

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт *Политехнический*
Кафедра «Электро- и нанотехнологии»

Утверждено на заседании кафедры
«Электро- и нанотехнологий»
«11» января 2023 г., протокол №4

И.о. заведующего кафедрой



И.В. Гнидина

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«Аддитивные технологии»

**основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки
15.04.01 Машиностроение

с направленностью (профилем)
Машины и технология композиционных и функциональных материалов

Формы обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 150401-05-23

Тула 2023 год

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ
рабочей программы дисциплины (модуля)

Разработчик(и):

Красильников В.П., доцент, к.т.н.

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

1 Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Аддитивные технологии» («АТ») является приобретение студентами теоретических знаний и практических навыков в области аддитивного производства изделий различного назначения.

Задачами освоения дисциплины являются приобретение навыков создания трехмерных моделей и подготовки их для изготовления по аддитивным технологиям; умение определить рациональный метод аддитивного производства для конкретной технологической задачи; приобретение навыков работы на современном оборудовании для аддитивных технологий.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина (модуль) относится к части основной профессиональной образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина (модуль) изучается во 2 семестре.

3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы (формируемыми компетенциями) и индикаторами их достижения, установленными в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы, приведён ниже.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

Знать:

1) типовые технологические процессы и правила выбора технологического процесса – аналога изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства (код компетенции – ПК-1, индикатор компетенции – ПК-1.1);

2) специфику технологических процессов ЭХМО, факторы, влияющие на процесс ЭХФМО, методику и специфику расчетов технологических режимов для обработки заготовок с применением ЭХФМО (код компетенции – ПК-2, индикатор компетенции – ПК-2.1);

3) технологии контактного формования, формования с эластичной матрицей, формования давлением и прессованием, намоткой, пултрузией полимерных композиционных материалов; жидкофазные, твердофазные и газофазные методы изготовления изделий из металлических композиционных материалов (код компетенции – ПК-4, индикатор компетенции – ПК-4.1);

4) основные принципы работы в современных САД-системах и САЕ-системах, современные САД-системы, их функциональные возможности для проектирования геометрических 2D- и 3D-моделей (код компетенции – ПК-10, индикатор компетенции – ПК-10.1).

Уметь:

1) выявлять основные технологические задачи, решаемые при разработке технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства (код компетенции – ПК-1, индикатор компетенции – ПК-1.2);

2) выбирать методы обработки и оборудование при разработке технологических процессов изготовления сложных изделий машиностроения с применением ЭХФМО, рассчитывать технологические режимы обработки сложных изделий машиностроения с применением ЭХМО, используя САРР-системы. использовать САД-системы технологических процессов для сложных изделий машиностроения (код компетенции – ПК-2, индикатор компетенции – ПК-2.2);

3) выбирать параметры технологических процессов формообразования сложного изделия из композиционных материалов; уточнять параметры разрабатываемых технологических режимов по результатам работ по внедрению новых конструкций сложных изделий и технологиче-

ских процессов композиционных материалов (код компетенции – ПК-4, индикатор компетенции – ПК-4.2);

4) использовать CAD-системы для выявления конструктивных особенностей машиностроительных изделий средней сложности, влияющих на выбор метода получения исходной заготовки (код компетенции – ПК-10, индикатор компетенции – ПК-10.2).

Владеть:

1) навыками разработки технологических операций и оформления технологической документации на технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства (код компетенции – ПК-1, индикатор компетенции – ПК-1.3);

2) навыками назначения режимов ЭХФМО для сложных изделий машиностроения и разработки технологических переходов изготовления сложных изделий с использованием ЭХФМО (код компетенции – ПК-2, индикатор компетенции – ПК-2.2);

3) навыками выбора технологических процессов формообразования сложного изделия из композиционного материала; технологических режимов изготовления составных частей композиционного материала для сложного изделия (код компетенции – ПК-4, индикатор компетенции – ПК-4.3);

4) навыками выбора с применением САРР-систем технологических режимов технологических операций изготовления машиностроительных изделий средней сложности (код компетенции – ПК-10, индикатор компетенции – ПК-10.3)

Полные наименования компетенций и индикаторов их достижения представлены в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

4 Объем и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Объем дисциплины (модуля), объем контактной и самостоятельной работы обучающегося при освоении дисциплины (модуля), формы промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Номер семестра	Формы промежуточной аттестации	Общий объем в зачетных единицах	Общий объем в академических часах	Объем контактной работы в академических часах						Объем самостоятельной работы в академических часах
				Лекционные занятия	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные работы	Клинические практические занятия	Консультации	Промежуточная аттестация	
Очная форма обучения										
2	ЗЧ	4	144	12	12	12	-	-	0,1	107,9
Итого	–	4	144	12	12	12	-	-	0,1	107,9

Условные сокращения: Э – экзамен, ЗЧ – зачет, ДЗ – дифференцированный зачет (зачет с оценкой), КП – защита курсового проекта, КР – защита курсовой работы.

4.2 Содержание лекционных занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Темы лекционных занятий
2 семестр	
1	Введение. Цели и задачи курса. Аддитивные и субтрактивные технологии. Терминология и классификация.
2	Намотка. Типы намотки. Оборудование и материалы.
3	Технологии 3D-печати. SLA, SLS, FDM.
4	Материалы для 3D-печати. Полимерные композитные материалы, металлические порошки. Методы их получения.
5	Оборудование для 3D-печати. Получение исходной 3D-модели для печати.
6	Электрохимические методы выращивания изделий. PVD методы.

4.3 Содержание практических (семинарских) занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Темы практических (семинарских) занятий
2 семестр	
1	Получение исходной 3d-модели с помощью фотограмметрии 3DFlow Zephyr
2	Редактирование 3d-модели для FDM-печати
3	Подготовка 3d-модели для FDM-печати в Ultimaker Cura
4	Расчет деформаций изделий при FDM-печати
5	Исследование процесса теплопереноса при SLS печати
6	Определение времени экспозиции фотополимера

4.4 Содержание лабораторных работ

Очная форма обучения

№ п/п	Наименования лабораторных работ
2 семестр	
1	Исследование влияния температуры экструзии композитного материала для FDM-печати
2	Исследование точности технологии FDM-печати высокотемпературными ПКМ
3	Исследование влияния схемы укладки армирующего волокна на жесткость конструкции при намотке

4.5 Содержание клинических практических занятий

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой.

4.6 Содержание самостоятельной работы обучающегося

Очная форма обучения

№ п/п	Виды и формы самостоятельной работы
2 семестр	
1	Подготовка к практическим (семинарским) занятиям
2	Подготовка к лабораторным работам
3	Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение

5 Система формирования оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося

Очная форма обучения

Мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося			Максимальное количество баллов
2 семестр			
Текущий контроль успеваемости	Первый рубежный контроль	Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:	
		Работа на практических занятиях	12
		Выполнение лабораторной работы №1	5
		Выполнение лабораторной работы №2	5
		Контрольные мероприятия (тесты)	8
		Итого	30
	Второй рубежный контроль	Работа на практических занятиях	12
		Выполнение лабораторной работы №3	5
		Контрольные мероприятия (тесты)	13
		Итого	30
Промежуточная аттестация	Зачет		40 (100*)

* В случае отказа обучающегося от результатов текущего контроля успеваемости

Шкала соответствия оценок в стобалльной и академической системах оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Система оценивания результатов обучения	Оценки			
Стобалльная система оценивания	0 – 39	40 – 60	61 – 80	81 – 100
Академическая система оценивания (экзамен, дифференцированный зачет, защита курсового проекта, защита курсовой работы)	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Академическая система оценивания (зачет)	Не зачтено	Зачтено		

6 Описание материально-технической базы (включая оборудование и технические средства обучения), необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) требуется стандартная аудитория, вмещающая не менее 5 студентов, оснащенная переносным видеопроектором, переносным экраном, компьютерный класс (для проведения практических занятий). Рабочее место преподавателя должно быть оснащено ноутбуком.

Лаборатории, необходимые для проведения лабораторных работ: лаборатория измерительных систем и наноприборов, оснащенная специализированным оборудованием: профилограф–профилометр Kosaka Lab. Surfcomder SE 1700α–39 – 1 шт., микроскоп зондовый сканирующий Solver P 47 – 1 шт., микроскоп оптический БМИ 1Ц – 1 шт., весы лабораторные электронные CE 224-C – 1 шт., весы лабораторные электронные CE-2202-C – 2 шт., пластометр ПТР-ЛАБ-11 – 1 шт., лабораторный одношнековый экструдер LE25-30/C-НА – 1 шт., охлаждающая ванна HS3D LFWW-100/L4 – 1 шт., устройство протяжки LCAT-25 – 1 шт., система намотки HS3D-LTWU – 1

шт., лабораторный двухнековый экструдер LNE20-44 – 1 шт., экструзионная ванна LW-100/L2 – 1 шт., гранулятор LZ-120/VS – 1 шт.

7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература

1. Кравченко, Е. Г. Аддитивные технологии в машиностроении: учебное пособие / Е. Г. Кравченко, А. С. Верещагина, В. Ю. Верещагин. — М.: Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 139 с. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/105721.html>. — Режим доступа: для авториз. пользователей
2. Антонова, В. С. Новейшие достижения аддитивных технологий: учебное пособие / В. С. Антонова, И. И. Осовская. — СПб: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2019. — 60 с. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/102536.html>. — Режим доступа: для авториз. пользователей
3. Трофимов, А. В. Компьютерные технологии в машиностроении. Аддитивные технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / Трофимов А. В. — СПб: СПбГЛТУ, 2019. — 72 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/120060>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Преображенская, Е.В. Технологии, материалы и оборудование аддитивных производств. Часть 1: Учебное пособие. / Преображенская Е. В., Боровик Т. Н., Баранова Н. С. — М.: РТУ МИРЭА, 2021. — 173 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/182471>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Преображенская, Е.В. Технологии, материалы и оборудование аддитивных производств. Часть 2: Учебное пособие. / Преображенская Е. В., Зуев В. В., Мышечкин А. А. — М.: РТУ МИРЭА, 2021. — 164 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/182474>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.2 Дополнительная литература

1. Новиков, С.В. Аддитивные технологии: состояние и перспективы / С.В. Новиков, К.Н. Рамазанов. — Уфа : УГАТУ, 2022. — ISBN 978-5-4221-1577-8. — URL: https://www.ugatu.ru/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2022%E2%80%909041.pdf.
2. Зленко, М.А. Аддитивные технологии в машиностроении / М.А. Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутылина. — СПб : СПбПУ, 2013. — URL: <https://elibrary.spbstu.ru/dl/2/3548.pdf/download/3548.pdf>.
3. Chua, C.K. 3D Printing and Additive Manufacturing: Principles and Applications / Chee Kai Chua, Kah Fai Leong // World Scientific Publishing Company Pte Limited, пятое издание, 2016. — ISBN: 978-981-3149-28-1. — URL: <https://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/10200#t=aboutBook>.
4. Cline, L.S. 3D Printing with Autodesk 123D, Tinkercad, and MakerBot / Lydia Sloan Cline. — McGraw-Hill Education TAB, 2015. — ISBN: 978-007-1833-48-6.

8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. ЭБС "Book On Lime". — Интернет-ссылка для доступа к ЭБС : <https://tsutula.bookonlime.ru>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. ЭБС "Лань". — Интернет-ссылка для доступа к ЭБС : <https://e.lanbook.com>, по паролю
3. Цифровой образовательный ресурс IPR SMART. — Интернет-ссылка для доступа : <http://www.iprbookshop.ru/>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. ЭБС "Book.ru": электронная библиотека издательства "Кнорус". — Интернет-ссылка для доступа к ЭБС: <https://book.ru/>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Образовательная платформа «Юрайт» : электронная библиотека для вузов и ссузов. — интернет-ссылка для доступа к ЭБС: <https://urait.ru/>, по паролю

6. Политематическая база данных "East View". — Интернет-ссылка для доступа к ЭБС: <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9 Перечень информационных технологий, необходимых для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

9.1 Перечень необходимого ежегодно обновляемого лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Autodesk Education Master Suite 2010
2. COMSOL Multiphysics
3. Ultimaker Cura
4. Solid Works Education Edition 2015-2016
5. 3DFlow Zephyr
6. Adobe Reader
7. Пакет офисных приложений «МойОфис Профессиональный»

9.2 Перечень необходимых современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

ЭБС-БД «Консультант Плюс»