

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

« 07 » мая 20 24 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Технологии производства БПЛА 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: Проектирование, производство и эксплуатация беспилотных
летательных аппаратов из композиционных материалов

(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 технологий производства конструкции беспилотного летательного аппарата (БПЛА) из композиционных материалов (КМ). Освоение знаний основных современных технологий производства БПЛА из композиционных материалов. Освоение умений применять различные технологические приемы при проектировании и изготовлении элементов беспилотных летательных аппаратов из композиционных материалов. Владеть основными навыками разработки технологического процесса производства БПЛА из композиционных материалов.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение основных технологий производства БПЛА из композиционных материалов;
- формирование умения применять различные технологические приемы при проектировании и изготовлении элементов конструкций БПЛА из композиционных материалов;
- формирование навыков разработки технологического процесса производства БПЛА из композиционных материалов.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Объекты учебной дисциплины

- основные принципы и технологии композиционных материалов;
- принципиальная схема технологических процессов изготовления БПЛА из КМ.

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-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знать основные характеристики композиционных материалов и методы их исследований	Знает физико-химические основы и методы получения неметаллических композиционных материалов; действующие в отрасли и производстве государственные и отраслевые стандарты, технические условия и другую нормативную документацию; научные проблемы и перспективные направления развития отрасли неметаллических композиционных материалов; технические требования, применяемые к неметаллическим композиционным материалам; методы проведения лабораторно-исследовательского контроля	Зачет
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет подбирать методики исследования композиционных материалов, включенных в состав беспилотных летательных аппаратов	Умеет осуществлять поиск новых перспективных неметаллических композиционных материалов и методов их производства; применять основные и вспомогательные вещества и материалы, используемые в лаборатории и производстве; использовать лабораторное оборудование для проведения исследовательских работ; читать и анализировать техническую документацию по получению и применению неметаллических композиционных материалов	Индивидуальное задание
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками контроля правильности анализа и качества композиционных материалов	Владеет навыками поиска, анализа и систематизации профильной литературы, патентов и авторских свидетельств по неметаллическим компози	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			<p>-ционные материалам с улучшенными характеристиками, анализом передового опыта, новых тех-нологий и перспектив развития отрасли; проведения лабораторных испытаний неметаллических композиционных материалов; анализом результатов лабораторных испытаний неметаллических композиционных материалов с разработкой аналитического отчета; разработкой рекомендаций по эффективному достижению заданных свойств не-металлических композиционных материалов</p>	
ПК-3.1	ИД-1ПК-3.1	<p>Знать технологии автоклавного формования изделий из препрега, технологии пропитки под давлением, технологии вакуумной инфузии, технологии изготовления оснастки, технологии ремонта изделий, технологии соединения изделий. Понятийные основы КМ, его особенности, виды, отличия друг от друга и традиционных</p>	<p>Знает основы конструкции БПЛА и перечень стандартизированных узлов и агрегатов; основные этапы проектирования БПЛА и перечень работ, выполняемых на каждом из этапов; конструктивные элементы БПЛА выполненные из ПКМ; взаимозаменяемость узлов и агрегатов; технические требования, предъявляемые к разрабатываемым конструкциям; основы эксплуатации беспилотной авиационной техники; методы и средства автоматизации проектирования БПЛА, содержащих стандартизированные узлы и агрегаты; технологии информационной поддержки жизненного цикла изделия;</p>	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			программное обеспечение для моделирования и симуляции полета БПЛА; требования охраны труда и производственной санитарии при сборке и эксплуатации БПЛА.	
ПК-3.1	ИД-2ПК-3.1	Умеет разрабатывать принципиальную схему технологического процесса для изготовления БПЛА из КМ с помощью различных технологических методов, рассчитывать параметры технологических процессов.	Умеет применять методический аппарат при проектировании БПЛА, построении информационных моделей БПЛА; определять последовательность операций при сборке БПЛА; строить общую схему компоновки и осуществлять подбор стандартизированных узлов и агрегатов для сборки БПЛА, обладающего заданными характеристиками и возможностями; применять рекомендуемые справочные материалы при разработке и оформлении ТД; оформлять сопроводительную и проектную документацию в процессе проектирования и разработки БПЛА; применять методики подбора компонентов БПЛА; пользоваться инструментарием САПР, стандартными пакетами прикладных программ для построения информационных моделей работы БПЛА и симуляции полета.	Индивидуальное задание
ПК-3.1	ИД-3ПК-3.1	Владеть основами разработки типовых конструкций, навыками работы в специализированных пакетах. Навыками изготовления изделий по препреговой технологии,	Владеет навыками современных методов проектирования БПЛА согласно заданным техническим характеристикам и технологическим возможностям; подготовки	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		пропитки под давлением, вакуумной инфузии, изготовления оснастки, ремонта и соединения изделий из КМ.	исходных данных и проведения анализа существующих технологий сборки конструкций БПЛА разных типов; разработки схемы расположения основных компонентов БПЛА, взаимная увязка компонентов внутри БПЛА; корректировки ТД по результатам информационного и натурного моделирования БПЛА, проведения НИОКР; разработки технологического состава БПЛА и последовательности сборки.	

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	7
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	96	42	54
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	14	18
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	60	26	34
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	120	66	54
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	252	108	144

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
6-й семестр				
Введение в технологии производства БПЛА из композиционных материалов.	2	0	2	14
Тема 1. Основные сведения о композиционных материалах и применение их в конструкциях БПЛА Определения и классификация композиционных материалов. Использование композиционных материалов в конструкциях беспилотных летательных аппаратов. Тема 2. Особенности структуры и свойств композиционных материалов. Основные виды наполнителей и армирующих элементов композиционных материалов. Основные виды связующих полимерных композиционных материалов.				
Технологии изготовления оснастки.	2	0	4	8
Тема 3. Принципы проектирования и изготовления оснастки для изделий из композиционных материалов Металлическая, композиционная, пластиковая оснастка. Принципиальные различия. Влияние КЛТР на качество изготавливаемых изделий				
Технология получения дисперсно-наполненных пластических масс.	2	0	4	8
Тема 4. Смешение и структурные параметры дисперсно-наполненных систем. Оценка основных характеристик дисперсных наполнителей. Подготовка полимерных связующих. Смешение низковязких жидкостей с твердыми дисперсными наполнителями и аппаратурное оформление процесса. Смешение высоковязких полимеров и жидкостей с твердыми наполнителями. Непрерывное смешение высоковязких полимеров с наполнителями. Критерии эффективности и оценка качества смешения.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Формование изделий из наполненных пластмасс.	4	0	8	18
Тема 5. Прессование и литьевое прессование. Основные параметры прессования и литьевого прессования. Основное оборудование и оснастка. Тема 6. Литье под давлением. Основы технологии литья под давлением. Основные технологические параметры литья под давлением. Основное оборудование. Литьевые формы. Типовые ошибки и дефекты при проектировании и изготовлении.				
Контактное формование.	4	0	8	18
Тема 7. Технология контактного формования. Основные методы контактного формования. Контактное формование роликами, резиновым жгутом, натяжением нити. Вибрационное формование. Типовые ошибки и дефекты при проектировании и изготовлении. Тема 8. Разработка технологического процесса изготовления конструкций из композиционных материалов методом контактного формования.				
ИТОГО по 6-му семестру	14	0	26	66
7-й семестр				
Пропитка под давлением и инфузия.	4	0	8	12
Тема 9. Технология пропитки под давлением и инфузия. Основное оборудование. Основные методы пропитки под давлением и инфузии. Принципы разработки системы подачи связующего и исключения непропитки материала. Типовые ошибки и дефекты при проектировании и изготовлении. Тема 10. Разработка технологического процесса изготовления конструкций из композиционных материалов с использованием пропитки под давлением и инфузии.				
Прессование в формах.	4	0	8	12
Тема 11. Технология прессования в формах. Основные параметры прямого прессования, литьевого и термокомпрессионного прессования. Основное оборудование и оснастка. Типовые ошибки и дефекты при проектировании и изготовлении. Тема 12. Разработка технологического процесса прессования в форме.				
Препреговая технология.	4	0	8	12
Тема 13. Препреговая технология. Понятие препреговой технологии, его основные особенности и принципиальная технологическая схема. Особенности выкладки препрега и влияние				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
технологии на структуру материала и качество конечного изделия. Оборудование для автоклавного формования, устройство и принцип действия. Типовые конструктивные элементы и особенности их проектирования и изготовления, типовые ошибки при проектировании, разработке технологического процесса и изготовлении конструкций. Тема 14. Разработка технологического процесса изготовления конструкций из композиционных материалов по препреговой технологии Принципы выбора режимов формования, диаграмма давление-температура. Состояние материала в процессе автоклавного формования. Процедура приемки изделий по образцам-спутникам и образцам-свидетелям.				
Намотка	4	0	8	12
Тема 15. Намотка Пропитка армирующего материала связующим. Контактное давление формования при намотке арматуры. Технологические схемы намотки арматуры на оправки. Прямая (окружная) намотка. Спирально-винтовая (кольцевая, тангенциальная) намотка. Спирально-перекрестная намотка. Совмещенная спирально-кольцевая намотка. Продольно-поперечная намотка. Косослойная продольно-поперечная намотка. Планарная намотка. Тетраноматика арматуры. Зональная намотка. Типовые ошибки и дефекты при проектировании и изготовлении. Тема 16. Разработка технологического процесса изготовления конструкции из композиционных материалов намоткой.				
Автоматизированная выкладка	2	0	2	6
Тема 17. Автоматизированная выкладка.				
ИТОГО по 7-му семестру	18	0	34	54
ИТОГО по дисциплине	32	0	60	120

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Организация входного и выходного контроля материалов и изделий из ПКМ. Организация приемки изделий из ПКМ в рамках специального технологического процесса.
2	Технология литья под давлением. Изготовление элемента переменного сечения из стеклопластика по технологии литья под давлением.

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
3	Освоение навыков по подготовке управляющей программы для лазерного проектора. Подготовка программы для раскроечного плоттера. Освоение технологического оборудования
4	Основы разработки технологических процессов. Основные понятия о ТУк, ТИ, ТП. Ознакомление с нормативно-технологической документацией. Требования системы СМК, ЕСТД
5	Технология пропитки под давлением и инфузия. Изготовление элемента переменного сечения из стеклопластика по технологии вакуумной инфузии. Изготовление пластины из стеклопластика по технологии пропитки под давлением (RTM)
6	Технология прямого прессования типовых изделий из реактопластичных и термопластичных матриц. Разработка типового технологического указания на изготовление пластины из ПКМ. Изготовление плиты-заготовки для определения ФМХ и ФХХ по прямого прессования.
7	Препреговая технология. Разработка типового технологического указания на изготовление пластины из ПКМ по технологии автоклавного формования. Изготовление толстостенной и тонкостенной плиты-заготовки для определения ФМХ и ФХХ по технологии автоклавного формования.
8	Технология намотки типовых изделий из реактопластичных матриц. Разработка типового технологического указания на изготовление кольцевого образца из ПКМ. Изготовление кольцевых образцов по технологии мокрой намотки

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	Костиков В. И. Физико-химические основы технологии композиционных материалов: теоретические основы процессов создания композиционных материалов : учебное пособие для вузов. Москва : Издат. дом МИСиС, 2011. 239 с. 15 усл. печ. л.	2
2	Котов А. Г. САПР изделий из композиционных материалов. Моделирование процессов деформирования и разрушения в среде ANSYS : учебное пособие. Пермь : ПГТУ, 2008. 350 с.	22
3	Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология : учебное пособие для вузов / Кербер М. Л., Виноградов В. М., Головкин Г. С., Горбаткина Ю. А. Санкт-Петербург : Профессия, 2008. 557 с.	25
4	Твердотельное моделирование сборочных единиц в САД-системах : учебное пособие для вузов / Большаков В. П., Бочков А. Л., Лебедева Е. А., Чернов А. В. Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2018. 366 с. 29,670 усл. печ. л.	10
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Болотин В. В., Новичков Ю. Н. Механика многослойных конструкций. Москва : Машиностроение, 1980. 323 с.	11
2	Буланов И. М., Воробей В. В. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов : учебник для вузов. Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1998. 514 с.	8
3	Композиционные материалы : справочник / Васильев В. В., Протасов В. Д., Болотин В. В., Алфутов Н. А. Москва : Машиностроение, 1990. 510 с.	48
4	Научные основы технологии композиционно-волоконных материалов. Ч.1. Пермь : Пермское книжное издательство, 1974. 317 с.	10

5	Научные основы технологии композиционно-волоконистых материалов. Ч.2. Пермь : Пермское книжное издательство, 1975. 276 с.	12
2.2. Периодические издания		
1	Вестник ПНИПУ. Механика : журнал. Пермь : 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		
	Не используется	
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	ГОСТ 2.001-2013 Единая система конструкторской документации. Общие положения	https://internet-law.ru/gosts/gost/55714/	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	ГОСТ 3.1001-2011 Единая система технологической документации	https://docs.cntd.ru/document/1200086244	сеть Интернет; свободный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Авдюхина Т.М., Алявин И.М., Васильев В.В. Конструирование деталей самолета: учеб. Пособие. - М.: МАИ, 1993. - 95 с.	http://mai.udodov.club/materials/method_constr_details.pdf	сеть Интернет; свободный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Алявдин И.М. Конструирование агрегатов планера самолёта. Методические указания к курсовому проекту. — М.: Изд-во МАИ, 1991. — 44 с.	http://mai.udodov.club/Lecture-10/KP_Constructions_2.pdf	сеть Интернет; свободный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	В.А. Пронин, Д.В. Жигновская, В.А. Цветков, Введение в расчетную платформу Ansys Workbench: Лабораторные работы. Часть 1 – СПб: Университет ИТМО, 2019. – 46 с.	https://books.ifmo.ru/file/pdf/2547.pdf	сеть Интернет; свободный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Ендогур А.И. Проектирование авиационных конструкций. Проектирование конструкций деталей и узлов: учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009. – 540 с.	https://djvu.online/file/gtNB0Xa5ut8Mk	сеть Интернет; свободный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Жидков А.В. Применение системы ANSYS к решению задач геометрического и конечно-элементного моделирования. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Информационные системы в математике и механике». Нижний Новгород, 2006, 115 с.	http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2006/1.pdf	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	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	SciLab (лиц. CeCILL https://www.scilab.org/)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	NX 11 (акад. лиц. дог. P/43469-04) каф.МКМК, АКФ
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	КОМПАС-3D V18 Уч.вер.(АКФ, МКМК, лиц.Иж-17-00089)

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Elsevier "Freedom Collection"	https://www.elsevier.com/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Springer Nature e-books	http://link.springer.com/ http://jwww.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://zbmath.org/ http://npg.com/
База данных Wiley Journals	http://onlinelibrary.wiley.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	https://elib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRsmart	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	локальная сеть
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	http://325290.inkip.ru/docs

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	ноутбук, компьютер	1
Лекция	проектор	1
Практическое занятие	автоклавный комплекс	1
Практическое занятие	компьютеры	10
Практическое занятие	лазерный проектор	1
Практическое занятие	раскроечный плоттер	1
Практическое занятие	СИЗ	10
Практическое занятие	технологическая оснастка	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе