектрального разложения. Разложение по собственным формам. Численные методы решения статистических задач динамики. Тема 8. Волны в эквивалентной гомогенной среде. Прохождение волн в слоистых средах. Отражение волн на границах раздела.				
Теория упругости анизотропного тела, статическая, кинематическая и физическая стороны задачи	2	0	0	3
Тема 12. Предмет и задачи курса. Обзор литературы. Основные понятия и гипотезы теории изгиба анизотропных пластин. Перемещения и деформации тонкой пластины. Тема 13. Теория анизотропных оболочек, основные определения, описание геометрии оболочек, квадратичные формы и кривизны поверхности.				
ИТОГО по 6-му семестру	16	0	18	72
7-й семестр				
Балочная теория тонкостенных композитных конструкций. Теория изгиба ортотропных пластин	4	0	4	14
Тема 18. Приближенные методы решения задачи изгиба пластин. Метод Бубнова-Галеркина. Метод Власова. Метод Ритца-Тимошенко. Тема 19. Теория гибких пластин. Основные гипотезы, геометрические соотношения, определение обобщенных внутренних				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
усилий. Тема 20. Уравнения равновесия гибкой пластины. Система разрешающих уравнений гибкой пластины в перемещениях и в форме Кармана. Расчет пластины при произвольной ориентации внешних нагрузок. Тема 21. Изгиб пластины в ортогональных криволинейных координатах: геометрические соотношения, внутренние силовые факторы, энергия упругого деформирования пластины, уравнение прогиба пластины.				
Постановка задач оптимизации и конструкций из композитов как задач поиска минимума функции и методы оптимального проектировании изделий, образованных намоткой	3	0	0	16
Тема 27. Конструктивные критерии оптимальности. Целевая функция. Параметры оптимизации (переменные проектирования). Ограничения в виде равенств и неравенств. Решения, оптимальные по Парето. Равнопрочные системы. Тема 28. Оптимальное армирование цилиндрической оболочки под действием внутреннего давления. Модель идеальной оболочки (усилия воспринимаются только нитями). Варианты с одним и несколькими семействами нитей. Расчет упругих характеристик слоисто-волокнутого композита по свойствам однонаправленного слоя при проверочном расчете оболочки, намотанной несколькими семействами нитей. Определение напряжений в слоях слоисто-волокнутого композита при проверочном расчете спроектированной цилиндрической оболочки. Расчет давления начала растрескивания связующего. Тема 29. Задача оптимального армирования безмоментной идеальной оболочки вращения. Постановка задачи. Радиусы кривизны. Уравнения равновесия оболочки. Уравнение Клеро. Оптимальная форма оболочки вращения, армированной одним семейством нитей. Оптимальная форма оболочки вращения на участке контакта с фланцем. Оптимальное армирование оболочки, армированной несколькими семействами нитей. Проверочный расчет				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
спроектированной оболочки с учетом работы связующего.				
Безмоментная теория композитных оболочек. Общая теория цилиндрических оболочек	3	0	4	20
Тема 22. Физические соотношения теории оболочек, определение внутренних усилий и моментов в анизотропной оболочке. Энергия упругого деформирования анизотропной оболочки. Тема 23. Уравнения равновесия анизотропной оболочки. Граничные условия и постановка краевой задачи теории оболочек. Тема 24. Оболочки вращения, геометрические параметры оболочек вращения. Геометрические соотношения оболочек вращения при осесимметричном нагружении. Тема 25. Физические соотношения и уравнения равновесия анизотропных оболочек вращения при осесимметричном нагружении. Особенности расчета оболочек вращения при неосесимметричном нагружении. Тема 26. Пологие оболочки, геометрические параметры пологих оболочек. Физические соотношения и уравнения равновесия анизотропных пологих оболочек. Геометрические соотношения пологих оболочек. Получение системы разрешающих уравнений пологой оболочки. Особенности использования гипотез Кирхгоффа-Лява при расчете пологих оболочек.				
Методы математического программирования	3	0	6	12
Тема 30. Задача параметрической безусловной минимизации. Методы одномерной минимизации. Метод поиска по деформируемому многограннику (метод Нелдера–Мида). Метод сопряженных градиентов. Методы случайного поиска. Тема 31. Задача нелинейного программирования (поиск минимума функции при наличии ограничений). Формулировка необходимых условий минимума функции в задаче с ограничениями – условий Куна – Таккера. Выпуклые множества и выпуклые функции. Задачи выпуклого программирования. Методы штрафных и барьерных функций в задачах				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
оптимизации. Понятие о геометрическом программировании. Методы проекции градиента в нелинейном программировании.				
Некоторые модели прогнозирования несущей способности слоисто-волоконистых композитов	3	0	4	10
Тема 32. Экспериментальные данные по разрушению слоисто-волоконистых композитов при различных условиях нагружения. Модель поведения однонаправленного слоя в составе композита. Моделирование исчерпания несущей способности слоисто-волоконистых композитов. Метод усреднения жесткостей для определения деформационных характеристик пространственно-армированных композитов. Прогнозирование прочностных характеристик. Примеры постановок задач оптимального проектирования конструкций из композитов.				
ИТОГО по 7-му семестру	16	0	18	72
ИТОГО по дисциплине	32	0	36	144