

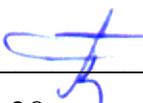
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 28 » апреля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Компьютерные пакеты моделирования технологических процессов
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 216 (6)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
(код и наименование направления)

Направленность: Проектирование конструкций из композиционных материалов
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование комплекса знаний, умений и навыков, необходимых для решения стандартных задач моделирования технологических процессов.

В процессе освоения данной дисциплины студент углубляет и демонстрирует следующие общекультурные и профессиональные компетенции подготовки:

– способен проводить работы по разработке компоновочной схемы и электронной модели конструкций летательных аппаратов из полимерных композиционных материалов (ПК-2.1);

Задачи учебной дисциплины:

- формирования знаний об основах компьютерного моделирования технологических процессов композитных конструкций и материалов с помощью современных CAD- и CAE с использованием современной вычислительной техники; об основных физических процессах протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации;
- формирование умения создавать двумерные и трехмерные компьютерные модели; проводить численные расчеты теплофизических процессов;
- решение инженерных и технологических задач.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- современное состояние исследований в области математического моделирования технологических процессов.
- численные методы моделирования технологических процессов.
- современные математические инструменты моделирования технологических процессов.

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
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знать основные этапы изготовления конструкции из полимерных композиционных материалов.	Знает основные этапы проектирования летательных аппаратов, методики расчета на прочность и жесткость; назначение и возможности систем автоматизированного проектирования; методики расчета и проектирования конструкций в инженерных программных комплексах	Контрольная работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Уметь разрабатывать численные модели технологических процессов изготовления конструкций из композиционных материалов.	Умеет применять методики расчета агрегатов летательных аппаратов на прочность; пользоваться пакетами программ в современных САД/САЕ-системах при проведении расчетных и проектно-конструкторских работ	Контрольная работа
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеть навыками использования инженерных программных комплексов для проведения вычислительных экспериментов механики композиционных материалов.	Владеет навыками использования инженерных программных комплексов для проведения вычислительных экспериментов в области механики композиционных материалов	Контрольная работа

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		1
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	90	90
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:		
- лекции (Л)	18	18
- лабораторные работы (ЛР)	36	36
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	32	32
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
- контрольная работа		
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90
2. Промежуточная аттестация		
Экзамен	36	36
Дифференцированный зачет		
Зачет		
Курсовой проект (КП)		
Курсовая работа (КР)		
Общая трудоемкость дисциплины	216	216

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
1-й семестр				
Раздел 1 "Компьютерное моделирование технологических процессов в программном комплексе FiberSim"	8	18	16	44
Численное моделирование технологических процессов изготовления конструкций из полимерных композиционных материалов с использованием пакетов прикладных программ. Введение. Последовательность работы и интерфейс программного комплекса FiberSim. Препроцессинг модуль Basic. Поверхностное моделирование. Системы координат, перенесенные системы координат. Производственное моделирование. Расчетно-экспериментальное определение предельного угла деформирования. Проектирование и документация. Проектирование и подготовка данных для производства				
Раздел 2 "Компьютерное моделирование технологических процессов в программном комплексе ANSYS Workbench"	10	18	16	46
Введение. Последовательность работы и интерфейс программного комплекса ANSYS Workbench. Особенности численного моделирования процессов теплопроводности при стационарных и нестационарных режимах. Определение теплофизических свойств композиционных материалов. Численное моделирование конвективного теплообмена. Численное моделирование лучистого теплообмена. Численно моделирование процесса полимеризации и усадки связующего композиционного материала.				
ИТОГО по 1-му семестру	18	36	32	90
ИТОГО по дисциплине	18	36	32	90

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Построение простейшей трехмерной геометрической модели. (FiberSim)
2	Назначение конструктивных и технологических границ слоев модели. (FiberSim)
3	Создание пакета анизотропных слоев композиционного материала. Заполнение формы пакета. (FiberSim)

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
4	Импорт/экспорт геометрических моделей различного расширения. Создание оболочечных моделей. (FiberSim)
5	Создание локальных систем координат анизотропных слоев конструкций из композиционных материалов. (FiberSim)
6	Выполнение производственного моделирования, создание линии ширины материала, оценка деформации и отклонения результатов, создание развертки. (FiberSim)
7	Работа с базами данных материалов. Создание новых материалов. (FiberSim)
8	Создание слоистого ламината с использованием рабочей поверхности выкладки. Изменение визуализации, раскрытие геометрии, активация пластов, содержащих дополнительные характеристики. (FiberSim)
9	Построение геометрической модели. Восходящее проектирование. Нисходящее проектирование. (ANSYS Workbench)
10	Построение конечно-элементной модели. Выбор типа конечного элемента. Проведение исследования сходимости численного расчета. (ANSYS Workbench)
11	Задание физических параметров модели. Назначение граничных условий. (ANSYS Workbench)
12	Построение эпюр распределения температуры для слоистой модели композиционного материала сложной формы. (ANSYS Workbench)
13	Численное моделирование слоистой заготовки из композиционного материала в муфельной печи. (ANSYS Workbench)
14	Численное прогнозирование теплопроводности текстильного композиционного материала. (ANSYS Workbench)
15	Численное моделирование процессов полимеризации и усадки типовой конструкции выполненной из композиционного материала. (ANSYS Workbench)
16	Численное моделирование выкладки (намотки) многослойной конструкции из композиционного материала. (ANSYS Workbench)

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Создание компьютерной модели тонкостенной сферы. (FiberSim)
2	Создание слоистого пакета из композиционных материалов. (FiberSim)
3	Проведение структурного анализа слоистой конструкции из композиционного материала. (FiberSim)
4	Поверхностное моделирование заполнения формы пакета с нанесением необходимых разрезов. (FiberSim)
5	Создание разверток слоев конструкций из композиционных материалов. (FiberSim)
6	Исследование влияния схемы армирования и граничных условий на скорость теплопередачи. (ANSYS Workbench)
7	Исследование влияния режима охлаждения на температурное распределение. (ANSYS Workbench)
8	Определение теплофизических свойств композиционного материала. (ANSYS Workbench)
9	Численное моделирование технологических деформаций, возникающих в процессе полимеризации конструкций из композиционных материалов. (ANSYS Workbench)

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой 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 установления 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.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

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, лабораторным работам 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
1. Основная литература		
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.	126

2	Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования : учебник для вузов / И. П. Норенков. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009.	20
3	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
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Басов К. А. ANSYS в примерах и задачах : [совместная работа в системах CAD и ANSYS] / К. А. Басов. - Москва: КомпьютерПресс, 2002.	2
2	Кондаков А. И. САПР технологических процессов: учебник для вузов/ А.И. Кондаков : учебник для вузов / А. И. Кондаков. - Москва: Академия, 2007.	31
3	Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1 : учебно-методическое пособие / Л. П. Шингель ; Пермский национальный исследовательский политехнический университет .— Пермь : Изд-во ПНИПУ	25
4	Хетагуров Я.А. Проектирование автоматизированных систем обработки информации и управления (АСОИУ) : учебник для вузов / Я.А. Хетагуров. - Москва: Высш. шк., 2006.	8
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
1	Основы работы в Windows, Microsoft Office 2007: методическое пособие / М.С. Королев [и др.] ; Пермский государственный технический университет .— Пермь : Изд-во ПГТУ, 2011	3
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	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	Основы работы в Windows, Microsoft Office 2007: методическое пособие / М.С. Королев [и др.] ; Пермский государственный технический университет .— Пермь : Изд-во ПГТУ, 2011	http://elib.pstu.ru/view.php?fDocumentId=77	локальная сеть; свободный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Основы проектирования баз данных в САПР / Ю.В. Литовка [и др.].— Электрон. версия учебного пособия . — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012.— 97 с.	http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=64152	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
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	https://www.scopus.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютеры	12

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	ноутбук	1
Лекция	проектор	1
Практическое занятие	компьютеры	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
«Компьютерные пакеты моделирования технологических процессов»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
Направленность (профиль) образовательной программы:	Проектирование конструкций из композиционных материалов (общий профиль, СУОС)
Квалификация выпускника:	«Магистр»
Выпускающая кафедра:	Механика композиционных материалов и конструкций
Форма обучения:	Очная

Курс: 1

Семестр: 1

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	6	ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	216	ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 1 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, освоенных 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	ОЛР	Т/КР		Экзамен
Усвоенные знания						
З.1 Знать основные этапы изготовления конструкции из полимерных композиционных материалов.	С1					ТВ
З.2 Знать основы компьютерного моделирования технологических процессов композитных конструкций и материалов с помощью современных САД- и САЕ с использованием современной вычислительной техники		ТО1				ТВ
Освоенные умения						
У.1 Уметь разрабатывать численные модели технологических процессов изготовления конструкций из композиционных материалов.		П31 П32 П33 П34 П35 П38	ОЛР1 ОЛР2			ПЗ
У.2 Уметь проводить численные расчеты теплофизических процессов		П36 П39	ОЛР3 ОЛР4			ПЗ
Приобретенные владения						
В.1 Владеть навыками использования инженерных программных комплексов для проведения вычислительных экспериментов механики композиционных материалов.		П37 П310 П311 П312	ОЛР5 ОЛР8 ОЛР9			КЗ
В.2 Владеть навыками расчёта теплофизических процессов		П313 П314 П315 П316	ОЛР6 ОЛР7			КЗ

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчёт по лабораторной 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, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме

защиты практических и лабораторных работ.

2.2.1. Защита практических работ

Всего запланировано 16 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.

2.2.2. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 9 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной 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. Подходы, математические модели и методы решения задач по расчету технологических напряжений и деформаций в конструкциях из полимерных композиционных материалов.

2. Последовательность работы и интерфейс программного комплекса ANSYS Workbench.

3. Теплопроводность при стационарных и нестационарных режимах нагрева конструкций из композиционных материалов.

4. Определение теплофизических, механических характеристик ПКМ и констант материальных функций, используемых в численных моделях по расчету технологических напряжений и деформаций.

5. Численное моделирование технологического процесса изготовления типовой детали из ПКМ.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных

умений:

1. Создание слоистого ламината с использованием рабочей поверхности выкладки.
2. Построение конечно-элементной модели. Выбор типа конечного элемента.
3. Адаптация конечно-элементной модели.
4. Моделирование конвективного теплообменного процесса при нагреве слоистой заготовки из ПКМ.
5. Определение теплофизических характеристик ОВКМ.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Численное моделирование технологического процесса охлаждения слоистой пластины из ПКМ.
2. Численное прогнозирование теплопроводности текстильного композиционного материала.
3. Исследование влияния режима охлаждения на температурное распределение в слоистой пластине из ПКМ.
4. Исследование влияния схемы армирования и граничных условий на скорость теплопередачи при нагреве слоистой пластины из ПКМ.
5. Расчет температурного распределения при охлаждении изделия.

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
**«КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПАКЕТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Теплопроводность при стационарных и нестационарных режимах нагрева конструкций из композиционных материалов.
2. Создание слоистого ламината с использованием рабочей поверхности выкладки.
3. Исследование влияния режима охлаждения на температурное распределение в слоистой пластине из ПКМ.

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. Численное моделирование технологического процесса охлаждения слоистой пластины из ПКМ.

Рассматривается процесс нагрева и охлаждения 20-ти-слойного пакета размером 200x100x10 мм из композиционного материала (КМ), свойства которого представлены на рисунке 1.

Пакет из КМ уложен на стальную пластину размером 230x130x20 мм (Рисунок 2, а). Заготовка помещается в холодную печь (Рисунок 2, б), геометрия которой уточняется у заказчика. Внутренний контур печи нагревается до 200 °С за 5 минут.

На этапе нагрева необходимо определить минимальное время прогрева пакета из КМ, если степень прогретости определяется величиной градиента температур, который не должен превышать 2 °С.

На этапе охлаждения рассматриваются два варианта: конвективное охлаждение в закрытой и открытой печи в течении 8 часов. Определить градиент температур в пакете и во всей системе для каждого из вариантов.

	A	B	C
1	Property	Value	Unit
2	 Material Field Variables	 Table	
3	 Density	1540	kg m ⁻³
4	 Orthotropic Thermal Conductivity		
5	Thermal Conductivity X direction	2,68	W m ⁻¹ C ⁻¹
6	Thermal Conductivity Y direction	2,68	W m ⁻¹ C ⁻¹
7	Thermal Conductivity Z direction	0,7	W m ⁻¹ C ⁻¹
8	 Specific Heat, C _p	1240	J kg ⁻¹ C ⁻¹

Рисунок 1 – Свойства слоя КМ



Рисунок 2 – Геометрическая модель, где: а – пакет из КМ на пластине; б – пакет из КМ на пластине в печи

2. Численное прогнозирование теплопроводности текстильного композиционного материала.

Необходимо спрогнозировать теплопроводность текстильного композиционного материала.

В качестве волокон рассматривались углеродные волокна. В качестве матрицы рассматривался полифениленсульфид (PPS). Теплофизические характеристики компонентов композиционного материала представлены в таблице 1. Объемное содержание волокна 50%.

Таблица 1 - Теплофизические характеристики компонентов композиционного материала

Свойство	Единицы измерения	Значение
Плотность волокна	кг/м ³	1543,82
Плотность матрицы	кг/м ³	1200
Теплоемкость волокна	Дж/кг*С	1127,27
Теплоемкость матрицы	Дж/кг*С	1240
Продольная теплопроводность волокна	Вт/м*С	6,654
Поперечная теплопроводность волокна	Вт/м*С	0,3
Теплопроводность матрицы	Вт/м*С	0,2

3. Исследование влияния режима охлаждения на температурное распределение в слоистой пластине из ПКМ.

Построить слоистый пакет 150×150×0,3 мм со свойствами $\lambda_{xx} = \lambda_{yy} = 10$ Вт/м*К; $\lambda_{zz} = 1$ Вт/м*К; $\rho = 1560$ кг/м³; $c = 1700$ Дж/кг*К из 18 слоев со схемой армирования $[0^0 / 90^0 / 45^0 / -45^0 / 90^0 / 0^0]_3$. Слоистый пакет размещен между двумя металлическими пластинами (стандартные свойства стали) с размерами 200×200×5 мм.

Начальные условия: $T_{н}=200^{\circ}\text{C}$;

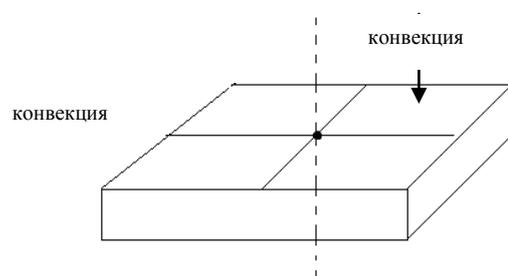
Граничные условия:

1.1 Охлаждение металлических пластин полностью с режимом от $T=200^{\circ}\text{C}$ до $T=20^{\circ}\text{C}$ со скоростью $T=20^{\circ}\text{C}$ за 60 с.;

Построить эпюру по высоте слоистого

1.2 Охлаждение металлических пластин полностью с режимом от $T=200^{\circ}\text{C}$ до $T=20^{\circ}\text{C}$ со скоростью $T=20^{\circ}\text{C}$ за 60 с.;

пакета из центра поверхностей.



Конвекция боковых граней слоистого пакета

коэффициент

конвекция

теплоотдачи $h=5 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ при температуре среды $T_c=20^\circ\text{C}$.

Построить эпюру по высоте слоистого пакета из центра поверхностей.

1.3 Охлаждение верхних поверхностей металлических пластин с режимом от $T=200^\circ\text{C}$ до $T=20^\circ\text{C}$ со скоростью $T=20^\circ\text{C}$ за 60 с.;

Построить эпюру по высоте слоистого пакета из центра поверхностей.

1.4 Охлаждение металлической пластины полностью с режимом от $T=200^\circ\text{C}$ до $T=20^\circ\text{C}$ со скоростью $T=20^\circ\text{C}$ за 60 с.;

Конвекция боковых граней слоистого пакета $h=20 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ при $T_c=20^\circ\text{C}$.

Построить эпюру по высоте слоистого пакета из центра поверхностей.

Результаты максимальных и минимальных значений для слоистого пакета и пластины, и для эпюр свести в сравнительную таблицу. Сделать выводы по полученным результатам.

4. Исследование влияния схемы армирования и граничных условий на скорость теплопередачи при нагреве слоистой пластины из ПКМ.

Выполнить исследование влияния схемы армирования и граничных условий на скорость теплопередачи при нагреве слоистой пластины из ПКМ.

На рисунке 1 представлена схема геометрической модели. Геометрическая модель представляет собой слоистый пакет из 36 слоев КМ с отверстием по центру.

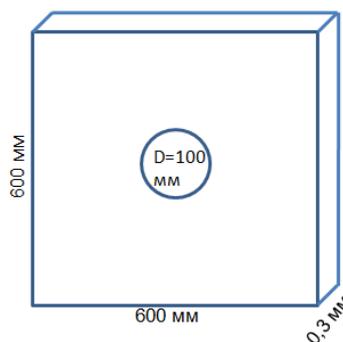


Рисунок 1 – Схема геометрической модели

Свойства КМ задать согласно таблице, представленной на рисунке 2.

Properties of Outline Row 3: composite			
	A	B	C
1	Property	Value	Unit
2	Material Field Variables	Table	
3	Density	1540	kg m^{-3}
4	Orthotropic Thermal Conductivity		
5	Thermal Conductivity X direction	2,68	$\text{W m}^{-1} \text{C}^{-1}$
6	Thermal Conductivity Y direction	2,68	$\text{W m}^{-1} \text{C}^{-1}$
7	Thermal Conductivity Z direction	0,7	$\text{W m}^{-1} \text{C}^{-1}$
8	Specific Heat, C_p	1240	$\text{J kg}^{-1} \text{C}^{-1}$

Рисунок 2 – Свойства равнопрочного композиционного материала

При исследовании влияния граничных условий на скорость теплопередачи рассмотреть следующие расчётные варианты.

- Первый расчётный вариант.

– начальные условия: $T_{нач}=20^\circ\text{C}$;

– граничные условия: $T_{наг}=100^\circ\text{C}$ на левые боковые грани; конвекция $h=5 \text{ Вт/м}^2\text{C}$, $T_c=20^\circ\text{C}$ на верхние и нижние грани. Схема приложения граничных условий представлена на рисунке 3.

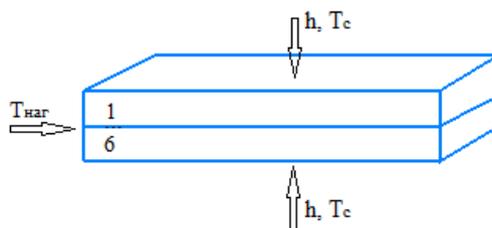


Рисунок 3 – Схема приложения граничных условий для первого расчетного варианта

- Второй расчётный вариант.
 - начальные условия: $T_{нач}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - граничные условия: $T_{наг}=100\text{ }^{\circ}\text{C}$ на верхнюю грань; конвекция $h=5\text{ Вт/м}^2\cdot\text{C}$, $T_c=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ на боковые грани. Схема приложения граничных условий представлена на рисунке 4.

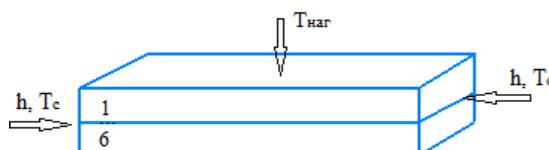


Рисунок 4 – Схема приложения граничных условий для второго расчётного варианта

Сделать вывод о влиянии граничных условий на скорость теплопередачи.

При исследовании влияния схемы армирования на скорость теплопередачи рассмотреть следующие расчётные варианты.

- Первый расчётный вариант

В модуле Steady-State Thermal в элементе Engineering Data задайте свойства КМ согласно таблице, приведенной на рисунке 5. В элементе Geometry постройте геометрическую модель согласно рисунку 1.

	A	B	C
1	Property	Value	Unit
2	Orthotropic Thermal Conductivity		
3	Thermal Conductivity X direction	5,1032	W m ⁻¹ C ⁻¹
4	Thermal Conductivity Y direction	0,2936	W m ⁻¹ C ⁻¹
5	Thermal Conductivity Z direction	0,2936	W m ⁻¹ C ⁻¹

Рисунок 5 – Свойства однонаправленного композиционного материала

В элементе Model провести настройку модели и задать следующие граничные и начальные условия:

- начальные условия: $T_{нач}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- граничные условия: $T_{наг}=50\text{ }^{\circ}\text{C}$ на левые боковые грани; конвекция $h=5\text{ Вт/м}^2\cdot\text{C}$, $T_c=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ на верхние и нижние грани. Схема приложения граничных условий представлена на рисунке 3.

- Второй расчётный вариант

В модуле Steady-State Thermal в элементе Engineering Data задайте свойства КМ согласно таблице, приведенной на рисунке 5. В элементе Geometry постройте геометрическую модель согласно рисунку 1.

В элементе Model провести настройку модели. Для пакета задать схему армирования слоев $[0^{\circ}/90^{\circ}/45^{\circ}/-45^{\circ}/90^{\circ}/0^{\circ}]$. Задать следующие граничные и начальные условия:

- начальные условия: $T_{нач}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- граничные условия: $T_{наг}=50\text{ }^{\circ}\text{C}$ на левые боковые грани; конвекция $h=5\text{ Вт/м}^2\cdot\text{C}$, $T_c=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ на верхние и нижние грани. Схема приложения граничных условий представлена на рисунке 3.

Сделать вывод о влиянии схемы армирования на скорость теплопередачи.

5. Расчет температурного распределения при охлаждении изделия.

Необходимо построить трубу диаметром 200 мм и длиной 200 мм с толщиной стенки 50 мм из никеля.

Начальные условия: $T_n=200^\circ\text{C}$;

Граничные условия прикладываются к поверхностям, показанным на рисунке:

- режим охлаждения: от $T=200^\circ\text{C}$ до $T=100^\circ\text{C}$ со скоростью $T=20^\circ\text{C}$ за 60 сек.;
- выдержка: при $T=100^\circ\text{C}$ в течении 60 сек.;
- режим охлаждения: от $T=100^\circ\text{C}$ до $T=20^\circ\text{C}$ со скоростью $T=10^\circ\text{C}$ за 60 сек.;
- выдержка: при $T=20^\circ\text{C}$ в течении 60 сек.;
- нагрев: от $T=20^\circ\text{C}$ до $T=100^\circ\text{C}$ со скоростью $T=20^\circ\text{C}$ за 60 сек.;
- выдержка: при $T=100^\circ\text{C}$ в течении 120 сек.;
- охлаждение: от $T=100^\circ\text{C}$ до $T=200^\circ\text{C}$ со скоростью $T=10^\circ\text{C}$ за 60 сек.;

Вывести результаты температурного распределения после каждого температурного режима.

