


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт технологий и инженерной механики
Кафедра цифровых технологий и машин в литейном производстве

УТВЕРЖДАЮ: УТВЕРЖДАЮ
Директор института технологий и
инженерной механики

 Могильная Е.П.

«18» 04 2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Аддитивные технологии в металлургии»

по направлению подготовки 22.04.02 Металлургия
профиль подготовки «Технология литейных процессов»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Аддитивные технологии в металлургии» по направлению подготовки 22.04.02 Металлургия магистерской программе 22.04.02 «Технология литейных процессов» разработана кафедрой «Цифровые технологии и машины в литейном производстве». – 20 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Аддитивные технологии в металлургии» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.04.02 Металлургия, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 26.11.2020 г. № 1456.

СОСТАВИТЕЛЬ:

доц. к.т.н. Голофаев А. Н.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры цифровых технологий и машин в литейном производстве «11» 04 2023 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой цифровых технологий и машин в литейном производстве _____ Свинооров Ю.А..

Переутверждена: « » _____ 20 г., протокол № _____

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института _____ «18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии института технологий и инженерной механики _____ Ясуник С.Н.

© Голофаев А. Н., 2023 год
© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель курса «Аддитивные технологии в металлургии» - дать студенту представление о современных методах 3D-печати, их преимуществах и недостатках, а также об основных областях применения. Знание основ 3D-печати дает студенту ценный инструмент в исследовательской карьере для ускорения существующих процессов и решения ранее неразрешимых задач.

В результате изучения дисциплины «Аддитивные технологии в металлургии» студенты должны:

знать:

-основные этапы создания трехмерных объектов методами аддитивного производства, способы предварительной оптимизации трехмерных объектов, основные ошибки, возникающие в ходе подготовки трехмерной модели, а также методы их устранения, существующие алгоритмы построения объектов, основные технологии трехмерной печати и физические принципы, лежащие в их основе;

уметь:

-делать выбор наиболее подходящего метода трехмерной печати, исходя из физических принципов и ограничений метода, пользоваться программным обеспечением для предварительной проверки трехмерной модели и исправления ошибок, располагать модель и строить поддерживающие структуры в соответствии с используемыми методами печати, подбирать параметры и алгоритмы печати в зависимости от используемого материала и вида объекта.

владеть:

-навыками анализа поставленной задачи изготовления заданного трехмерного объекта, выявления проблемных мест при последующем изготовлении объекта методами аддитивного производства, выбора наиболее подходящих методов трехмерной печати в соответствии, выбора наиболее подходящих параметров, материалов и алгоритмов печати, исправления ошибок триангуляции в ходе подготовки модели к процессу печати, печати на коммерчески доступных трехмерных принтерах класса FDM и SLA/DLPc.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина аддитивные технологии в металлургии относится к модулю базовых профессиональных дисциплин.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания инженерной компьютерной графики, о способах формообразования отливок,

информатики, цифровых технологий в металлургии, компьютерного моделирования литейных процессов. Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин: Математическое моделирование систем и процессов; Компьютерные технологии в металлургии и служит основой для написания магистерской диссертации.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
<p>ПК-2. Способен к исследованию и разработке прогрессивных технологических процессов изготовления машиностроительных литых заготовок любой сложности с использованием CAD/CAM/CAE-систем.</p>	<p>ПК-2.2. Осуществляет разработку новых технологических процессов получения отливок любой сложности с применением цифровых технологий.</p>	<p>Знать: – методы анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новой информации при решении исследовательских и практических задач в области аддитивных технологий в металлургии; - методы организации и планирования исследований, включая способы решения задач с использованием аддитивных технологий.</p> <p>Уметь: -осуществлять поиск, критически анализировать, обобщать и систематизировать научную информацию в области аддитивных технологий в металлургии; -организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований и решать их с использованием аддитивных технологий</p> <p>Владеть: - профессиональными знаниями для анализа и синтеза информации в области аддитивных технологий; -навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области аддитивных технологий; -навыками анализа</p>

		методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области аддитивных технологий в металлургии.
--	--	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	108 (3 зач. ед)	108 (3 зач. ед)
Обязательная контактная работа (всего)	30	10
в том числе:		
Лекции	15	4
Семинарские занятия		
Практические занятия	15	6
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)		
Другие формы и методы организации образовательного процесса (расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.)	-	9
Самостоятельная работа студента (всего)	78	89
Форма аттестации	экзамен	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Аддитивное производство.

Основные особенности и отличия от традиционных методов. Определение аддитивных технологий производства. История 3D-печати. Области применения 3D-печати.

Тема 2. Классификация технологий 3D печати. Экструзионные методы печати. Струйные методы печати (Material/Binder Jetting). Печать методом фотополимеризации. Печать путем послойного спекания порошка (Powder Bed). Печать методом прямого подвода энергии (DED).

Тема 3. Программное обеспечение. Создание и подготовка 3D-модели объекта. Компьютерное проектирование: твердотельное моделирование, моделирование поверхности, скалптинг, D-сканирование и фотограмметрия. 3D-сканирование и фотограмметрия. Лечение STL-файлов. Слайсинг. Моделирование в 3D-печати.

Тема 4. Экструзионные методы 3D-печати. Метод нанесения расплава (FDM). Советы по проектированию в FDM.

Тема 5. Порошковые методы 3D-печати. Селективное лазерное спекание. Советы по проектированию в SLS. SLS и SLM/DMLS. Советы по проектированию в SLM /

DMLS. Постобработка. Сплавление электронным пучком (EBM). Советы по проектированию в EBM. Многоструйная печать (MJF).

Тема 6. Струйные методы 3D-печати. Струйная печать. Советы по проектированию в струйной печати. 3D-печать DOD и NPJ. 3D-печать связующим (BJ) . Советы по проектированию в BJ.

Тема 7. Мультистадийная и непрерывная 3D-печать методом фотополимеризации. Стереолитография (SLA) и проекционная печать (DLP). Постобработка в SLA и DLP. Советы по проектированию в SLA / DLP. Печать с использованием непрерывного жидкого интерфейса и другие методы быстрой печати методом стереолитографии. Двухфотонная лазерная литография (2PP).

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1.	Аддитивное производство. Основные особенности и отличия от традиционных методов. Определение аддитивных технологий производства. История 3D-печати. Области применения 3D-печати.	2	
2.	Классификация технологий 3D печати. Экструзионные методы печати. Струйные методы печати (Material/Binder Jetting). Печать методом фотополимеризации. Печать путем послойного спекания порошка (Powder Bed). Печать методом прямого подвода энергии (DED).	2	1
3.	Программное обеспечение. Создание и подготовка 3D-модели объекта. Компьютерное проектирование: твердотельное моделирование, моделирование поверхности, скалптинг, D-сканирование и фотограмметрия. 3D-сканирование и фотограмметрия. Лечение STL-файлов. Слайсинг. Моделирование в 3D-печати.	2	1
4	Экструзионные методы 3D-печати. Метод нанесения расплава (FDM). Советы по проектированию в FDM.	2	1
5	Порошковые методы 3D-печати. Селективное лазерное спекание. Советы по проектированию в SLS. SLS и SLM/DMLS. Советы по проектированию в SLM / DMLS. Постобработка. Сплавление электронным пучком (EBM). Советы по проектированию в EBM. Многоструйная печать (MJF).	2	1
6	Струйные методы 3D-печати. Струйная печать. Советы по проектированию в струйной печати. 3D-печать DOD и NPJ. 3D-печать связующим (BJ) . Советы по проектированию в BJ.	2	1
7	Мультистадийная и непрерывная 3D-печать методом фотополимеризации. Стереолитография (SLA) и проекционная печать (DLP). Постобработка в SLA и DLP. Советы по проектированию в SLA / DLP. Печать с использованием непрерывного жидкого интерфейса и другие методы быстрой	3	1

	печати методом стереолитографии. Двухфотонная лазерная литография (2PP).		
Итого		15	6

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1.	Особенности конструирования литейной оснастки получаемой АТ способом	3	1
2.	Обработки трехмерной цифровой модели	3	
3.	Подготовка к печати модели из одного и нескольких материалов. Выбор материала для печати (ABS, PLA, поликарбонаты, полиамиды, полистирол, лигнин)	3	1
4.	Финишная обработка модели после печати	3	1
5	Быстрое прототипирование технологии силиконовых пресс-форм	3	1
Итого:		15	4

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1.	Аддитивное производство Классификация технологий 3D печати Программное обеспечение. Создание и подготовка 3D-модели объекта. Мультстадийная и непрерывная 3D-печать методом фотополимеризации.	– проработка (изучение) материалов лекций; – чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы; – подготовка к практическим занятиям; – поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, периодической печати; – подготовка к текущему и итоговому (промежуточная аттестация) контролю знаний по дисциплине. Самостоятельная работа по подготовке к практическим занятиям предполагает умение работать с первичной информацией. Для заочной формы написание контрольных работ. Подготовка к экзамену.	78	89
Итого:			78	89

4.7. Курсовые работы/проекты по дисциплине «Аддитивные технологии в металлургии» не предполагаются учебным планом.

5. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов освоения дисциплины «Аддитивные технологии в металлургии» используются следующие образовательные технологии:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа; проблемное обучение. Практические работы выполняются на 3-D принтерах. Для моделирования литейных процессов на ЭВМ используются программные комплексы Компас 3-Д, SolidWorks, ProCast или LVMFlow.

6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Кравченко, Е. Г. Аддитивные технологии в машиностроении : учебное пособие / Е. Г. Кравченко, А. С. Верещагина, В. Ю. Верещагин. – Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 139 с. – ISBN 978-5-4497-1012-3. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/105704.html>, по паролю.
2. Попович А. А. Материалы и аддитивные технологии. Современные материалы для аддитивных технологий: учебное пособие / А. А. Попович, В. Ш. Суфияров, Н. Г. Разумов [и др.]. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2021. – 204 с. – ISBN 978-5-7422-7090-4. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/116134.html>, по паролю.
3. Преображенская, Е. В. Технологии, материалы и оборудование аддитивных производств : учебное пособие / Е. В. Преображенская, Т. Н. Боровик, Н. С. Баранова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021 — Часть 1 — 2021. — 173 с. — ISBN 978-5-7339-1397-1. — Текст : электронный // Лань : электроннобиблиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/182474> (дата обращения: 01.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Преображенская, Е. В. Технологии, материалы и оборудование аддитивных производств : учебное пособие / Е. В. Преображенская, В. В. Зуев, А. А. Мышечкин. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021 — Часть 2 — 2021. — 164 с. — ISBN 978-5-7339-1398-8. — Текст : электронный // Лань : электроннобиблиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/182471> (дата обращения: 01.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Горунев, А. И. Аддитивные технологии и материалы : учебное пособие / А. И. Горунев. — Казань : КНИТУ-КАИ, 2019. — 56 с. — ISBN 978-5-7579-2360-4. — Текст : электронный // Лань : электроннобиблиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/144008> (дата обращения: 01.12.2021). — Режим доступа: для авториз. Пользователей.

б) дополнительная литература:

6. Трофимов, А. В. Компьютерные технологии в машиностроении. Аддитивные технологии : учебное пособие / А. В. Трофимов. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2019. — 72 с. — ISBN 978-5-9239-1114-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/120060> (дата обращения: 01.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Кравченко, Е. Г. Аддитивные технологии в машиностроении : учебное пособие / Е. Г. Кравченко, А. С. Верещагина, В. Ю. Верещагин. — Комсомольск-на-Амуре : КНАГУ, 2018. — 140 с. — ISBN 978-5- 7765-1350-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/151709> (дата обращения: 01.12.2021). — Режим доступа: для авториз. Пользователей.
8. Сухочев, Г. А. Технология машиностроения. Аддитивные технологии в подготовке производства наукоемких изделий : учебное пособие / Г. А. Сухочев, С. Н. Коденцев. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. – 132 с. – ISBN 978-5- 7731-0872-6. – Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/108200.html>, по паролю.

в) методические указания:

- <https://www.3dhubs.com/knowledge-base>
- <http://reprap.org/>.

г) Интернет-ресурсы:

Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>

Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – Режим доступа: URL: <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Аддитивные технологии в металлургии» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине оценочных средств по учебной дисциплине «Аддитивные технологии в металлургии»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-2	Способен к исследованию и разработке прогрессивных технологических процессов изготовления машиностроительных литых заготовок любой сложности с использованием CAD/CAM/CAE-систем	ПК-2.2. Осуществляет разработку новых технологических процессов получения отливок любой сложности с применением цифровых технологий.	Темы лекций 1-7 и практики 1-5.	1

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-2	ПК-2.2. Осуществляет разработку новых технологических процессов получения отливок любой сложности с	Знать: – методы анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новой информации при решении исследовательских и практических задач в области аддитивных технологий в металлургии; - методы организации	Тема 1. Аддитивное производство. Тема 2. Классификация технологий 3D печати. Тема 3. Программное обеспечение. Создание и подготовка 3D-модели объекта. Тема 4.	Вопросы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине задания по практическим занятиям, контрольные работы, (экзамен)

		<p>применени ем цифровых технологи й.</p>	<p>и планирования исследований, включая способы решения задач с использованием аддитивных технологий.</p> <p>Уметь: -осуществлять поиск, критически анализировать, обобщать и систематизировать научную информацию в области аддитивных технологий в металлургии;</p> <p>-организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований и решать их с использованием аддитивных технологий.</p> <p>Владеть: - профессиональными знаниями для анализа и синтеза информации в области аддитивных технологий;</p> <p>-навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области аддитивных технологий;</p> <p>-навыками анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области аддитивных технологий в металлургии.</p>	<p>Экструзионные методы 3D-печати. Тема 5. Порошковые методы 3D-печати Тема 6. Струйные методы 3D-печати. Тема 7. Мультистадийная и непрерывная 3D-печать методом фотополимеризации .</p>	
--	--	---	---	---	--

Фонды оценочных средств по дисциплине «Аддитивные технологии в металлургии»

Для текущего контроля знаний и умений студентов по дисциплине проводится комплексная оценка, включающая: – выполнение практических заданий, оформление отчетов по практическим занятиям; – тестирование по различным разделам дисциплины.

Оценочные процедуры текущего контроля успеваемости по дисциплине «Аддитивные технологии в металлургии» проводятся преподавателем дисциплины. Для оценки текущего контроля знаний используются тесты. Время на проведение тестирования 10 минут. На каждый тест дается 2 попытки.

Для оценки текущего контроля умений и навыков проводятся практические занятия в форме выполнения заданий. При выполнении практического задания преподавателем оценивается качество выполненного задания, срок его выполнения, качество и срок оформления отчета, ответы на вопросы преподавателя.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 1.

Промежуточная аттестация считается пройденной, если студент набрал не менее 3 баллов.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 2.

Типовые тестовые задания для текущего контроля

1. Какой из перечисленных материалов чаще всего используется в аддитивном производстве?

- керамика;
- полимерные материалы;
- пластик.

2. Найти неправильный ответ.

Выбор аддитивных технологий осуществляют исходя из оценки следующих критериев:

- стоимость приобретения;
- производительность;
- стабильность модельного материала;
- влажности и температуры окружающей среды.

3. Найти правильный ответ.

Основными технологиями получения порошков для аддитивных машин являются:

- газовая адсорбция;
- вакуумная атомизация;
- центробежное вакуумирование;
- компрессионное формование.

4. Что в производственных системах понимается под их виртуальной частью?

- построение 3D-моделей аппаратов и машин;

- расчеты, коммуникация и планирование, производимые на компьютерах;
- цифровое представление производственных процессов и систем.

5. Одно из важных понятий современных производственных материалов и технологий — «киберфизические системы».

Что это значит?

- искусственный интеллект будущего;
- модель человека-машины системы, в которых виртуальная и физическая части мира интегрированы в единый производственный комплекс;
- системы киберпротезирования.

6. С современными производственными технологиями тесно связано понятие «цифровая экономика». Что под ним подразумевается?

- экономика, операции в которой производятся исключительно в онлайн-системах;
- рынок гаджетов и различных цифровых устройств;
- экономика, в которой киберфизические системы являются важнейшим производительным фактором.

7. Что называют цифровым производством?

- моделирование реального процесса производства;
- производство цифровых устройств и гаджетов;
- систему, в которой виртуальная часть производственного комплекса интегрирована с ее материальной частью, образуя высокоэффективную, гибкую, развивающуюся систему производства продуктов и услуг.

8. В производстве большую роль играет напыление. В чем заключается его основная функция?

- изменение внешних характеристик объекта;
- матовости или глянцеваемости поверхности, блеска, яркости цвета;
- защита поверхности от эрозии и прочих повреждений;
- воздействие на физические свойства поверхности;
- плавкость, теплоемкость, цвет.

9. Множественный выбор. Что из перечисленного НЕ является особенностью технологии 3D- печати:

- возможность кастомизировать дизайн;
- увеличение числа отходов;
- возможность оперативно вносить изменения в процессе производства;
- упрощение логистики;
- высокая стоимость производства малых партий.

10. Одиночный выбор.

Какие методы 3Dпечати наиболее широко распространены?

- экструзионные;
- струйные;
- послойные порошковые;
- путем прямого подведения энергии.

11. Множественный выбор. За счет чего происходит отверждение печатного материала в струйной 3D-печати?

- охлаждение;
- нагрев.

- ультрафиолетовая засветка.

12. Одиночный выбор.

Какая особенность HE является общей для струйного экструзионного метода печати?

- послойное построение;

- однородная структура итогового изделия;

- ограниченный выбор материала.

13. Одиночный выбор.

Выберите правильный механизм процесса фотополимеризации?

- полимер застывает ввиду локального охлаждения;

- полимер застывает под воздействием плазмы;

- полимер застывает под воздействием света.

14. Короткий ответ.

Что означает буква «С» в процессе CDLP?

- непрерывный.

15. Множественный выбор.

Какие методы 3Дпечати позволяют печатать металлы?

- FDM;

- MJ;

- BJ;

- SLA;

- SLM;

- SLS.

16. В чем отличие струйной от экструзионной печати?

(При экструзионной печати материал выдавливается из сопла, как паста, в то время как при струйной печати материал осаждается отдельными каплями.)

Таблица 1 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания		Форма контроля
			1 балл	0 баллов	
ПК-2. Способен к исследованию и разработке прогрессивных технологических процессов изготовления машиностроительных литых заготовок любой сложности с использованием CAD/CAM/C	ПК-2.2. Осуществляет разработку новых технологических процессов получения отливок любой сложности с применением цифровых технологий	Знать: – методы анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новой информации при решении исследовательских и практических задач в области аддитивных технологий в металлургии; - методы организации и планирования исследований, включая способы решения задач с использованием	Верно выполнено 60 процентов и более вопросов каждого теста*	Верно выполнено менее 60 процентов вопросов каждого теста	Тестирование по разделам дисциплины

АЕ- систем.		аддитивных технологий.			
		Уметь: -осуществлять поиск, критически анализировать, обобщать и систематизировать научную информацию в области аддитивных технологий в металлургии; -организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований и решать их с использованием аддитивных технологий.	Практические задания выполнены качественно, оформлены в срок и в полном объеме**	Практические задания не выполнены и не оформлены	Контроль выполнения практических заданий ПЗ №№1-3
		Владеть: - профессиональными знаниями для анализа и синтеза информации в области аддитивных технологий; -навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области аддитивных технологий; -навыками анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области аддитивных технологий в металлургии.	Практические задания выполнены качественно, оформлены в срок и в полном объеме**	Практические задания не выполнены и не оформлены	Контроль выполнения практических заданий ПЗ №№4-5

*) за каждый тест назначается по 1 баллу; **) за каждое практическое занятие назначается по 1 баллу.

Таблица 2 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания			Форма контроля
			2 балла	1 балл	0 баллов	
ПК-2. Способен к исследованию и разработке	ПК-2.2. Осуществляет разработку	Знать: – методы анализа и оценки современных научных достижений, а	Представлен развернут	Представлен неполный	Ответ на вопрос отсутствует	Ответ на теоретический вопрос

прогрессивных технологических процессов изготовления машиностроительных литых заготовок любой сложности с использованием CAD/CAM/CAE- систем.	новых технологических процессов получения отливок любой сложности с применением цифровых технологий	также методы генерирования новой информации при решении исследовательских и практических задач в области аддитивных технологий в металлургии; - методы организации и планирования исследований, включая способы решения задач с использованием аддитивных технологий.	ый ответ на вопрос	ответ на вопрос	ует	билета
		Уметь: -осуществлять поиск, критически анализировать, обобщать и систематизировать научную информацию в области аддитивных технологий в металлургии; -организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований и решать их с использованием аддитивных технологий.	Представлен развернутый ответ на вопрос	Представлен не полный ответ на вопрос	Ответ на вопрос отсутствует	Ответ на дополнительные вопросы
		Владеть: - профессиональными знаниями для анализа и синтеза информации в области аддитивных технологий; -навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области аддитивных технологий; -навыками анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области аддитивных технологий в металлургии.	Задание решено верно	Задание решено с ошибками	Задание не решено	Решение задач билета

*) – количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 1; **) – количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 2

Типовые задания для практических занятий

Практическая работа №1. Изготовление прототипов монолитных изделий простых форм.

Задание: Разработать модель простой формы для 3d печати.

Практическая работа №2. Изготовление прототипов изделий с внутренними полостями.

Задание: Разработать модель формы с внутренними полостями для 3d печати.

Для оценки текущего контроля умений и навыков проводятся практические занятия в форме выполнения заданий. При выполнении практического задания преподавателем оценивается качество выполненного задания, срок его выполнения, качество и срок оформления отчета, ответы на вопросы преподавателя.

Вопросы для контрольной работы

1. Описание установки.
2. Принцип работы технологии 3D-печати .
3. Разрешение и скорость печати.
4. Доступные материалы печати .
5. Геометрические ограничения методов печати.
6. Коммерческие и «научные» методы 3D-печат.

Перечень вопросов на экзамен

1. Дайте определение понятия «быстрое прототипирование».
2. Дайте определение понятия «аддитивное производство».
3. Сформулируйте основной принцип технологии «аддитивное производство».
4. Перечислите основные области применения изделий, полученных с использованием технологий аддитивного производства.
5. Перечислите общие этапы процессов аддитивного производства.
6. Укажите особенности подготовки трехмерных моделей для аддитивного производства.
7. Перечислите основные параметры, влияющие на представление трехмерной модели в stl - формате.
8. Укажите общие для всех технологий аддитивного производства характеристики этапов при последующей обработке изделий.
9. Укажите основные отличия технологий аддитивного производства от обработки на станках с ЧПУ.
10. Приведите примеры конструкций, которые могут быть изготовлены с применением различных аддитивных технологий.
11. Перечислите технологии, связанные с технологиями аддитивного производства.
12. Перечислите классификационные признаки аддитивных технологий.
13. Опишите процесс аддитивного производства на основе применения жидких полимерных композиций.
14. Опишите процесс аддитивного производства на основе систем отдельных частиц.
15. Опишите процесс аддитивного производства, на основе применения расплавленного материала.
16. Опишите процесс аддитивного производства на основе применения твердых листовых материалов.

17. Опишите процесс аддитивного производства на основе применения металлов.
18. Перечислите гибридные системы, применяемые в аддитивном производстве.
19. Какова общая последовательность процесса аддитивного производства?
20. Укажите основные этапы аддитивного производства.
21. Настройка оборудования для аддитивного производства.
22. Процесс построения изделия.
23. Постобработка изделия.
24. Различия технологий аддитивного производства (фотополимерные, порошки, расплавленные и твердые листовые материалы).
25. Особенности использования подложек.
26. Влияние плотности энергии на технологические характеристики процесса.
27. Особенности технического обслуживания оборудования для различных технологий аддитивного производства.
28. Особенности подготовки, обслуживания и хранения материалов при различных технологиях аддитивного производства.
29. Удаление опорных элементов.
30. Особенности создания элементов фиксации частей конструкции и ребер жесткости.

Студент допускается к промежуточной аттестации (экзамену), если в результате изучения разделов дисциплины в ходе текущего контроля ответил верно на 60% вопросов тестов и предоставил отчеты по всем практическим работам. Билет для промежуточной аттестации содержит 2 теоретических вопроса и практическое задание, время на подготовку ответов и решение задания - 45 минут. Итоговая оценка по дисциплине формируется по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации (таблица 3).

Таблица 3 – Соответствие набранных баллов и оценки за промежуточную аттестацию (экзамен)

Баллы за текущую успеваемость*	Баллы за промежуточную аттестацию		Оценка
	Суммарное количество**	Баллы за решение задач**	
0 баллов	0...2 баллов	0 баллов	«неудовлетворительно»
13 баллов	3 балла	не менее 1 балла	«удовлетворительно»
13 баллов	4...5 баллов	не менее 2 баллов	«хорошо»
13 баллов	6 баллов	не менее 2 баллов	«отлично»

Форма листа изменений и дополнений, внесенных в ФОС

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)