Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 15.09.2025 11:10:50
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Машиностроения

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____ /Е.В. Сафонов/

«27» февраля 2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Исследование и оптимизация процессов аддитивного производства»

Направление подготовки
15.04.01 «Машиностроение»

Образовательная программа (профиль подготовки)
«Цифровые технологии аддитивного и заготовительного производства»

Квалификация (степень) выпускника
Магистр

Форма обучения
Очная

Москва, 2025 г.

Разработчик:

к.т.н., доцент,
кафедра «ОМДиАТ» _____ /М.А. Петров/

Согласовано:

зав. кафедрой «ОМДиАТ»,
к.т.н. /А.Г. Матвеев/

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы 4
3. Структура и содержание дисциплины.....5
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость 5
3.2 Тематический план изучения дисциплины 5
3.3 Содержание дисциплины 6
3.3.1 Занятия лекционного типа.....6
3.3.2 Тематика лабораторных занятий 6
3.3.3 Тематика курсовых проектов (курсовых работ).....6
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение.....7
4.1 Нормативные документы и ГОСТы 7
4.2 Основная литература 7
4.3 Дополнительная литература 7
4.4 Операционные системы, офисное программное обеспечение и интернет-ресурсы 7
4.5 Электронные образовательные ресурсы.....8
4.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 9
4.7 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....9
5. Материально-техническое обеспечение.....10
6. Методические рекомендации 10
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения .11
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 13
7. Фонд оценочных средств 14
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения.....15
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения.....19

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основной цели освоения дисциплины следует отнести:

- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой магистра по направлению и дисциплине.

К основным задачам освоения дисциплины следует отнести:

- формирование общеинженерных знаний и умений по данному направлению и дисциплине;
- изучение поведения аддитивных материалов, их физических, механических и технологических свойств и способов оптимизации процессов аддитивного методами компьютерного моделирования, проведение виртуальных испытаний и валидации с результатами натурных экспериментов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Исследование и оптимизация процессов аддитивного производства» относится к разделу «Элективные дисциплины №3», шифр Б.1.ДВ.3. Она связана со следующими дисциплинами ОП:

В обязательной части (Б.1):

– Аддитивные технологии в новых производствах (*Б.1.1.5*);

– Научные критерии выбора и методы исследования материалов (*Б.1.1.6*).

В части, формируемой участниками образовательных отношений (Б.1.2):

– Практикум по бионическому дизайну изделий в заготовительном и аддитивном производстве (*Б.1.2.3*);

- Быстрое прототипирование, изготовление пресс-форм и штампов *(Б.1.2.6).*

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Коды компетенций	Наименование компетенции	Индикатора достижения компетенции
ПК-2	Разработка методик проведения испытаний и исследований изделий, изготовленных методами аддитивных технологий	ИПК 2.1. Знает: • Технические требования, предъявляемые к изделиям аддитивных производств • Методики испытаний и исследований изделий аддитивных производств, применяемые в организации ИПК 2.2 Умеет: • Определять требования к условиям проведения испытаний и исследований изделий аддитивных производств • Использовать возможности программного обеспечения для выполнения статистических расчетов и оформления документации по результатам испытаний и исследований изделий аддитивных производств ИПК 2.3. Владеет

		• Выбором последовательности и условий проведения испытаний и исследований изделий аддитивных производств • Разработкой алгоритма обработки результатов испытаний и исследований, принятия решения о годности изделия аддитивных производств с использованием прикладных программ

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов). Изучается на 4 семестре обучения. Форма промежуточной аттестации – экзамен (4 семестр).

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			4
1	**Аудиторные занятия**	**64**	**64**
	В том числе:		
1.1	Лекции	16	16
1.2	Семинарские/практические занятия	16	16
1.3	Лабораторные занятия	32	32
2	**Самостоятельная работа**	**116**	**116**
	В том числе:		
2.1	Подготовка и защита лабораторных работ	32	32
2.2	Самостоятельное изучение	84	84
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**экзамен**	**экзамен**
	Итого:	**180**	**180**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	О технологиях аддитивного производства		2	2	4		16
2	Виды экспериментов. Методы измерения величин. Виды и задачи оптимизации.		2	2	4		16
3	Многофакторное планирование		2	6	8		30

	экспериментов						
4	Статистические компоненты задач оптимизации.		2	2	8		24
5	Топология и топологическая оптимизация.		8	4	8		30
	Итого:	**180**	**16**	**16**	**32**		**116**

3.3 Содержание дисциплины

3.3.1 Занятия лекционного типа

Вводная лекция. Об аддитивных технологиях. Разновидности технологий аддитивного производства. Направления оптимизации технологий аддитивного производства.

Классификация экспериментов. Методы измерения физических величин. Погрешность измерений. Оптимизация: термины и определения. ГОСТ 24026-80. Определение экстремумов функции. Методы оптимизации. Параметры оптимизации. Граничные условия. Целевые значения. Дихотомия. Метод половинного деления. Метод хорд. Комбинированные методы. Однопараметрическая оптимизация.

Многофакторное планирование эксперимента. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Кодирование факторов. Матрицы планирования экспериментов. Рандомизация опытов. Расчет коэффициентов регрессии. Адекватность модели. Дисперсионный анализ. Корреляционный анализ. Регрессионный анализ.

Математическая статистика. Среднее значение. Дисперсия. Законы распределения непрерывных случайных величин. Нормальное распределение Гаусса. Правило трёх сигм. Логнормальное распределение. Распределение Пирсона. Т-распределение Стьюдента. F-распределение Фишера.

Топология. Деформация эластичных тел. Узлы и зацепления. Инварианты узлов. Гомеоморфизм. Векторные поля. Теоремы существования множества функции.

Топологическая оптимизация. Генеративное проектирование (дизайн). Генетический/эвристический алгоритм. Несколько примеров применения методов оптимизации при разработке технологий аддитивного производства.

3.3.2 Тематика лабораторных занятий

Перечень лабораторных работ

- Раздел 1 (часть 1). Технология 3D-печати FFF – 2 часа
- Раздел 1 (часть 2). Технология 3D-печати DLP/LCD – 2 часа
- Раздел 2. Поиск экстремумов функции и методы измерения релевантных для технологий FFF и DLP/LCD технологических параметров – 4 часа
- Раздел 3 (часть 1). Многофакторное планирование экспериментов – 4 часа
- Раздел 3. (часть 2) Программы для математической и статистической оптимизации – 4 часа
- Раздел 4. Определение распределения Гаусса, Пирсона, Стьюдента и Фишера/ Примеры задач для аддитивного производства – 8 часов
- Раздел 5. Топологическая и топографическая оптимизация деталей для аддитивного производства по технологиям FFF, SLA, SLS, BJ и SLM– 8 часов

3.3.3 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовые работы/проекты отсутствуют.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 24026-1980. Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения, Москва, с. 19.
2. ГОСТ Р 57558-2017/ISO/ASTM 52900:2015, Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 1: Термины и определения, Москва, с. 16.

4.2 Основная литература

1. М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш, Аддитивные технологии в машиностроении, пособие для инженеров, М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015, с. 220.
2. Реброва И.А., Теория планирования эксперимента, учебное пособие, Омск: СибАДИ, 2016, с. 106.
3. Пантелеев А.В., Летова Т.А., Методы оптимизации в примерах и задачах, М.: Высшая школа, 2008, с. 544.
4. Петров М.А., учебно-методический комплект «Топологическая оптимизация в solidThinking Inspire. Часть 1. Задачи топологической оптимизации. Теоретические основы. Описание программы» с практикумом, 2019, М.: Московский политех, с. 220.

4.3 Дополнительная литература

1. Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер, Технологии аддитивного производства, пер. с англ. проф. И.В. Шишковский, М.: Техносфера, 2016, с. 646.
2. Пискунов Н.С., Дифференциальное и интегральное исчисления для ВТУЗов, т. 1, изд. 13-е, М.: Наука, 1985, с. 560.
3. Лебедева Л.В., Экстремум функции нескольких переменных, учебно-методическое пособие, Нижний Новгород: Нижегородский ГУ, 2019, с. 26.
4. Сидняев Н.И., Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных, Юрайт-Издат, 2012, с. 399. (электронный ресурс на Юрайт)
5. Краснов М.Л., Макаренко Г.И., Киселев А.И., Вариационное исчисление. Задачи и упражнения, М.: Наука, 1973, с. 192.
6. Турчак Л.И., Плотников П.В., Основы численных методов, М.: Физматлит, 2002, с. 304.
7. Пантелеев А.В., Летова Т.А., Методы оптимизации в примерах и задачах, М.: Высшая школа, 2008, с. 544.
8. I. Stroud, Boundary representation Modelling techniques, Springer, London, 2006, p. 788.

4.4 Операционные системы, офисное программное обеспечение и интернет-ресурсы

Операционная система, Windows 7 (или ниже) - Microsoft Open License Лицензия № 61984214, 61984216,61984217, 61984219, 61984213, 61984218, 61984215

Офисные приложения, Microsoft Office 2013 (или ниже) - Microsoft Open License Лицензия № 61984042 Антивирусное ПО.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде представлены в таблице ниже.

№	Наименование	Ссылка на ресурс	Доступность
Электронно-библиотечные системы			
1	Лань	https://e.lanbook.com/	Доступна в сети Интернет без ограничений
2	ЭБС «ЛАНЬ». Коллекция «Инженерно-технические науки»	http://e.lanbook.com	Доступна в сети Интернет без ограничений
3	IPR Books	https://www.iprbookshop.ru/	Доступна в сети Интернет без ограничений
4	ЭБС «Университетская библиотека онлайн	www.biblioclub.ru	Доступна в сети Интернет без ограничений
5	ЭБС «ZNANIUM.COM»	www.znanium.com	Доступна в сети Интернет без ограничений
6	ЭБС «ЮРАЙТ»	www.biblio-online.ru	Доступна в сети Интернет без ограничений
7	«Библиотека. Электронные ресурсы»	http://lib.mospolytech.ru/lib/comntent/elektronnyy-katalog	Доступна в сети Интернет без ограничений
8	«Библиотека. Электронно-библиотечные системы»	http://lib.mospolytech.ru/lib/ebs	Доступна в сети Интернет без ограничений
Электронные энциклопедии			
9	Википедия (Wikipedia)	https://ru.wikipedia.org	Доступна в сети Интернет без ограничений
10	Большая российская энциклопедия	https://bigenc.ru/	Доступна в сети Интернет без ограничений

4.5 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы.

Название ЭОР	Ссылка
Исследование и оптимизация процессов аддитивного производства	https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=11766

Разработанные ЭОР включают тренировочные и итоговые тесты. Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы. Каждый студент обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронным библиотекам университета (elib.mgup; lib.mami.ru/lib/content/elektronyy-katalog) к электронно-библиотечным системам (электронным библиотекам).

4.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Наименование	Ссылка на ресурс	Доступность
Лицензионное программное обеспечение			
1	ЗАО «Топ Системы» (бесплатная учебная версия программы Т-Флекс)	https://www.tflexcad.ru/download/t-flex-cad-free/	Доступна в сети Интернет без ограничений
2	АО «Аскон» (бесплатная учебная версия программы Компас)	https://kompas.ru/kompas-educational/about/	Доступна в сети Интернет без ограничений
3	ООО «Тесис» (бесплатная студенческая версия программы Abaqus)	https://tesis.com.ru/infocenter/actions/detail.php?id=1147	Доступна в сети Интернет без ограничений
4	FreeCAD (opensource программа для геометрического и численного моделирования)	https://www.freecad.org/downloads.php?lang=ru	Доступна в сети Интернет без ограничений

4.7 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Ссылка на ресурс	Доступность
Информационно-справочные системы			
1	БД полных текстов национальных стандартов (ГОСТ, СНиП, РД, РДС и др.) «Техэксперт»	http://www.kodeks.ru	Доступно с компьютеров университета
Профессиональные базы данных			
2	База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	http://www.elibrary.ru	Доступна в сети Интернет без ограничений
3	Реферативная наукометрическая электронная база данных «Elsevier»	http://www.sciencedirect.com	Доступна в сети Интернет с ограничениями

5. Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий необходимы аудитории, оснащенные либо мультимедийными проекторами и экранами, либо электронными досками.

Специализированные аудитории кафедры «ОМДиАТ» (АВ2509, АВ2508) и межкафедральная лаборатория «САПР-ТП» (ав2514) оснащены компьютерным и проекционным оборудованием, современным специализированным программным обеспечением. Лаборатории кафедры «ОМДиАТ» (А-ОМД, АВ2102, АВ1707, АВ5001) оснащены заготовительным, штамповочным, аддитивным и испытательным оборудованием, лабораторной и экспериментальной оснасткой, контрольно-измерительными приборами, стендами и наглядными пособиями. Их применение позволяет вести полноценный учебный процесс, проводить практические занятия, а также заниматься с участием студентов исследованиями технологических свойств (штампуемость, сопротивление деформации) металлов, исследованием методов обработки давлением, опытно-конструкторскими работами, прививая обучающимся навыки самостоятельной научно-исследовательской деятельности и профессиональной деятельности. Данные о программном обеспечении, лабораторном оборудовании представлены в справке МТО. В ЛМС курсе даны ссылки на электронные ресурсы и прикреплены учебно-методические материалы в электронном виде.

6. Методические рекомендации

Методика преподавания дисциплины и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения аудиторных и внеаудиторных занятий:

– аудиторные занятия: лекции, тестирование;

– внеаудиторные занятия: самостоятельное изучение отдельных вопросов, подготовка к семинарам.

Задачей самостоятельной работы студента являются:

- закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;

- формирование навыков использования справочной и специальной литературы для написания реферата и подготовки к аттестации (зачет/экзамен).

Изучение дисциплины должно сопровождаться самостоятельной работой студентов для усвоения лекционного материала и материала, полученного на лабораторных и практических занятиях.

Планирование самостоятельной работы должно включать регулярную работу с материалами, полученными на лекциях и практических занятиях; работу с литературными источниками, рекомендованными преподавателем и работу с научно-технической информацией по изучаемому предмету.

Организация самостоятельной работы включает место, время и эргономику рабочего места. Это позволяет создать комфортные условия для творческой работы.

Образовательные технологии

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных электронных образовательных ресурсов (ЭОР) (см. п. 4.5). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1. Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями «Положения об организации образовательного процесса в московском политехническом университете и его филиалах», утверждённым ректором университета.

6.1.2. На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД) и предоставляет возможность ознакомления с программой.

6.1.3. Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО Мосполитеха);

- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;

- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4. Доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5. Необходимо с самого начала занятий рекомендовать студентам основную и дополнительную литературу и указать пути доступа к ней.

6.1.6. В начале или в конце семестра дать список вопросов для подготовки к промежуточной аттестации (экзамену или зачёту).

6.1.7. Рекомендуется факт ознакомления студентов с РПД и графиком работы письменно зафиксировать подписью студента в листе ознакомления с содержание РПД.

6.1.8. Преподаватели, ведущий лекционные и практические занятия, должны согласовывать тематический план практических занятий, использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.9. При подготовке к лекционным и лабораторным занятиям по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать

формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе лекции или лабораторной работе во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части лабораторного занятия следует подвести его итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

6.1.10. Целесообразно в ходе защиты **лабораторных работ** задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих: лекции, практические и лабораторные занятия, консультации, защита отчета, тестирование, аттестация (зачет/экзамен).

На первой лекции преподаватель должен ознакомить студентов с объемом изучаемого материала; с системой оценки полученных знаний; и с рейтинговой системой, которая формируется в соответствии с рабочей программой.

В процессе изучения разделов курса, преподаватель должен информировать студентов о литературе, которую целесообразно просмотреть для закрепления знаний по каждому из разделов. Чтение лекций должно сопровождаться показом слайдов и видео материалов.

Начиная со второй лекции, студенты выполняют контрольные работы по предыдущему материалу лекции. Одновременно, на второй лекции студенты получают тему курсовой работы и/или реферата.

Практические и лабораторные занятия направлены на изучение стандартов, технической документации, методов практического измерения физических величин технологического процесса и реализации оптимизации реального оборудования. Преподаватель дает задание оптимизировать один из параметров оборудования с учетом стандартов.

Основная цель практических работ заключается в развитии понимания возможности применения и взаимодействия методов решения задач естественно-научного, численного (виртуального или компьютерного) и практического уровней для получения оборудования с улучшенными показателями.

Аттестация (экзамен) проводится в форме диалога. Учитывается рейтинг студента. Рассматриваются результаты контрольных работ и обсуждается выполненная курсовая работа (реферат). Исходя из рейтинга студента, предлагаются тесты в компьютерной форме. По результатам собеседования студент получает или не получает зачет.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1.2.1. Студент с самого начала освоения дисциплины должен внимательно ознакомится с рабочей программой дисциплины.

1.2.2. Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

1.2.3. При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (LMS Мосполитеха), как во время контактной работы с преподавателем так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

1.2.4. Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- оформление отчетов по выполненным лабораторным работам и подготовка к их защите.

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная, лабораторная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекции. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, семинарские занятия, лабораторные работы консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям по курсу необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия, определить средства материально-технического обеспечения лекционного занятия и порядок их использования в ходе чтения лекции. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель лабораторных занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности лабораторных занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного и лабораторного занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Изучение дисциплины завершается экзаменом. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель, принимающий зачёт и экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

7. Фонд оценочных средств

Обучение по дисциплине направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций.

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2. Разработка методик проведения испытаний и исследований изделий, изготовленных методами аддитивных технологий	ИПК 2.1. Знает: • Технические требования, предъявляемые к изделиям аддитивных производств • Методики испытаний и исследований изделий аддитивных производств, применяемые в организации ИПК 2.2 Умеет: • Определять требования к условиям проведения испытаний и исследований изделий аддитивных производств • Использовать возможности программного обеспечения для выполнения статистических расчетов и оформления документации по результатам испытаний и исследований изделий аддитивных производств ИПК 2.3. Владеет • Выбором последовательности и условий проведения испытаний и исследований изделий аддитивных производств • Разработкой алгоритма обработки результатов испытаний и исследований, принятия решения о годности изделия аддитивных производств с использованием прикладных программ

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

В процессе обучения используются оценочные средства рубежного контроля успеваемости: контрольные вопросы по каждому разделу программы и/или компьютерное тестирование, составление итогового отчета по результатам лабораторных или семинарских занятий, посещаемость.

№	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Устный опрос (Э -экзамен)	Диалог преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала	Комплект экзаменационных билетов

2	Лабораторные работы (ЛР)	Оценка способности студента применить полученные ранее знания для проведения анализа, опыта, эксперимента и выполнения последующих расчетов, а также составления выводов	Перечень лабораторных работ и их оснащение
3	Рефераты (Р)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой изложение (для ЭССЕ краткое изложение) в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также	Темы Реферата
4	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий

Если не выполнен один или более видов учебной работы, указанных в таблице, преподаватель имеет право выставить неудовлетворительную оценку по итогам промежуточной аттестации.

Вводится балльно-рейтинговая система с расширяемым набором критериев оценки, согласно таблице ниже. Баллы (Б) высчитываются на основании простой пропорциональной зависимости. Например, балл за посещаемость высчитывается по уравнению ниже.

$$РБ = \frac{РП \times МБ}{100\%},$$

где РБ – реальный балл за посещаемость; РП – реальный процент посещаемости, %; МБ – максимальный балл по посещаемости.

Для баллов, выставляемым по критериям, объявляемыми преподавателем в начале или в течение обучения по дисциплине, могут изменяться значения. Также баллу может быть назначен весовой коэффициент, отражающий качество и полноту выполнения работы ($k_в$). Тогда общий балл за семестр определиться по уравнению ниже.

$$ОБ = \frac{РП \times МБ}{100\%} + \sum_{n=i}^{j} Б_n \times k_в, (i = 1, 2, ..., j),$$

где ОБ – общий балл за семестр.

В конце семестра производится подсчёт набранных баллов. Если студент набирает максимально-возможное количество баллов за семестр, то он освобождается от ответа на дополнительные вопросы на экзамене. Реализуется один из двух подходов: без учёта дробной части и с учётом дробной части. Оценка «отлично» ставится учащимся, которые набрали 5 баллов. Оценка «хорошо» и «удовлетворительно» ставится учащимся, набравших 4 и 3 балла соответственно. Оценка «неудовлетворительно» ставится

учащемуся, если он набрал два и менее балла (таблица 3). Также может быть применён более точный подход с целью учёта дробной части, согласно которому для получения оценки «отлично» необходимо уложиться в 10%-ый интервал, расчитанный от макс. возможного балла за семестр, для получения оценки «хорошо» необходимо уложиться в 20%-ый интервал, для получения оценки «удовлетворительно» необходимо уложиться в 30%-ый интервал.

Таблица 1. Расширяемый список критериев оценки знаний студентов

№	Критерий оценки	Макс. кол-во баллов
1	Посещаемость (100%)	1
2	Сдан отчёт по курсу лабораторных работ	1,5
3	Сдана презентация по результатам работ	1,5
4	Студент/-ка выполнили проектирование и печать собственного прототипа	1
5	Активная работа по пост-обработке прототипов и сборками	0,5
6	Студент/-ка вошел в соавторы статьи	2

Подгруппа	Номер сборки	Позиции сборки	№ п/п	Отчет		ФИО	14.фев	21.фев	28.фев	06.мар	13.мар	20.мар	27.мар	03.апр	11.апр	11.апр	18.апр	18.апр
1	13_40	3	1	сборка	+	Вацуро Андрей	н	+	+	+	+	+	+	+	н	н	+	+
1	2_7	9, 4	2	свои модели	+	Винников Сергей	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1	13_40	3	3	сборка	+	Добросмыслов Валентин	н	+	+	+	+	н	н	+	н	н	н	н
1			4	сборка	+	Жариков Александр	+	+	+	+	+	н	+	н	+	+	н	н
1	2_7	1	5	сборка	+	Гладышева Кристина	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	13_40	6, 9, 8, 7, 13, 14,	6	свои модели	+	Камшилин Дмитрий	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	2_7	14	7	сборка	+	Кли'нов Михаил	н	+	н	+	+	+	+	+	н	н	+	+
2	13_40	3	8	сборка	+	Мельников Дмитрий	н	+	+	н	+	н	н	+	н	н	+	+
2	2_7	8, 3	9	сборка	+	Митин Егор	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2			10	сборка	+	Муса'ров Валерий	н	н	н	+	н	н	н	н	н	н	н	н
3	2_7	1	11	свои детали	+	Осипов Артур	н	н	н	н	+	н	+	+	н	н	+	+
3	2_7	3	12	сборки	+	Прис Александр	+	+	н	+	+	+	+	+	н	н	+	+
3	2_7	6, 10	13	свои детали	+	Савинков Дмитрий	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	13_40	12, 19	14	сборка	+	Самарьянов Денис	н	н	+	н	+	н	н	н	н	н	н	н
3	2_7	8	15	свои детали	+	Силенский Михаил	н	+	+	+	+	+	+	+	н	н	+	+
4	2_7/13_40	5,7,11,12,13/8,	16	сборка	+	Смирнов Владислав	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	2_7/13_40	9, 4/4	17	сборка	+	Федотов Илья	+	+	н	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	13_40	7,8	18	сборка	+	Чирков Дмитрий	н	+	+	н	н	н	н	н	н	н	+	+
4	2_7	2	19	сборка	+	Журавлев Владислав	н	+	+	+	н	+	+	+	н	н	+	+
							ФЕВРАЛЬ			МАРТ					АПРЕЛЬ			

а) контроль посещаемости (начало)

Занятия												Количество пропусков	Посещаемость, %
25.апр	25.апр	02.май	02.май	09.май	09.май	16.май	16.май	23.май	23.май	30.май	30.май		
+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	3	86
+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	0	100
+	+	+	+			н	н	+	+	+	+	9	59
+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	4	82
+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	0	100
+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	0	100
+	+	+	+			н	н	+	+	+	+	6	73
+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	6	73
+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	0	100
н	н	н	н			н	н	н	н	н	н	21	5
+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	7	68
+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	3	86
+	+	+	+			+	+	+	+	н	н	2	91
+	+	+	+			+	+	н	н	+	+	12	45
+	+	+	+			+	+	н	н	+	+	5	77
+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	0	100
+	+	+	+			н	н	+	+	+	+	3	86
+	+	н	н			+	+	н	н	н	н	14	36
+	+	+	+			н	н	+	+	+	+	6	73
		МАЙ											

ПРАЗДНИЧНЫЙ ДЕНЬ

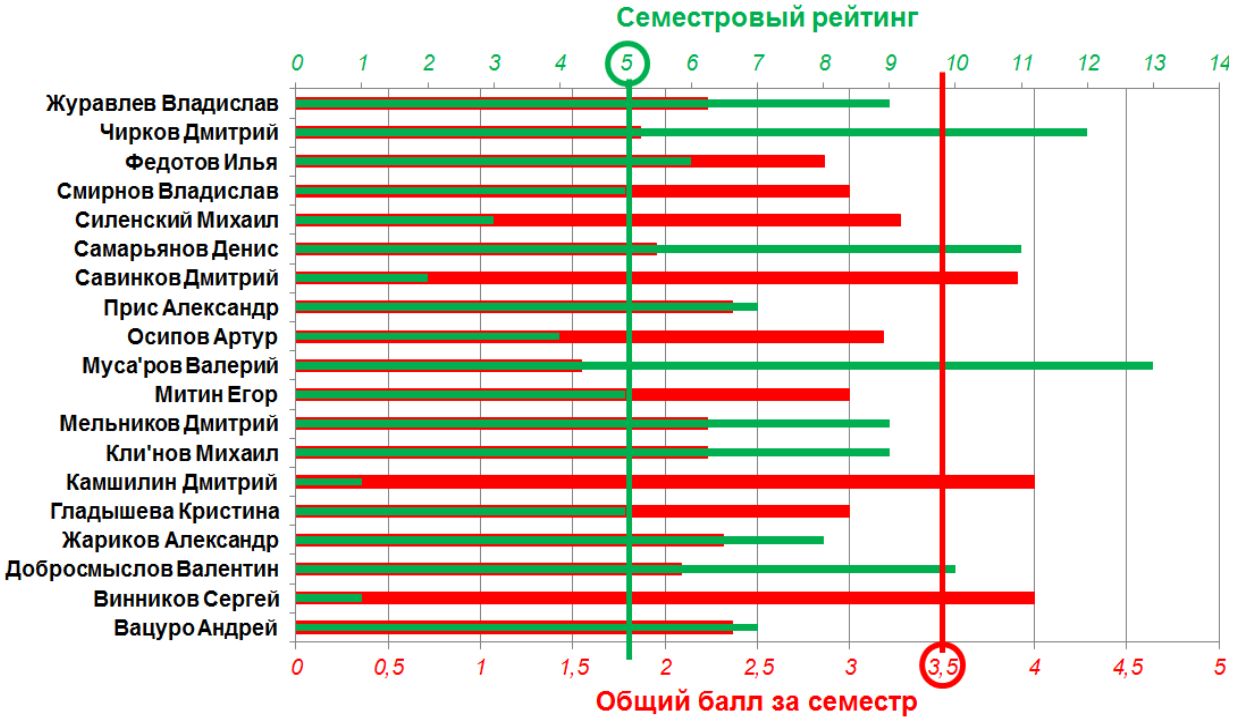
б) контроль посещаемости (продолжение)

ФИО	Количество пропусков	Посещаемость	Балл за посещаемость	Собственный прототип	Отчек по лабораторным работам	Презентация по результатам работ	Соавтор статьи
Вацуро Андрей	3	86	0,86	0	1,5	0	0
Винников Сергей	0	100	1,00	1	1,5	0	0
Добросмыслов Валентин	9	59	0,59	0	1,5	0	0
Жариков Александр	4	82	0,82	0	1,5	0	0
Гладышева Кристина	0	100	1,00	0	1,5	0	0
Камшилин Дмитрий	0	100	1,00	1	1,5	0	0
Кли'нов Михаил	6	73	0,73	0	1,5	0	0
Мельников Дмитрий	6	73	0,73	0	1,5	0	0
Митин Егор	0	100	1,00	0	1,5	0	0
Муса'ров Валерий	21	5	0,05	0	1,5	0	0
Осипов Артур	7	68	0,68	1	1,5	0	0
Прис Александр	3	86	0,86	0	1,5	0	0
Савинков Дмитрий	2	91	0,91	1	1,5	0	0
Самарьянов Денис	12	45	0,45	0	1,5	0	0
Силенский Михаил	5	77	0,77	1	1,5	0	0
Смирнов Владислав	0	100	1,00	0	1,5	0	0
Федотов Илья	3	86	0,86	0	1,5	0	0
Чирков Дмитрий	14	36	0,36	0	1,5	0	0
Журавлев Владислав	6	73	0,73	0	1,5	0	0

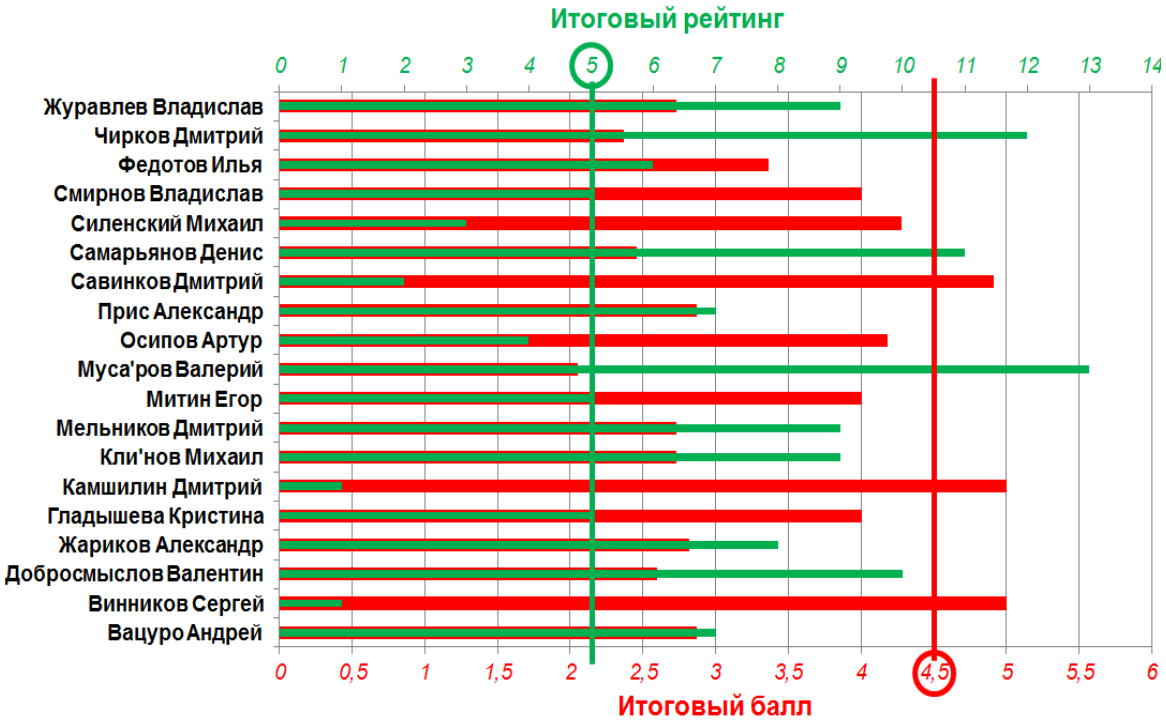
в) таблица подсчета баллов и определения рейтинга (начало)

Пост-обработка прототипов и сборка	Общий балл за семестр	Семестровый рейтинг	Экзамен, макс. 1		Итоговый балл	Итоговый рейтинг	Комментарии	Оценка
			вопрос №1, макс. 0,5	вопрос №2 (детали), макс. 0,5				
0	2,36	7	0,00	0,50	2,86	7		хорошо
0,5	4,00	1	0,50	0,50	5,00	1		отлично
0	2,09	10	0,00	0,50	2,59	10	отв. на доп. вопросы	хорошо
0	2,32	8	0,00	0,50	2,82	8	отв. на доп. вопросы	отлично
0,5	3,00	5	0,50	0,50	4,00	5		отлично
0,5	4,00	1	0,50	0,50	5,00	1		отлично
0	2,23	9	0,00	0,50	2,73	9	отв. на доп. вопросы	отлично
0	2,23	9	0,00	0,50	2,73	9		хорошо
0,5	3,00	5	0,50	0,50	4,00	5		отлично
0	1,55	13	0,00	0,50	2,05	13	отв. на доп. вопросы	хорошо
0	3,18	4	0,50	0,50	4,18	4		отлично
0	2,36	7	0,00	0,50	2,86	7		хорошо
0,5	3,91	2	0,50	0,50	4,91	2		отлично
0	1,95	11	0,00	0,50	2,45	11	отв. на доп. вопросы	хорошо
0	3,27	3	0,50	0,50	4,27	3		отлично
0,5	3,00	5	0,50	0,50	4,00	5		отлично
0,5	2,86	6	0,00	0,50	3,36	6	отв. на доп. вопросы	отлично
0	1,86	12	0,00	0,50	2,36	12	отв. на доп. вопросы	хорошо
0	2,23	9	0,00	0,50	2,73	9		хорошо

г) таблица подсчета баллов и определения рейтинга (продолжение)



д) контроль успеваемости (за семестр)



г) контроль успеваемости (итоговый)

На усмотрение преподавателя и по результатам ответов на экзаменационные вопросы балл обучающегося может быть повышен, но не более, чем на 0,1 единицу!

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка.

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение студентом всех видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой по (выполнил и защитил лабораторные работы). Промежуточная аттестация проводится в сроки, установленные утвержденным расписанием зачётно-экзаменационной сессии. До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины.

Таблица 2. Оценочная шкала (экзамен)

Оценка (без учёта дробной части)	**Оценка (с учётом дробной части)**	**Описание**
Отлично $(4 \leq РБ \leq 5)$	*Отлично* $(ОБ_{max} \leq ОБ \leq 0{,}9 \times ОБ_{max})$	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой, таблица 2. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений,

		навыков приведенным в таблице 1. Могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо *(3 ≤ РБ < 4)*	*Хорошо* *(0,8× $ОБ_{max}$ ≤ ОБ < 0,9× $ОБ_{max}$)*	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, таблица 2. Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний, таблица 1, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.
Удовлетворительно *(2 ≤ РБ < 3)*	*Удовлетворительно* *(0,7× $ОБ_{max}$ ≤ ОБ < 0,8× $ОБ_{max}$)*	Выполнены все обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, таблица 2. Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, таблица 1, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетворительно *(общий балл < 2)*	*Неудовлетворительно* *(ОБ < 0,7× $ОБ_{max}$)*	Не выполнены обязательные условия подготовки студента к промежуточной аттестации, предусмотренные программой дисциплины, таблица 2. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков, приведенным в таблице 1, допускаются значительные ошибки, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.