

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

« 03 » мая 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Моделирование технологических процессов изготовления
конструкций авиационной техники из композиционных
материалов

(наименование)

Форма обучения: _____ очная

(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: _____ магистратура

(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: _____ 180 (5)

(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

(код и наименование направления)

Направленность: Перспективные технологии создания конструкций
газотурбинных двигателей и мотогондол 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 профессиональной деятельности в области автоматизированного проектирования и моделирования технологических процессов изготовления элементов конструкций газотурбинного двигателя и мотогондол из полимерных композиционных материалов.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование знаний об основах компьютерного моделирования технологических процессов изготовления элементов конструкций газотурбинного двигателя и мотогондол из полимерных композиционных материалов с помощью современных CAD- и CAE систем и многопроцессорной вычислительной техники; об основных физических процессах, протекающих в материалах и конструкциях при их получении, обработке и модификации;
- формирование умения создавать двумерные и трехмерные компьютерные модели; проводить численные расчеты технологических напряжений и деформаций в конструкциях авиационной техники из композиционных материалов;
- освоение навыков решения инженерных и технологических задач.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- современное состояние исследований в области математического моделирования технологических процессов изготовления конструкций авиационной техники из композиционных материалов
- численные методы моделирования технологических процессов изготовления конструкций авиационной техники из композиционных материалов
- современные математические инструменты моделирования технологических процессов изготовления конструкций авиационной техники из композиционных материалов

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-2.5	ИД-1ПК-2.5	Знать алгоритмы численного моделирования технологических процессов изготовления элементов конструкций газотурбинного двигателя и мотогондол из полимерных композиционных материалов	Знает основные этапы разработки технологического процесса производства элементов конструкций газотурбинных двигателей и мотогондолы; Ключевые особенности технологий производства изделий из полимерных композиционных материалов	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.5	ИД-2ПК-2.5	Уметь разрабатывать численные модели технологических процессов изготовления конструкций авиационной техники из полимерных композиционных материалов.	Умеет применять методики разработки технологических процессов в соответствии с нормативной и технологической документацией; применять справочную литературу при разработке технологических процессов	Контрольная работа
ПК-2.5	ИД-3ПК-2.5	Владеть навыками использования инженерных программных комплексов для проведения вычислительных экспериментов механики композиционных материалов	Владеет навыками использования инженерных программных комплексов для разработки технологических процессов для производства элементов конструкций газотурбинных двигателей и мотогондолы	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:	70	70	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	32	32	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	74	74	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

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				
Моделирование технологических процессов изготовления конструкций авиационной техники из композиционных материалов	18	18	32	74
<p>Обзор подходов, математических моделей и методов решения задач по расчету технологических напряжений и деформаций в конструкциях из полимерных композиционных материалов (ПКМ).</p> <p>Последовательность работы и интерфейс программного комплекса ANSYS Workbench.</p> <p>Алгоритм численного решения задачи по расчёту полей температуры, конверсии, напряжений и деформаций в заготовке из ПКМ на этапе формования.</p> <p>Определение теплофизических, механических характеристик компонент ПКМ и констант материальных функций, используемых в численных моделях по расчету технологических напряжений и деформаций.</p> <p>Численное моделирование процесса полимеризации и усадки связующего и монослоя ПКМ.</p> <p>Проведение численных расчетов полей температуры, конверсии, деформаций и напряжений при формовании пластины из ПКМ. Сравнение экспериментальных данных и результатов численного моделирования.</p> <p>Численное моделирование технологического процесса изготовления типовой детали/сборочной единицы (ДСЕ) из ПКМ.</p> <p>Оценка технологических деформаций и напряжений при выбранных значениях параметров конструкции, оснастки и технологических режимов изготовления ДСЕ из ПКМ.</p> <p>Численное моделирование автоматизированной выкладки многослойной конструкции из ПКМ.</p>				
ИТОГО по 1-му семестру	18	18	32	74
ИТОГО по дисциплине	18	18	32	74

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Построение геометрических моделей конструктивно подобных элементов слоистых конструкций ГТД и мотогондолы из композиционных материалов.
2	Построение конечно-элементной модели. Выбор типа конечного элемента. Проведение исследования сходимости численного расчета.
3	Задание физических параметров модели. Назначение граничных условий. Алгоритм численного решения задачи по расчёту полей температуры, конверсии, напряжений и деформаций в заготовке из ПКМ на этапе формования.
4	Аналитический расчет зависимостей механических характеристик компонентов монослоя ПКМ от степени полимеризации и температуры.
5	Численное прогнозирование эффективных механических характеристик монослоя на основе микромеханической модели текстильного композиционного материала
6	Численное прогнозирование теплопроводности текстильного композиционного материала
7	Численное моделирование технологического процессов: нагрева, полимеризации и стеклование слоистой пластины из ПКМ
8	Численное моделирование технологического процесса охлаждения слоистой пластины из ПКМ
9	Численное прогнозирование теплопроводности текстильного композиционного материала
10	Оценка технологических деформаций и технологических напряжений при выбранных значениях параметров конструкции, оснастки и технологических режимов изготовления на примере шпангоута авиационного двигателя П-образного профиля выполненного из ПКМ
11	Численное моделирование технологического процесса автоматизированной выкладки (намотки) многослойной конструкции из композиционного материала

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Исследование влияния режима охлаждения на температурное распределение в слоистой пластине из ПКМ
2	Исследование влияния схемы армирования и граничных условий на скорость теплопередачи в элементах конструкций ГТД и мотогондолы
3	Численное моделирование химической усадки элементов конструкций ГТД и мотогондолы
4	Численное прогнозирование теплофизических и механических характеристик равнопрочного текстильного углепластика в зависимости от температуры
5	Численный расчет коробления элементов конструкций ГТД и мотогондолы после автоклавного формования. Верификация полученных результатов.
6	Определение приращения тепловой и химической составляющих деформации элементов конструкций ГТД и мотогондолы в процессе формования
7	Расчет полей температуры, конверсии шпангоута авиационного двигателя П-образного профиля в процессе автоклавного формования
8	Расчет технологических деформаций шпангоута авиационного двигателя П-образного профиля

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
9	Изучение факторов влияющих на технологические напряжения и деформации элементов конструкций ГТД и мотогондолы
10	Численное моделирование автоматизированной выкладки многослойной конструкции из ПКМ

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.

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	Композиционные материалы в конструкции летательных аппаратов : сборник статей пер. с англ. Москва : Машиностроение, 1975. 265 с. 17,0 усл. печ. л.	2
2	Котов А. Г. САПР изделий из композиционных материалов. Моделирование процессов деформирования и разрушения в среде ANSYS : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008. 350 с.	123
3	Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования : учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. 431 с.	19
4	Шингель Л. П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1 : учебно-методическое пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2015. 52 с. 3,5 усл. печ. л.	20
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Бакулин В.Н., Гусев Е.Л., Марков В.Г. Методы оптимального проектирования и расчета композиционных конструкций. Оптимальное проектирование конструкций из композиционных и традиционных материалов. М. : Физматлит, 2008. 255 с.	1
2	Басов К. А. ANSYS в примерах и задачах : [совместная работа в системах CAD и ANSYS]. Москва : КомпьютерПресс, 2002. 223 с.	2
3	Буланов И. М., Воробей В. В. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов : учебник для вузов. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1998. 514 с.	8
4	Кондаков А. И. САПР технологических процессов: учебник для вузов/ А.И. Кондаков : учебник для вузов. Москва : Академия, 2007. 268 с. 17,0 сл. печ. л.	31
5	Хетагуров Я.А. Проектирование автоматизированных систем обработки информации и управления (АСОИУ) : учебник для вузов. Москва : Высш. шк., 2006. 223 с.	8
6	Шингель Л. П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1 : учебно-методическое пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2015. 52 с. 3,5 усл. печ. л.	20
2.2. Периодические издания		
1	Вестник ПНИПУ. Механика : журнал. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2012 - .	
2	Механика композиционных материалов и конструкций : всероссийский научный журнал. Москва : Ин-т прикл. механики РАН, 1995 - .	
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 / Королев М. С., Кошин В. А., Бельмас С. М., Андриевская О. Л., Гоголева Т.В. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2011. 145 с.	1
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	Зиновьев П.А., Смердов А.А. Оптимальное проектирование композитных материалов: Учебное пособие по курсу "Проектирование композитных конструкций. Ч. II". - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. - 103 с	https://techlibrary.ru/b1/2p1j1o1p1c2d1f1c_2x.2h._2z1n1f1r1e1p1c_2h.2h._2w1q1t1j1n1a1m2d1o1p1f_1q1r1p1f1l1t1j1r1p1c1a1o1j1f_1l1p1n1q1p1l1j1t1o2c1w_1n1a1t1f1r1j1a1m1p1c._2006.pdf	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Технологические процессы производства аэрокосмических конструкций из композиционных материалов: лабораторный практикум/ Ю.А. Вашуков, Т.А. Митрошкина. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2016. – 76 с	http://repo.ssau.ru/bitstream/Methodicheskie-materialy/Tehnologicheskie-processy-proizvodstva-aerokosmicheskikh-konstrukcii-iz-kompozicionnyh-materialov-Elektronnyi-resurs-lab-praktikum-68631/1/%D0%92%D0%B0%D1%88%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%20%D0%AE.%20%D0%90.%	сеть Интернет; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Практикум по композиционным материалам в технике / А.В. Ожогин, С.В. Воронова; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2021 – 39 с.	http://irbis.bti.secna.ru/doc11/2021-197.pdf	сеть Интернет; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Технологические процессы производства аэрокосмических конструкций из композиционных материалов: лабораторный практикум/ Ю.А. Вашуков, Т.А. Митрошкина. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2016. – 76 с.:	http://repo.ssau.ru/bitstream/Methodicheskie-materialy/Tehnologicheskie-processy-proizvodstva-aerokosmicheskikh-konstrukcii-iz-kompozicionnyh-materialov-Elektronnyi-resurs-lab-praktikum-68631/1/%D0%92%D0%B0%D1%88%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%20%D0%AE.%20%D0%90.%	сеть Интернет; 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/
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	http://www.diss.rsl.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
Лекция	ноутбук, 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 по дисциплине
«Моделирование технологических процессов изготовления
конструкций авиационной техники из композиционных
материалов»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Направленность (профиль) образовательной программы: Перспективные технологии создания конструкций ГТД и мотогондол из композиционных материалов

Квалификация выпускника: «Магистр»

Выпускающая кафедра: Механика композиционных материалов и конструкций

Форма обучения: Очная

Курс: 1

Семестр: 1

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 5 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 180 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 1 семестр

Пермь 2023

Фонд оценочных средств 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.

1.Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (1-го семестра учебного плана). В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические 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 практическим и 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 алгоритмы численного моделирования технологических процессов изготовления элементов конструкций газотурбинного двигателя и мотогондол из полимерных композиционных материалов	С1	ТО1		КР1		ТВ
З.2 знать последовательность работы и основные особенности современных систем автоматизированного проектирования	С2	ТО2		КР2		ТВ
З.3. знать основные этапы разработки технологического процесса производства элементов конструкций газотурбинных двигателей и мотогондолы			ОЛР1			ТВ
Освоенные умения						
У.1 уметь разрабатывать численные модели технологических процессов изготовления конструкций авиационной техники из полимерных композиционных материалов		ТО3		КР2		ПЗ
У.2 уметь проводить численное моделирование теплофизических, термокинетических и термомеханических процессов			ОЛР1 ОЛР3	КР1		ПЗ

Приобретенные владения						
В.1 владеть навыками использования инженерных программных комплексов			ОЛР1 ОЛР2	КР4		КЗ
В.2 владеть навыками расчета технологических напряжений и деформаций в конструкциях авиационной техники			ОЛР4			КЗ

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет 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.

2. 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 компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе 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 лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Результаты защиты лабораторных работ по 4-балльной шкале оценивания учитываются при проведении промежуточной аттестации. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 4 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

Типовые задания первой КР:

1. Описание модели упругого термомеханического поведения композиционных материалов. Основные механические характеристики аналитические и численные методы их определения.

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

Типовые задания второй КР:

1. Алгоритм построение геометрических моделей конструктивно подобных элементов слоистых конструкций ГТД и мотогондолы из композиционных материалов.

2. Построение конечно-элементной модели. Выбор типа конечного элемента. Проведение исследования сходимости численного расчета.

Типовые задания третьей КР:

1. Алгоритм численного решения задачи по расчёту полей температуры, конверсии, напряжений и деформаций в авиационной конструкции из ПКМ на этапе формования.

2. Численное моделирование технологического процесса охлаждения слоистой пластины из ПКМ.

Типовые задания четвертой КР (

1. Оценка технологических деформаций и напряжений при выбранных значениях параметров конструкции, оснастки и технологических режимов изготовления ДСЕ из ПКМ.

2. Алгоритм численного моделирования автоматизированной выкладки авиационной многослойной конструкции из ПКМ.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы 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.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Статические и динамические задачи механики деформируемого твердого тела.
2. Алгоритмы численного моделирования технологических процессов изготовления элементов конструкций газотурбинного двигателя и мотогондол из полимерных композиционных материалов.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Методика построения двумерных и трехмерных численных моделей авиационных конструкций из КМ
2. Построение конечно-элементной модели. Выбор типа конечного элемента. Проведение исследования сходимости численного расчета. (ANSYS)

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Численное прогнозирование эффективных механических характеристик монослоя на основе микромеханической модели текстильного композиционного материала
2. Численный расчет технологических напряжений и деформаций при выбранных значениях параметров конструкции, оснастки и технологических режимов изготовления на примере шпангоута авиационного двигателя П-образного профиля, выполненного из ПКМ

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

Список вопросов к экзамену

1. Алгоритм работы в программном комплексе ANSYS при решении тепловых задач
2. Моделирование теплообмена КМ при нагреве и охлаждении в стационарных и нестационарных режимах в программном комплексе ANSYS.
3. Моделирование конвективного теплообмена КМ в программном комплексе ANSYS.
4. Моделирование лучистого теплообмена при изготовлении КМ.
5. Понятие процесса полимеризации связующего композиционного материала.
6. Математические модели процессов теплопередачи в программном комплексе ANSYS.
7. Прогнозирование теплофизических свойств композиционных материалов
8. Компьютерные пакеты моделирования технологических процессов
9. Построение конечно-элементной модели. Выбор типа конечного элемента. Проведение исследования сходимости численного расчета. (ANSYS)
10. Задание физических параметров модели. Назначение граничных условий. (ANSYS)
11. Прогнозирование механических свойств компонент ПКМ и констант материальных функций, используемых в численных моделях по расчету технологических напряжений и деформаций.
12. Алгоритм численного решения задачи по расчёту полей температуры, конверсии, напряжений и деформаций в заготовке из ПКМ на этапе формования
13. Аналитический расчет зависимостей механических характеристик компонентов монослоя ПКМ от степени полимеризации и температуры
14. Численное моделирование технологического процесса автоматизированной выкладки (намотки) многослойной конструкции из композиционного материал
15. Оценка технологических деформаций и технологических напряжений при выбранных значениях параметров конструкции, оснастки и технологических режимов изготовления

БИЛЕТ № 1

1. Алгоритм работы в программном комплексе ANSYS при решении тепловых задач.
2. Компьютерные пакеты моделирования технологических процессов.
3. Прогнозирование теплофизических характеристик однонаправленного волокнистого композиционного материала (ОВКМ) с термопластичной матрицей

Заведующий кафедрой

_____ / _____/
(подпись)

« ____ » _____ 202_ г.

БИЛЕТ № 2

1. Задание физических параметров модели. Назначение граничных условий. (ANSYS).
2. Оценка технологических деформаций и технологических напряжений при выбранных значениях параметров конструкции, оснастки и технологических режимов изготовления.
3. Моделирование прогрева слоистых КМ с термопластичной матрицей при автоматизированном изготовлении

Заведующий кафедрой

_____ / _____/
(подпись)

« ____ » _____ 202_ г.

Типовые комплексные задания для контроля освоенных умений и контроля приобретенных владений

Задание 1.

Прогнозирование теплофизических характеристик однонаправленного волокнистого композиционного материала (ОВКМ) с термопластичной матрицей

Ячейка

периодичности $0,15 \times 0,15 \times 0,15$ мм



Провести исследование влияния процентного содержания волокна ОВКМ с термопластичной матрицей на теплофизические характеристики. Рассматривается ОВКМ с тетрагональной укладкой волокон содержание волокна 55%, 60%, 65%.

Задание 2

Моделирование прогрева слоистых КМ с термопластичной матрицей при автоматизированном изготовлении

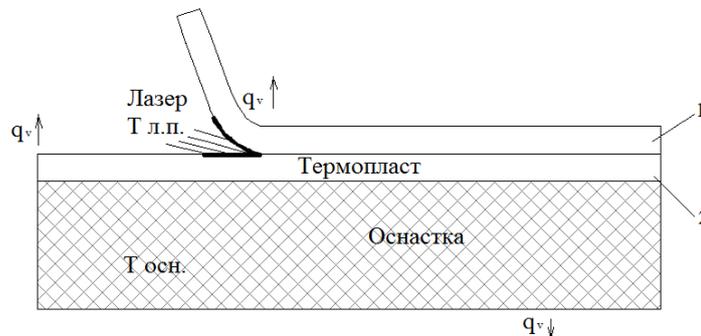


Рисунок – 1. Схема граничных условий, при прогреве ленты препрега с термопластичной матрицей при автоматизированной выкладке на криволинейной оснастке (Т л.п – температура пятна контакта; Т осн. – температура оснастки; 1 – верхний слой; 2 – нижний слой)

В качестве объекта исследования рассматривается лента термопластичного препрега, выполненная из ОВКМ (объемное содержание волокна 58%) геометрические размеры: $300 \times 60 \times 0,15$ мм. Лента выкладывается на стальную оснастку прямоугольной формы $600 \times 300 \times 5$ мм. Требуется рассчитать распределение полей температур в оснастке и ленте термопластичного препрега, нагреваемых лазерным источником в процессе автоматизированной выкладки препрега. Скорость движения лазерного источника 1 м/с, температура источника 1500°C .

Задание 3.

Численное моделирование тепловых деформаций углепластикового композитного образца в процессе полимеризации



Рассчитать максимальные тепловые деформации, возникающие в процессе нагрева (в печи до температуры до 180 °С) и полимеризации слоистого образца, выполненного из равнопрочного углепрепрега. Размеры слоя 250*250 мм, схема армирования образца [+/-45°], количество слоев 12, толщина слоя 0,21 мм. Размеры печи 300*300*150 мм. Решение осуществлять в стационарной постановке. Температура боковых и верхних стенок печи составляет 390 °С.