

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 09 » октября 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** САПР изделий из композиционных материалов  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 252 (7)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Материаловедение и технологии материалов (общий профиль,  
СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков, необходимых для решения стандартных задач профессиональной деятельности в области автоматизированного проектирования, функциональной структуры и компонентов систем автоматизированного проектирования, компьютерного проектирования и расчета композитных конструкций и материалов с помощью современных САД- и САЕ-систем.

Задачи учебной дисциплины:

- формирования знаний об основах компьютерного проектирования и расчета композитных конструкций и материалов с помощью современных САД- и САЕ с использованием современной вычислительной техники; об основных физических процессах протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации;
- прочность композиционных конструкций с применением вычислительной техники;
- приобретения навыков постановки краевых задач упругости анизотропных материалов.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- САД- и САЕ-системы;
- технологии инженерной компьютерной графики;
- конечно-элементный анализ.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.3	ИД-1ПК-1.3	В результате изучения дисциплины студент должен владеть: – навыками выбора моделей механического поведения материалов и критериев разрушения; – навыками задания параметров моделей материалов. – навыками задания свойств композиционных материалов с использованием систем автоматизированного проектирования; – навыками моделирования конструкций из композиционных материалов в системах автоматизированного проектирования;	Знает методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации; методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в соответствующей области исследования	Отчёт по практическому занятию
ПК-1.3	ИД-2ПК-1.3	В результате изучения дисциплины студент должен знать: – использовать алгоритмический язык программирования APDL для проектирования и расчета конструкций; – осуществлять постановку краевых задач механики композиционных материалов; – применять автоматические алгоритмы формирования базы данных результатов; – проводить импорт (экспорт) графических изображений и текстовых файлов результатов в различные файловые форматы.	Умеет оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; применять методы анализа научной технической информации; применять методы проведения экспериментов	Отчёт по практическому занятию
ПК-1.3	ИД-3ПК-1.3	В результате изучения дисциплины студент должен знать: – основные понятия и определения системы	Владеет навыками сбора, обработки, анализа и обобщения передового отечественного и международного опыта в	Тест

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		автоматизированного проектирования; – алгоритм решения задач в системах автоматизированного проектирования. – методы получения, хранения, переработки информации, получаемой в ходе использования САПР; – способы представления результатов расчета в графическом и аналитическом виде; – сопутствующее аппаратное и программное обеспечение САПР.	соответствующей области исследований; сбора обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний; проведения экспериментов в соответствии с установленными полномочиями; проведения наблюдений и измерений, составление их описаний и формулировка выводов	
ПК-2.2	ИД-1ПК-2.2	В результате изучения дисциплины студент должен уметь: – использовать справочно-информационные базы системы автоматизированного проектирования; при выборе моделей материалов; – задавать параметры различных моделей материалов; – задавать композиционные материалы с различными структурными параметрами с использованием систем автоматизированного проектирования; – применять методы построения конструкций из композиционных материалов	Знает структуру справочно-информационных баз системы автоматизированного проектирования; материалов; методы задания свойств композиционных материалов и методы построения деталей и конструкций из композиционных материалов в системах автоматизированного проектирования	Отчёт по практическом у занятию
ПК-2.2	ИД-2ПК-2.2	В результате изучения дисциплины студент должен знать: – структуру справочно-информационных баз системы автоматизированного проектирования, методы	Умеет использовать справочно-информационные базы системы автоматизированного проектирования; при выборе моделей; задавать композиционные	Тест

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		<p>обобщения и обработки информации;</p> <p>– методы экспериментального определения механических характеристик композиционных материалов;</p> <p>– методы задания свойств в системах автоматизированного проектирования;</p> <p>– методы построения деталей и конструкций из композиционных материалов в системах автоматизированного проектирования</p>	<p>материалы с различными структурными параметрами с использованием систем автоматизированного проектирования; применять методы построения конструкций из композиционных материалов</p>	
ПК-2.2	ИД-3ПК-2.2	<p>В результате изучения дисциплины студент должен владеть:</p> <p>– навыками создания и (или) обработки результатов, полученных в ходе использования САПР;</p> <p>– навыками работы в современных САПР.</p> <p>– навыками построения твердотельных моделей конструкций и деталей;</p> <p>– навыками расчета конструкций и деталей из композиционных материалов в системах автоматизированного проектирования.</p>	<p>Владеет навыками построения твердотельных моделей конструкций и деталей; навыками расчета конструкций и деталей из композиционных материалов в системах автоматизированного проектирования</p>	Индивидуальное задание

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	104	72	32
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	42	32	10
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	56	36	20
- контроль самостоятельной работы (КСР)	6	4	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	112	72	40
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет	9		9
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	252	180	72

### 4. 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
7-й семестр				
Введение	2	0	2	2
Организация учебного процесса. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Роль и место САПР в промышленности. Интерфейс ANSYS.				
Моделирование в системе ANSYS	8	0	10	22
Тема 1. Построение геометрических моделей; Тема 2. Построение конечно-элементных моделей назначение атрибутов.				
Инструментальные средства ANSYS	6	0	8	24
Тема 3. Типы систем координат; Тема 4. Селекция, компоненты, ансамбли; Тема 5. Основы работы с параметрическим языком программирования ANSYS APDL				
Постановка физических задач в ANSYS	12	0	14	18
Тема 6. Классы задач в ANSYS. Статика, динамика, тепловой анализ, электромагнетизм; Тема 7. Задание физических свойств; Тема 8. Начальные и граничные условия;				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Представление и отображение результатов:	4	0	2	6
Тема 9. Построение эпюр стержневых систем; Тема 10. Отображение результатов в виде непрерывных контуров; Тема 11. Визуализация результатов вдоль выбранного пути; Тема 12 Создание функций пользователя.				
ИТОГО по 7-му семестру	32	0	36	72
<b>8-й семестр</b>				
Численный расчет краевых задач	4	0	8	18
Тема 12. Расчет напряженно-деформированного состояния балочной конструкции; Тема 13. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкций из КМ в трехмерной постановке; Тема 14. Контактное взаимодействие системы тел; Тема 15. Упругопластическое деформирование; Тема 16. Тепловой анализ; Тема 17. Сопряженные задачи				
Композиционные материалы	6	0	12	22
Тема 18. Слоистые композиты; Тема 19. Критерии прочности; Тема 20. Оптимизационные задачи композиционных конструкций.				
ИТОГО по 8-му семестру	10	0	20	40
ИТОГО по дисциплине	42	0	56	112

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Знакомство с интерфейсом Ansys
2	Построение геометрической модели. Восходящее проектирование.
3	Построение геометрической модели. Нисходящее проектирование.
4	Построение сеточной модели.
5	Отбор и селекция объектов в Ansys.
6	Работа с таблицами и массивами данных в Ansys.
7	Задание параметров физических моделей.
8	Задание граничных условий.
9	Отображение результатов в виде непрерывных контуров. Параметры сохранения результатов.

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
10	Построение графика зависимости величины вдоль выбранного пути
11	Построение эпюр стержневых систем
12	Контактное взаимодействие жесткой сферы и линейно-упругой пластины
13	Упругопластическое взаимодействие сферы и пластины
14	Тепловой анализ пластины с вырезом
15	Термомеханический расчет пластины
16	Задание композиционной слоистой пластины и ее расчет
17	Использование критериев прочности
18	Выбор оптимального армирования композитной конструкции

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.



## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Котов А. Г. САПР изделий из композиционных материалов. Моделирование процессов деформирования и разрушения в среде ANSYS : учебное пособие / А. Г. Котов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	124
2	Шингель Л. П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1 : учебно-методическое пособие / Л. П. Шингель. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015.	25
3	Шингель Л. П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач с использованием пакета программ ANSYS : учебно-методическое пособие / Л. П. Шингель. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2009.	21
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Басов К. А. ANSYS в примерах и задачах : [совместная работа в системах CAD и ANSYS] / К. А. Басов. - Москва: КомпьютерПресс, 2002.	2
2	Басов К. А. ANSYS для конструкторов / К. А. Басов. - М.: ДМК Пресс, 2009.	5
3	Басов К.А. ANSYS и LMS Virtual Lab. Геометрическое моделирование / К.А. Басов. - М.: ДМК, 2006.	1
4	Каплун А. Б. ANSYS в руках инженера : практическое руководство / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. - Москва: Едиториал УРСС, 2003.	17
5	Каплун А. Б. ANSYS в руках инженера : практическое руководство / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. - Москва: УРСС, 2004.	26
6	Чигарев А. В. ANSYS для инженеров : справочное пособие / А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. - Москва: Машиностроение, 2004.	44
7	Чигарев А. В. ANSYS для инженеров : справочное пособие / А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. - Москва: Машиностроение, 2004.	44
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Басов К. А. ANSYS : справочник пользователя / К. А. Басов. - Москва: ДМК Пресс, 2005.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2514">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2514</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Басов К. А. ANSYS в примерах и задачах : [совместная работа в системах CAD и ANSYS] / К. А. Басов. - Москва: КомпьютерПресс, 2002.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2371">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2371</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Журнал ANSYS Advantage. Русская редакция	<a href="https://www.ansysadvantage.ru/">https://www.ansysadvantage.ru/</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Чигарев А. В. ANSYS для инженеров : справочное пособие / А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. - Москва: Машиностроение, 2004.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2374">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2374</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Шингель Л. П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач с использованием пакета программ ANSYS : учебно-методическое пособие / Л. П. Шингель. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2009.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2934">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2934</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Котов А. Г. САПР изделий из композиционных материалов. Моделирование процессов деформирования и разрушения в среде ANSYS : учебное пособие / А. Г. Котов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2826">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2826</a>	локальная сеть; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

Вид ПО	Наименование ПО
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS ( лиц. 444632 ЦВБС)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978 )

#### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Springer Nature e-books	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a> <a href="http://jwww.springerprotocols.com/">http://jwww.springerprotocols.com/</a> <a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a> <a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a> <a href="http://npg.com/">http://npg.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных Wiley Journals	<a href="http://onlinelibrary.wiley.com/">http://onlinelibrary.wiley.com/</a>
База данных компании Springer Customer Service Center GmbH	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a> <a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a> <a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a> <a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a> <a href="http://npg.com/">http://npg.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

#### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Маркерная доска	1
Лекция	Ноутбук	1
Лекция	Парты	25
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютер	12

#### 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«САПР изделий из композиционных материалов»  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	Материаловедение и технологии материалов (общий профиль, СУОС)
<b>Квалификация выпускника:</b>	«Бакалавр»
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Механика композиционных материалов и конструкций
<b>Форма обучения:</b>	Очная

**Курс:** 4

**Семестр:** 7, 8

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 7 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 252 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 7 семестр

Дифференцированный зачет: 8 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров (7-го и 8-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОПР	Т/КР		Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>З.1</b> Знать методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации; методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в соответствующей области исследования	С1	ТО1				ТВ
<b>З.2</b> Знать структуру справочно-информационных баз системы автоматизированного проектирования; материалов		ТО2				ТВ
<b>З.3.</b> Знать методы задания свойств композиционных материалов и методы построения деталей и конструкций из композиционных материалов в системах автоматизированного проектирования		ТО3				ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
<b>У.1</b> Уметь оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; применять методы анализа научно-технической информации; применять методы проведения экспериментов		ПЗ1				ПЗ
<b>У.2</b> Уметь использовать справочно-информационные базы системы автоматизированного проектирования; при выборе моделей; задавать композиционные материалы с различными структурными параметрами с использованием систем автоматизированного проектирования;		ПЗ6 ПЗ7				ПЗ

У.3. Уметь применять методы построения конструкций из композиционных материалов		ПЗ2 ПЗ3				ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
В.1 Владеть навыками сбора, обработки, анализа и обобщения передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований; сбора обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний; проведения экспериментов в соответствии с установленными полномочиями; проведения наблюдений и измерений, составление их описаний и формулировка выводов		ПЗ4 ПЗ5 ПЗ8 ПЗ9				КЗ
В.2 Владеть навыками построения твердотельных моделей конструкций и деталей		ПЗ2 ПЗ3				КЗ
В.3 Владеть навыками расчета конструкций и деталей из композиционных материалов в системах автоматизированного проектирования		ПЗ10 ПЗ11 ПЗ12 ПЗ13 ПЗ14 ПЗ15 ПЗ16 ПЗ17 ПЗ18 ПЗ18	ОПР11 ОПР12 ОПР13 ОПР14 ОПР15 ОПР16 ОПР17 ОПР18			КЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОПР – отчет по практической работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **1. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем контрольных опросов, защиты отчетов по практическим работам и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

## **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты практических работ.

### **2.2.1. Защита практических работ**

Всего запланировано 18 практических работ. Типовые темы практических работ приведены в РПД.

Защита практической работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в приложении 1.

### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

#### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Классы задач в ANSYS Workbench. Статика, динамика, тепловой анализ. Общая последовательность действий при решении задач.

2. Контактное взаимодействие системы тел. Общая классификация контактов. Контактная пара. Целевая и контактная поверхности и их назначение. Трение контакта. Давление контакта. Контактные элементы «поверхность-поверхность», «узел-поверхность», «узел-узел».

3. Оценка прочности конструкций, выполненных из композиционных материалов. Критерий максимальных деформаций, критерий максимальных напряжений, критерий Цая-Ву; пользовательский критерий.

4. Назначение САПР. Типы инженерных задач (Прямая и обратная задачи). Параметрическая оптимизация. Критерии оптимизации.

5. Граничные условия. Типы граничных условий. Задние граничных условий на элементы геометрии и узлы конечно-элементной сетки. Точечные, поверхностные и объемные (инерционные, температурные) нагрузки. Граничные условия в перемещениях.

**Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Построение геометрической модели. Иерархия и топология геометрических объектов. Основные операции построения геометрических элементов. Геометрические примитивы.

2. Построение конечно элементной модели назначение атрибутов. Типы конечных элементов. Инструментальные средства ANSYS Workbench (Mesh Tool) построения сети. Понятие формы элемента. Средства адаптации конечно-элементной модели.

3. Глобальные и локальные системы координат (СК); узловая и элементная СК; дисплейная СК; СК для интерпретации результатов; рабочая плоскость (WorkPlane).

4. Задание физических свойств. Типы моделей материалов. Линейные упругие модели. Линейный статический анализ в ANSYS Workbench.

5. Отображение результатов в виде непрерывных контуров. Типы объектов отображаемых результатов. Компоненты полей напряжений, деформаций и перемещений. Эквивалентные величины и главные значения.

**Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Тепловой анализ. Уравнение теплопроводности; установившийся (квазистационарный) процесс. Конвективный теплообмен. Радиация. Типы граничных условий в тепловом анализе.

2. Типы сопряженных задач. Термомеханический анализ. Определение сопряженного анализа. Передача нагрузок между модулями.

3. Расчет напряженно деформированного состояния (НДС) конструкций, выполненных из композиционных материалов. Оболочечные и трехмерные композитные элементы. Схема армирования. Особенности задания граничных условий.

4. Модальный анализ в ANSYS Workbench.

5. Алгоритм работы в программном комплексе ANSYS Workbench при расчете НДС конструкций, выполненных из композиционных материалов.

Примеры типовых комплексных заданий для контроля приобретенных владений приведены в приложении 2. *Полный перечень теоретических вопросов и*



*практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

Приложение 1.  
Форма экзаменационного билета



**пермский  
политех**

АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА МЕХАНИКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Экзамен по дисциплине  
«САПР ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Классы задач в ANSYS Workbench. Статика, динамика, тепловой анализ. Общая последовательность действий при решении задач.
2. Построение конечно элементной модели назначение атрибутов. Типы конечных элементов. Инструментальные средства *ANSYS Workbench (Mesh Tool)* построения сети. Понятие формы элемента. Средства адаптации конечно-элементной модели.
3. Модальный анализ в ANSYS Workbench.

Составитель

\_\_\_\_\_ П.В. Писарев

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

## Приложение 2. Примеры типовых комплексных заданий

### Критерии оценки комплексных заданий

**Оценка «пять» ставится, если обучающийся правильно выполнил задания билета. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.**

**Оценка «четыре» ставится, если обучающийся выполнил задания билета с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.**

**Оценка «три» ставится, если обучающийся выполнил задания билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.**

**Оценка «два» ставится, если обучающийся при выполнении заданий билета продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.**

1. Тепловой анализ. Уравнение теплопроводности; установившийся (квазистационарный) процесс. Конвективный теплообмен. Радиация. Типы граничных условий в тепловом анализе.

Дана композитная пластина, состоящая из 8-ми слоёв углепластика. Схема армирования  $[0^\circ/90^\circ]$ . Размеры пластины:  $200 \times 50 \times 2$  мм. На нижнюю поверхность пластины приложена температура  $160^\circ\text{C}$ . На остальных поверхностях действует конвекция. Коэффициент теплоотдачи –  $10 \text{ Вт/м}^2$ . Температура конвекции –  $60^\circ\text{C}$ . Определить распределение поля температур по слоям и тепловой поток.

2. Типы сопряженных задач. Термомеханический анализ. Определение сопряженного анализа. Передача нагрузок между модулями.

Дана слоистая труба, состоящая из трёх материалов: медь, алюминий и сталь. Диаметр трубы – 100 мм, длина – 500 мм. Толщина слоя – 5 мм.

На внутреннюю поверхность трубы действует температурная нагрузка –  $100^\circ\text{C}$ . На внешней поверхности действует конвекция. Коэффициент теплоотдачи –  $5 \text{ Вт/м}^2$ . Температура окружающей среды –  $20^\circ\text{C}$ . Труба зафиксирована с обеих сторон стальными кольцами квадратного сечения. Толщина колец – 20 мм. Расстояния от торца – 80 мм.

Необходимо провести расчёт НДС конструкции, если начальная температура трубы –  $20^\circ\text{C}$ . Определить запас прочности.

3. Расчет напряженно деформированного состояния (НДС) конструкций, выполненных из композиционных материалов. Оболочечные и трехмерные композитные элементы. Схема армирования. Особенности задания граничных условий.

Дана конструкция, состоящая из стального уголка и композитной пластины, изображенная на рисунке 1. Композитная пластина имеет размеры 100x60x6 мм и состоит из 12 слоев углепластика, со схемой армирования  $[0^\circ/90^\circ/45^\circ/-45^\circ]$ . Упругие и прочностные характеристики углепластика приведены в таблицах 1–2. Стальной уголок равнобедренный и имеет размеры 30x30x5 мм. Нижний торец уголка закреплен, на свободный торец пластины действует изгибающая сила  $F=1\text{кН}$  (3 МПа). Необходимо определить запас прочности конструкции.

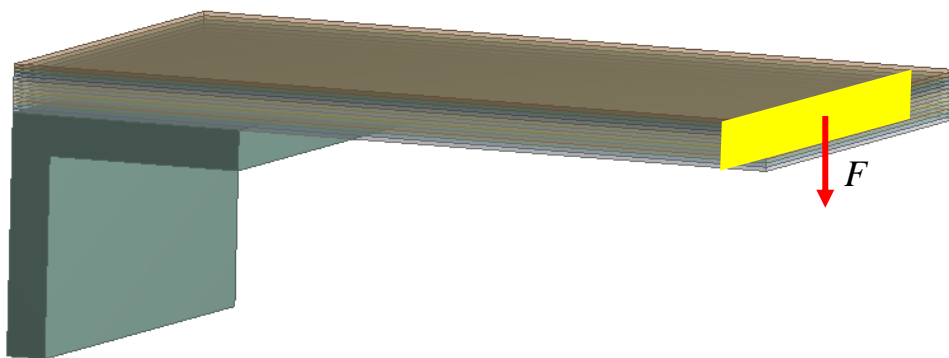


Рисунок 1 – Расчетная конструкция

Таблица 1 – Упругие характеристики углепластика

Материал	$E_{11}$ , ГПа	$E_{22}$ , ГПа	$E_{33}$ , ГПа	$G_{12}$ , ГПа	$G_{13}$ , ГПа	$G_{23}$ , ГПа	$\nu_{12}$	$\nu_{13}$	$\nu_{23}$
Равнопрочный углепластик	55,9	55,9	12,0	12	3	3	0,04	0,3	0,3

Таблица 2 – Прочностные характеристики углепластика

Материал	$S_{11}^+$ , МПа	$S_{11}^-$ , МПа	$S_{22}^+$ , МПа	$S_{22}^-$ , МПа	$S_{33}^+$ , МПа	$S_{33}^-$ , МПа	$S_{12}$ , МПа	$S_{13}$ , МПа	$S_{23}$ , МПа
Равнопрочный углепластик	809	804	809	804	47	128	150	77	77

#### 4. Модальный анализ в ANSYS Workbench.

Построить геометрическую модель панели ЗПК, общий вид которой изображен на рисунке 1. На рисунке 2 представлены размеры поперечного сечения.

Панель ЗПК выполнена из однонаправленного углепластика (использовать стандартные свойства из библиотеки ANSYS). Панель закреплена по шести крепежным отверстиям.

Выполнить модальный анализ панели ЗПК. Определить первые 10 собственных частот и форм колебаний.

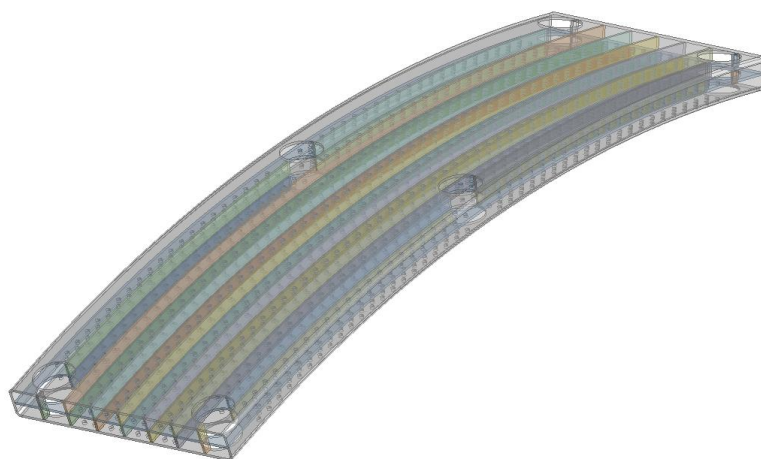


Рисунок 1 – Общий вид панели ЗПК

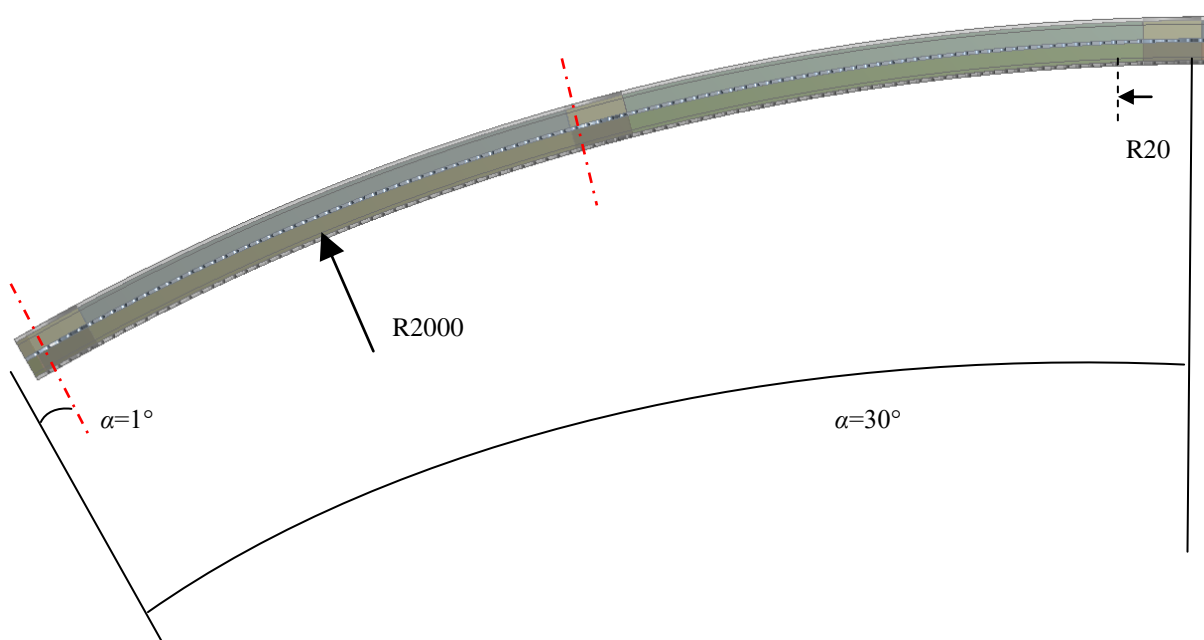
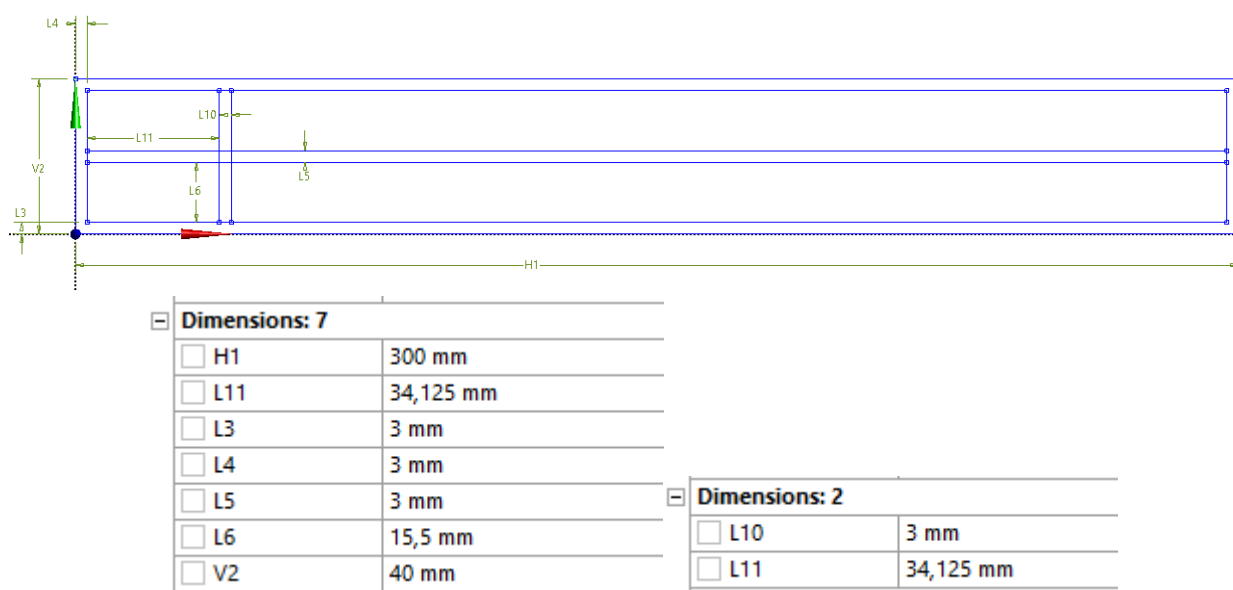


Рисунок 2 – Размеры поперечного сечения панели ЗПК

5. Алгоритм работы в программном комплексе ANSYS Workbench при расчете НДС конструкций, выполненных из композиционных материалов.

Провести расчет части изогнутой композитной трубы. Геометрическая модель трубы представлена на рисунке 1. Радиус трубы 0.1 м, длина каждого колена трубы 1 м, радиус скругления центральной оси в местах изгиба 0.2 м, угол изгиба  $90^\circ$ . Труба находится под действием внутреннего давления  $p = 6 \text{ МПа}$ . На торцах трубы заданы ограничения по перемещениям вдоль осевой линии трубы. Труба выполнена из трех слоев 1-сталь, 2-алюминий, 3-медь, толщиной  $h = 2 \text{ мм}$ . Отобразить нормальные напряжения в каждом слое конструкции. Определить запас прочности конструкции.



Рисунок 1 – Геометрическая модель трубы