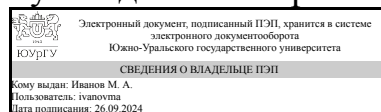


УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



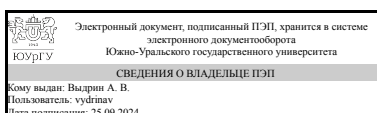
М. А. Иванов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины ФД.04 3D прототипирование и оцифровка реальных объектов для направления 15.04.01 Машиностроение  
уровень Магистратура  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Процессы и машины обработки металлов давлением

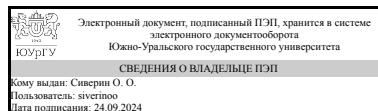
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 14.08.2020 № 1025

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., проф.



А. В. Выдрин

Разработчик программы,  
старший преподаватель



О. О. Сиверин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование у студентов комплекса знаний, умений и навыков: • создания 3D моделей и прототипов промышленных изделий и агрегатов; • технологии обратного инжиниринга при проектировании изделий для обслуживания процессов в металлургии и машиностроении; • использования на производстве и в конструкторской деятельности технологии послойного наплавления; • использования на производстве и в конструкторской деятельности технологии лазерной стереолитографии; • возможностей контактного и бесконтактного перевода в цифровой и векторный виды реальных промышленных изделий, в том числе для дальнейшего ремонта и последующей обработки методами механической обработки и аддитивных технологий. Задачи освоения дисциплины: • овладение на практике методами построения прототипов изделий различной сложности с использованием технологии моделирования методом послойного наплавления (FDM) и технологии лазерной стереолитографии; • изучение способов создания цифровых и векторных копий изделий, рабочего инструмента и быстроизнашивающихся деталей без использования конструкторской документации; • совершенствование навыков работы с современными САД системами для разработки 3D моделей, предназначенных для реализации технологических процессов послойного наращивания.

## Краткое содержание дисциплины

В процессе изучения дисциплины рассматриваются вопросы использования САД и САЕ систем в аддитивном производстве, основные принципы и последовательность процесса прототипирования изделий различной сложности, особенности технологии моделирования методом послойного наплавления и её использование для создания прототипов изделий, особенности технологии лазерной стереолитографии и её использование для создания прототипов изделий, возможности создания и ремонта промышленных изделий с копированием образца и принципы контактного и бесконтактного сканирования изделий для создания их цифровых и физических копий.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-10 Способен разрабатывать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий	Знает: методы создания 3D моделей для прототипирования и оцифровки реальных объектов Умеет: создавать 3D модели реальных объектов Имеет практический опыт: создания компьютерных моделей реальных объектов с использованием специализированного программного обеспечения и оборудования

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин,	Перечень последующих дисциплин,
------------------------------------	---------------------------------

видов работ учебного плана	видов работ
1.О.08 Системы инженерного анализа, 1.О.11 Основы производственных процессов, 1.О.12 Теория надежности механических систем	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
1.О.12 Теория надежности механических систем	Знает: методы определения физико-механических свойств материалов и сварных соединений, единичные и комплексные показатели надежности готовых изделий, а также основные виды, причины и закономерности их отказов Умеет: разрабатывать программы испытаний, выбирать критерии и методы оценки показателей физико-механических свойств и надежности сварных изделий Имеет практический опыт: методик расчетной-экспериментальной оценки показателей надежности и физико-механических свойства сварных изделий
1.О.08 Системы инженерного анализа	Знает: набор стандартных испытаний для определения механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, аналитические и численные методы расчетов параметров технологических процессов Умеет: разрабатывать технологию сварки и наплавки с использованием разработанных методов проведения стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий, уметь применять прикладные программные средства при разработке технологии сварки и наплавки путем их компьютерного моделирования численными методами с использованием программных средств специального назначения Имеет практический опыт: методики введения и редактирования свойства материалов при компьютерном моделировании, способностью использования численных методов при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем и технологических процессов
1.О.11 Основы производственных процессов	Знает: постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий Умеет: выбирать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств продукции Имеет практический опыт:

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72	
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32	
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	35,75	35,75	
Создание прототипа изделия и подготовка конструкторской документации в соответствии с семестровым заданием	20	20	
Подготовка к зачету	5,75	5.75	
Написание реферата	10	10	
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Процесс прототипирования изделий	14	2	12	0
2	Технология моделирования методом послойного наплавления	6	4	2	0
3	Технология лазерной стереолитографии	6	4	2	0
4	Способы оцифровки реальных объектов	6	6	0	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Прототипирование промышленных изделий	2
2	2	Использование технологии моделирования методом послойного наплавления (FDM) для создания прототипов промышленных изделий	2
3	2	Ограничения и особенности технологии моделирования методом послойного наплавления	2
4	3	Использование технологии лазерной стереолитографии (SLA) для создания прототипов промышленных изделий	2
5	3	Ограничения и особенности технологии лазерной стереолитографии	2
6	4	Способы и задачи оцифровки реальных объектов. Технологии и оборудование для контактной оцифровки изделий. Технологии и оборудование для бесконтактной оцифровки изделий и промышленных объектов	2
7	4	Разработка компьютерной модели изделия по твердотельной модели.	2

		Контроль качества изготовления конечных изделий с применением координатно-измерительной машины	
8	4	Настройка, калибровка и проверка на точность установки бесконтактной оцифровки. Создание цифровой копии изделия с использованием бесконтактного 3D сканера с последующей оптимизацией	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Создание прототипа изделия простой формы.	2
2	1	Создание прототипа изделия на основе существующей твердотельной модели	2
3	1	Формирование твердотельной модели для изделий сложной формы	2
4	1	Сборка сложных изделий на основе компьютерных моделей деталей. Создание прототипа изделия, изготавливаемого с использованием операций сварки и сборки	2
5	1	Подготовка конструкторской документации на изделия с учётом требований ЕСКД. Использование конструкторской документации при создании моделей	2
6	1	Компьютерное моделирование рабочего инструмента и быстроизнашиваемых деталей металлургических машин	2
7	2	Подготовка твердотельных моделей к изготовлению технологией моделирования методом наплавления. Конструкция, эксплуатация и обслуживание оборудования для изготовления изделий технологией моделирования методом послойного наплавления. Создание прототипа изделия при помощи технологии моделирования методом послойного наплавления	2
8	3	Подготовка твердотельных моделей к изготовлению технологией лазерной стереолитографии. Эксплуатация и обслуживание оборудования для изготовления изделий технологией лазерной стереолитографии. Создание прототипа изделия при помощи технологии лазерной стереолитографии	2

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Создание прототипа изделия и подготовка конструкторской документации в соответствии с семестровым заданием	1. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин: Учебн.пособие для техн. спец. вузов. – М.: Высш.шк., - 2007 2. Кудрявцев, Е. М. Компас-3D. Проектирование в машиностроении [Текст] Е. М. Кудрявцев. - М.: ДМК-Пресс, 2009. - 435 с. ил.	3	20
Подготовка к зачету	1. 3D-моделирование в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, T-Flex Текст учеб. курс В. П. Большаков, А.	3	5,75

	Л. Бочков, А. А. Сергеев. СПб. и др. Питер 2011. 2. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин: Учебн.пособие для техн. спец.вузов. – М.: Высш.шк., - 2007.		
Написание реферата	1. Машиностроитель ,ежемес. науч.-техн. журн. ,ООО "Науч.-технич. предприятие "Витраж-Центр"; М. ,1936. 2. Вестник Московского государственного технического университета. Серия: Машиностроение ,Науч.-теорет. и прикл. журн. широкого профиля ,Моск. гос. техн. ун-т им. Н. Э. Баумана; М. ,Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана ,1991. 3. Машиностроение и инженерное образование ,науч.-техн. журн.: 0+ ,Ин-т машиноведения им. А. А. Благонравова Рос. акад. наук, Моск. гос. индустр. ун-т; М. ,2008. 4. Реферативный журнал. Машиностроительные материалы, конструкции и расчет деталей машин. Гидропривод. 48. ,отд. вып. ,Рос. акад. наук, Всерос. ин-т науч. и техн. информ. (ВИНИТИ); М. ,ВИНИТИ ,1964.	3	10

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	3	Текущий контроль	Практическое занятие 1. Прототипирование изделия по эскизу	0,2	10	В рамках практической работы студентам выдаётся практическое задание по вариантам. Необходимо сделать трёхмерную модель изделия по эскизу, разработать проектную конструкторскую документацию на изделие. Трёхмерная модель изделия выполнена в соответствии с эскизом: 10 баллов. Штрафные баллы: нарушена геометрия (-5), не выдержаны размеры (-2 за элемент), не выбраны характеристики материала изделия (-2). Конструкторская документация на проект создана: 10 баллов. Имеются отклонения от стандартов ЕСКД при	зачет

						оформлении (-0,5 за элемент), несоответствие модели и представленной документации (-0,5 за элемент).	
2	3	Текущий контроль	Практическое задание 2. Создание изделия или прототипа изделия методами аддитивных технологий	0,1	20	Технология создания прототипа проработана: 10 баллов. Невозможно изготовление изделия методами аддитивных технологий, имеются существенные ошибки предложенной технологии (-7), не оптимально или неправильно выбрана базовая поверхность (-3), не проработаны вопросы поддержки (-2), имеются неточности в выборе материала, имеются несоответствия в подборе параметров для реализации на выбранном оборудовании (-1 за элемент). Изделие или прототип созданы методами аддитивных технологий: 10 баллов. Геометрия изделия или внешний вид нарушены (-5), постобработка не проведена (-3), имеются несоответствия в геометрических размерах готового изделия в сравнении с заданием (-2).	зачет
3	3	Текущий контроль	Практическое задание 3. Оцифровка реальных объектов с последующим редактированием	0,2	20	Необходимо выполнить сканирование и оцифровку представленной детали и внести изменения в её модель посредством редактирования. Изделие отсканировано: 10 баллов, изменения внесены: +10 баллов, есть неточности в результатах (-1 балл за элемент).	зачет
4	3	Текущий контроль	Семестровое задание. Создание прототипа изделия	0,5	60	Модель изделия создана: 20 баллов. Прототип изделия методами аддитивных технологий создан: 20 баллов. Прототип изделия работоспособен: 20 баллов.	зачет
5	3	Бонус	Написание реферата	-	20	Тема реферата выдаётся в конце семестра с учётом успеваемости студента по курсу. Реферат оценивается с учётом требований к реферату по формуле $20 \cdot \Pi$ , где $\Pi$ - доля выполненных требований к содержанию и оформлению реферата.	зачет
6	3	Промежуточная аттестация	зачёт	-	100	20 баллов: Представленная модель отвечает заданию. 20 баллов: Студент твердо знает учебный материал; 20 баллов: отвечает без наводящих вопросов и не допускает при ответе серьезных ошибок; 20 баллов: умеет применять полученные знания на практике; 20 баллов: показывает	зачет

					<p>систематический характер знаний по дисциплине и способность к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.</p> <p>- 5 баллов: Представленная модель нельзя использовать в качестве исходных данных для изготовления методами FDM или SLT.</p> <p>- 5 баллов: Студент не имеет или имеет отдельные представления об изученном материале; - 5 баллов: не может полно и правильно ответить на поставленные вопросы, - 5 баллов: при ответах допускает грубые ошибки.</p>
--	--	--	--	--	---

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	<p>При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. (в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09)). Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется только по результатам текущего контроля. Студенты, которые набрали 60 баллов и более в течение семестра, считаются освоившими курс без дополнительных испытаний. Студенты, которые набрали менее 60 баллов, получают зачётное задание. Зачёт проводится в виде решения задания. Каждому студенту выдаётся модель изделия. Необходимо спроектировать твердотельную модель изделия и ответить на ряд вопросов по его моделированию и изготовлению методами аддитивных технологий.</p>	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ					
		1	2	3	4	5	6
ОПК-10	Знает: методы создания 3D моделей для прототипирования и оцифровки реальных объектов	+	+	+	+	+	+
ОПК-10	Умеет: создавать 3D модели реальных объектов	+	+	+	+	+	+
ОПК-10	Имеет практический опыт: создания компьютерных моделей реальных объектов с использованием специализированного программного обеспечения и оборудования	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины



## Печатная учебно-методическая документация

### а) основная литература:

1. Инженерная 3D-компьютерная графика [Текст] учебник и практикум для вузов по инж.-техн. специальностям А. Л. Хейфец и др.; под ред. А. Л. Хейфеца ; Юж.-Урал. гос. ун-т ; ЮУрГУ. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2015. - 602 с. ил.

### б) дополнительная литература:

1. Кудрявцев, Е. М. Компас-3D. Проектирование в машиностроении [Текст] Е. М. Кудрявцев. - М.: ДМК-Пресс, 2009. - 435 с. ил.

### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

- САПР и графика ,ежемес. журн. ,ООО "КомпьютерПресс"
- Сборка в машиностроении, приборостроении ,науч.-техн. и произв. журн. ,Изд-во "Машиностроение"
- Computer Design ,науч.-техн. журн. Littleton, MA ,Penn Well ,1993-
- Computer Aided Design ,науч.-техн. журн. Guildford ,IPC science and technology press ,1989-
- Машиностроитель ,ежемес. науч.-техн. журн. ,ООО "Науч.-технич. предприятие "Витраж-Центр"; М. ,1936-
- Вестник Московского государственного технического университета. Серия: Машиностроение ,Науч.-теорет. и прикл. журн. широкого профиля ,Моск. гос. техн. ун-т им. Н. Э. Баумана; М. ,Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана ,1991-
- Машиностроение и инженерное образование ,науч.-техн. журн.: 0+ ,Ин-т машиноведения им. А. А. Благонравова Рос. акад. наук, Моск. гос. индустр. ун-т; М. ,2008-
- Реферативный журнал. Машиностроительные материалы, конструкции и расчет деталей машин. Гидропривод. 48. ,отд. вып. ,Рос. акад. наук, Всерос. ин-т науч. и техн. информ. (ВИНИТИ); М. ,ВИНИТИ ,1964-

### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. 1) Прототипирование и оцифровка деталей машин: методические указания к освоению дисциплины [Электронный документ] / О.О.Сиверин. – Челябинск, 2018. – 12 с. Режим доступа: электронная библиотека кафедры ПиМОМД.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

## Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства	Рэдвуд, Б. 3D-печать. Практическое руководство : руководство / Б. Рэдвуд, Ф. Шофер, Б. Гаррэт ; перевод с английского М. А. Райтмана.. — Москва : ДМК Пресс, 2020. — 220 с. — ISBN 978-5-97060-738-1. — Текст :

		Лань	электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/140567">https://e.lanbook.com/book/140567</a> (дата обращения: 24.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Кулик, В. И. Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники : учебное пособие / В. И. Кулик, А. С. Нилов. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 160 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/122070">https://e.lanbook.com/book/122070</a> (дата обращения: 29.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Грибовский, А. А. Геометрическое моделирование в аддитивном производстве : учебное пособие / А. А. Грибовский. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2015. — 49 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/91559">https://e.lanbook.com/book/91559</a> (дата обращения: 29.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Современные технологии 3D-сканирования : учебное пособие / А. Н. Новиков, А. В. Фирсов, Г. И. Борзунов, А. А. Щенников. — Москва : РГУ им. А.Н. Косыгина, 2015. — 87 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/128675">https://e.lanbook.com/book/128675</a> (дата обращения: 29.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Варфел, Т. Прототипирование. Практическое руководство : руководство / Т. Варфел ; перевод с английского И. Лейко. — Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2013. — 240 с. — ISBN 978-5-91657-725-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/62359">https://e.lanbook.com/book/62359</a> (дата обращения: 29.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Компьютерная графика в САПР : учебное пособие / А. В. Приемышев, В. Н. Крутов, В. А. Трейль, О. А. Коршакова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 196 с. — ISBN 978-5-8114-5527-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/142368">https://e.lanbook.com/book/142368</a> (дата обращения: 29.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. Dassault Systèmes-SolidWorks Education Edition 500 CAMPUS(бессрочно)
3. ASCON-Компас 3D(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -Информационные ресурсы ФГУ ФИПС(бессрочно)

#### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника,
-------------	---	--

	ауд.	предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	340 (Л.к.)	Мультимедийный монитор, персональные компьютеры с установленным программным обеспечением, принтеры Flashforge Creator Pro, Flashforge Creator 3, Wanhao Duplicator 7 Plus, Wanhao Duplicator 8, 3D сканеры Shining 3D EinScan-SE, 3D Systems Sense Next Gen.
Контроль самостоятельной работы	340 (Л.к.)	Персональные компьютеры с установленным программным обеспечением
Зачет	340 (Л.к.)	Персональные компьютеры с установленным программным обеспечением
Практические занятия и семинары	338 (Л.к.)	Мультимедийный монитор, персональные компьютеры с установленным программным обеспечением
Лабораторные занятия	120 (Л.к.)	Координатно-измерительная машина КИМ-1000
Лекции	338 (Л.к.)	Мультимедийный монитор, персональные компьютеры с установленным программным обеспечением