



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.
Носова»



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

***ТЕХНОЛОГИИ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ
МАШИНОСТРОЕНИИ***

Направление подготовки (специальность)
15.04.02 Технологические машины и оборудование

Направленность (профиль/специализация) программы
Инжиниринг в металлургическом машиностроении

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск
2025 год

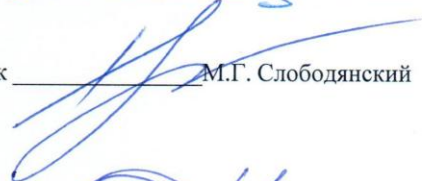
Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование (приказ Минобрнауки России от 14.08.2020 г. № 1026)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования 27.01.2025, протокол № 3

Зав. кафедрой  А.Г. Корчунов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ 04.02.2025 г. протокол № 4

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры ПиЭММиО, канд. техн. наук  М.Г. Слободянский

Рецензент:
Гл. механик ООО НПЦ "Гальва", канд. техн. наук  В.А. Русанов

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Проектирования и эксплуатации

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Г. Корчунов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Проектирования и эксплуатации

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.Г. Корчунов

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью дисциплины «Технологии прототипирования в металлургическом машиностроении» является ознакомление студентов с современными технологиями подготовки прототипов оборудования и выработка практических навыков применения аддитивных технологий в металлургическом машиностроении.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Технологии прототипирования в металлургическом машиностроении входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Цифровые двойники в машиностроении
Проектирование технологического оборудования
Основы физической теории надёжности технических объектов
Основы прогнозирования надёжности элементов механических систем
Основы научной коммуникации
Методология и методы научного исследования
Защита интеллектуальной собственности
Проектные расчёты показателей надёжности деталей машин
Производственная и экологическая безопасность
Реверсивный инжиниринг
Инновационное предпринимательство

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Производственная - преддипломная практика
Производственная - научно-исследовательская практика
Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной

работы

Подготовка и сдача государственного экзамена

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Технологии прототипирования в металлургическом машиностроении» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-3	Способен осуществлять инжиниринговую деятельность в области металлургического машиностроения
ПК-3.1	Разрабатывает предложения по совершенствованию машиностроительного производства
ПК-3.2	Применяет методы реверсивного инжиниринга для разработки конструкторской документации

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц 252 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 69,8 акад. часов;
- аудиторная – 68 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,8 акад. часов;
- самостоятельная работа – 182,2 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 2 акад. час;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. 1. Введение в дисциплину. Основные термины и определения								
1.1 Основные термины и определения	3	4				Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос	ПК-3.1, ПК-3.2
Итого по разделу		4						
2. 2. Аддитивные технологии								
2.1 Виды технологий	3	4			12	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос	ПК-3.1, ПК-3.2
2.2 Классификация аддитивных технологий		4			10	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос	ПК-3.1, ПК-3.2
2.3 Технологии и машины для выращивания металлических изделий		4				Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос	ПК-3.1, ПК-3.2
2.4 Аддитивные технологии и литейное производство		4			30	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос	ПК-3.1, ПК-3.2
2.5 Аддитивные технологии и порошковая металлургия		4			20	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос	ПК-3.1, ПК-3.2
Итого по разделу		20			72			
3. 3. САПР для работы с аддитивными технологиями и разработки прототипов изделий								
3.1 Классификация	3	6			61,9	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос	ПК-3.1, ПК-3.2
3.2 Методика подготовки 3d модели к печати		4		18	8,3	Подготовка к практической работе	Практическая работа	ПК-3.1, ПК-3.2

3.3 Разработка литейной формы для подготовки прототипа методом литья пластиком под давлением	3			16	40	Подготовка к практической работе	Практическая работа	ПК-3.1, ПК-3.2
Итого по разделу		10		34	110,2			
4. Зачет								
4.1 Зачет	3							
Итого по разделу								
Итого за семестр		34		34	182,2		зачёт	
Итого по дисциплине		34		34	182,2		зачет	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Технологии прототипирования в металлургическом машиностроении» используется традиционная технология.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Защита интеллектуальной собственности» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

При проведении практических занятий используются контекстное обучение и эвристическая беседа.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки к практическим занятиям и итоговой аттестации.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

Точилкин, В. В. Проектирование элементов металлургических машин и оборудования : учебное пособие / В. В. Точилкин, О. А. Филатова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3319.pdf&show=dcatalogues/1/1138305/3319.pdf&view=true> (дата обращения: 08.12.2021). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0975-5. -

б) Дополнительная литература:

Савельева, И. А. Инженерная графика. Моделирование изделий и составление конструкторской документации в системе КОМПАС-3D : учебное пособие / И. А. Савельева, В. И. Кадошников, И. Д. Кадошникова ; МГТУ. - Магнитогорск, 2010. - 186 с. : ил., табл., схемы. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=311.pdf&show=dcatalogues/1/1068565/311.pdf&view=true> (дата обращения: 02.06.2021). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог

в) Методические указания:

Савельева, И. А. Инженерная графика. Моделирование изделий и составление конструкторской документации в системе КОМПАС-3D : учебное пособие / И. А. Савельева, В. И. Кадошников, И. Д. Кадошникова ; МГТУ. - Магнитогорск, 2010. - 186 с. : ил., табл., схемы. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=311.pdf&show=dcatalogues/1/1068565/311.pdf&view=true> (дата обращения: 02.06.2021). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
Autodesk Inventor Professional 2011 Master Suite	K-526-11 от 22.11.2011	бессрочно
Autodesk Simulation Multiphysics 2011 Master Suite	K-526-11 от 22.11.2011	бессрочно

АСКОН Компас 3D в.16	Д-261-17 от 16.03.2017	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Информационная система - Нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы, нормативные и методические документы и подготовленные проекты документов по технической защите информации ФСТЭК России	https://fstec.ru/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty-tzi?ysclid=lujknksfy724757053
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/M/P0109/Web
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Аудитории для проведения лекционных занятий:

- ауд. 1-407 (пр-кт Ленина 38);
- ауд. 1-404 (пр-кт Ленина 38).

Аудитории для проведения практических занятий:

- ауд. 1-407а (пр-кт Ленина 38).

Аудитории для самостоятельной работы:

- ауд. 1-407а (пр-кт Ленина 38).

Аудитории для промежуточной аттестации работы:

- ауд. 1-402 (пр-кт Ленина 38);
- ауд. 1-407а (пр-кт Ленина 38);
- ауд. 1-404 (пр-кт Ленина 38).

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: Доска, мультимедийный проектор, экран

Помещения для самостоятельной работы обучающихся. Оснащение:

Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в интернет и с доступом в электронную информационную-образовательную среду университета

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Оснащение: Стеллажи для хранения учебно-наглядных пособий и учебно-методической документации

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающегося**Пример теста к разделу «Аддитивные технологии»**

1. Выберите правильную последовательность подготовки прототипа с использованием 3D печати:
 - a) CAD-модель→ АМ-машина→ деталь;
 - b) CAD-модель→ деталь → АМ-машина;
 - c) АМ-машина→ деталь→ CAD-модель.
2. Что подразумевают «Вычитающие технологии»?
 - a) механообработка – удаление («вычитание») материала из массива заготовки;
 - b) технологии резки – удаление материала газовой резкой;
 - c) сварка – технологии наращивания материала путем расплавления основного.
3. Что такое аддитивные технологии?
 - a) процесс объединения материала с целью создания объекта из данных 3D-модели, как правило, слой за слоем, в отличие от «вычитающих» производственных технологий;
 - b) процесс разделения материала с целью создания объекта из данных 3D-модели, как правило, слой за слоем, в отличие от «вычитающих» производственных технологий;
 - c) процесс наращивания материала с целью создания объекта из данных 3D-модели, как правило, слой за слоем, в отличие от «вычитающих» производственных технологий;
4. Перечислите категории аддитивных технологий согласно классификации ASTM:
 - a) Material Extrusion – «выдавливание материала» или послойное нанесение расплавленного строительного материала через экструдер;
 - b) Material Jetting – «разбрызгивание (строительного) материала» или послойное струйное нанесение строительного материала;
 - c) Binder Jetting – «разбрызгивание связующего» или послойное струйное нанесение связующего материала;
 - d) Sheet Lamination – «соединение листовых материалов» или послойное формирование изделия из листовых строительных материалов;
 - e) Vat Photopolymerization – «фотополимеризация в ванне» или послойное отверждение фотополимерных смол;
 - f) Powder Bed Fusion – «расплавление материала в заранее сформированном слое» или последовательное формирование слоев порошковых строительных материалов и выборочное (селективное) спекание частиц строительного материала;
 - g) Directed energy deposition – «прямой подвод энергии непосредственно в место построения» или послойное формирование изделия методом внесения строительного материала непосредственно в место подвода энергии.
5. Какие из нижеперечисленных технологий относятся к группе АМ?
 - a) SLA, Stereolithography Apparatus – отверждение слоя фотополимера посредством лазерного луча;
 - b) SLS, Selective Laser Sintering – послойное лазерное спекание порошковых материалов, в частности полимеров;

- c) DMF, Direct Metal Fabrication – разновидность SLS-технологии, послойное лазерное спекание металлопорошковых композиций; иногда также называют DMLS, Direct Metal Laser Sintering;
 - d) SLM, Selective Laser Melting – разновидность SLS-технологии, послойное лазерное плавление металлопорошковых композиций;
 - e) DLP, Digital Light Procession – засветка слоя фотополимера с помощью цифрового прожектора;
 - f) Poly-Jet – нанесение слоя фотополимера через многосопловую головку и его отверждение посредством засветки ультрафиолетовой лампой;
 - g) FDM, Fused Deposition Modeling – послойное наложение расплавляемых нитевидных полимеров;
 - h) Ink-Jet – отверждение слоя порошкового материала путем нанесения связующего состава через многосопловую головку (по типу струйного 3D-принтера).
6. Литейные модели могут быть получены («выращены») из следующих материалов:
- a) порошковых полимеров для последующего литья по выжигаемым моделям;
 - b) фотополимерных композиций, в частности, по технологии Quick-Cast для последующего литья по выжигаемым моделям или по технологии MJ (Multi Jet) для литья по выплавляемым моделям.

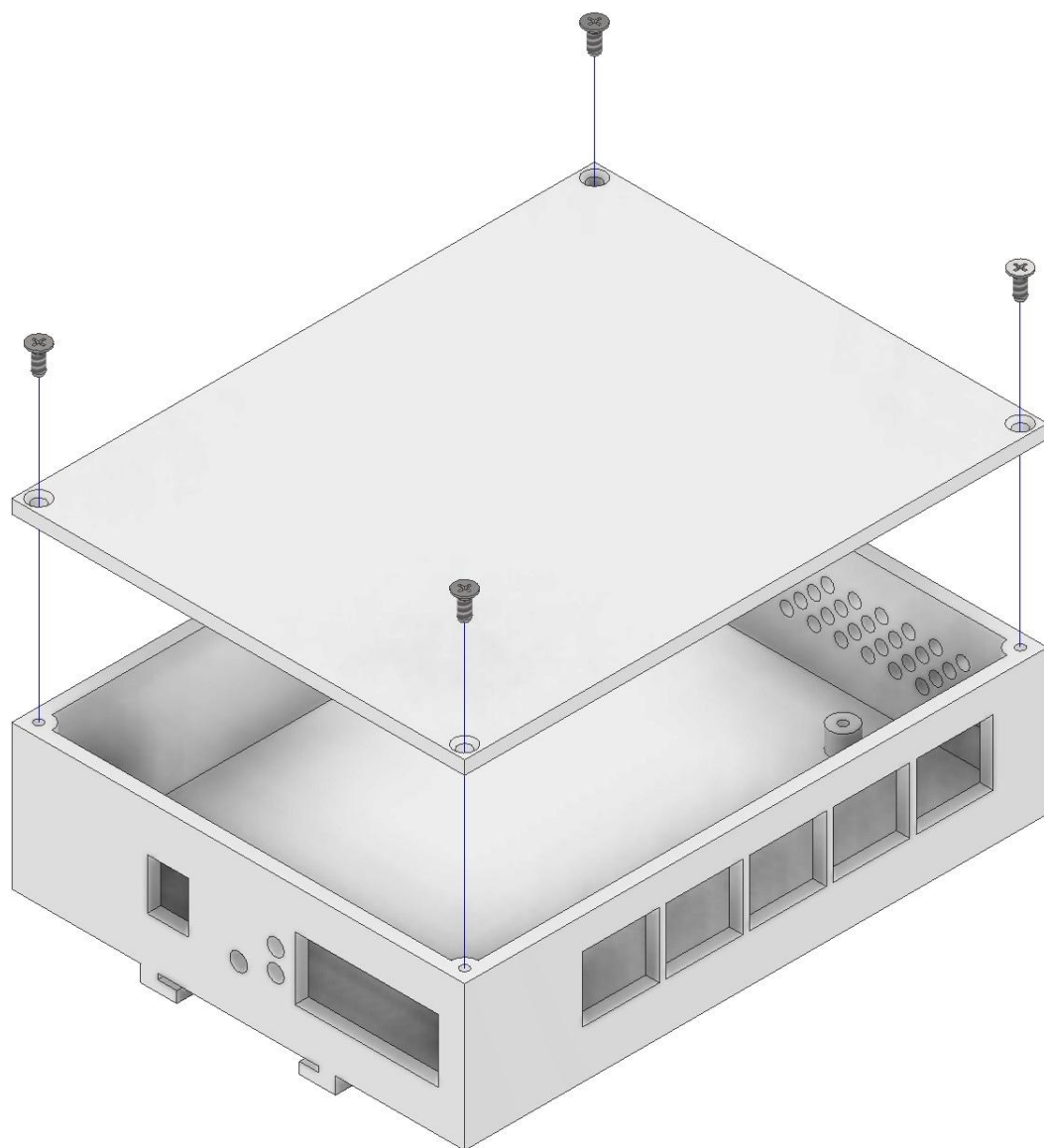
Пример задания для практической работы.

Разработать 3d модель корпуса платы MikroTik RB450 для изготовления её прототипа методом 3D-печати. В конструкции корпуса учесть возможность крепления с использованием DIN-рейки. Подготовить предложение по выбору принтера и режимов печати. Оформить комплект конструкторской документации.

MikroTik RB450



Пример выполнения практического задания



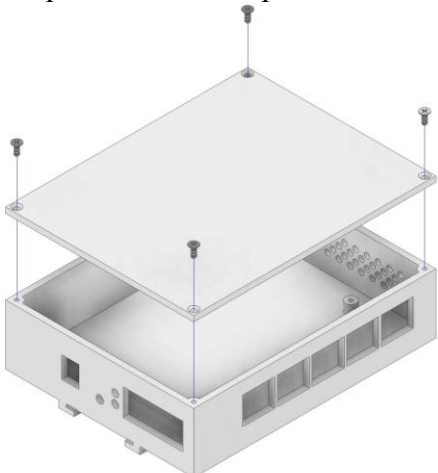
7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-3 Способен осуществлять инжиниринговую деятельность в области металлургического машиностроения		
ПК-3.1	Разрабатывает предложения по совершенствованию машиностроительного производства	<u>Тест на тему аддитивные технологии</u> 7. Выберите правильную последовательность подготовки прототипа с использованием 3D печати: d) CAD-модель→ АМ-машина→ деталь; e) CAD-модель→ деталь → АМ-машина; f) АМ-машина→ деталь→ CAD-модель. 8. Что подразумевают «Вычитающие технологии»? d) механообработка – удаление («вычитание») материала из массива заготовки; e) технологии резки – удаление материала газовой резкой; f) сварка – технологии наращивания материала путем расплавления основного. 9. Что такое аддитивные технологии? d) процесс объединения материала с целью создания объекта из данных 3D-модели, как правило, слой за слоем, в отличие от «вычитающих» производственных технологий; e) процесс разделения материала с целью создания объекта из данных 3D-модели, как правило, слой за слоем, в отличие от «вычитающих» производственных технологий; f) процесс наращивания материала с целью создания объекта из данных 3D-модели, как правило, слой за слоем, в отличие от «вычитающих» производственных технологий; 10. Перечислите категории аддитивных технологий согласно классификации ASTM:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		h) Material Extrusion – «выдавливание материала» или послойное нанесение расплавленного строительного материала через экструдер; i) Material Jetting – «разбрызгивание (строительного) материала» или послойное струйное нанесение строительного материала; j) Binder Jetting – «разбрызгивание связующего» или послойное струйное нанесение связующего материала; k) Sheet Lamination – «соединение листовых материалов» или послойное формование изделия из листовых строительных материалов; l) Vat Photopolymerization – «фотополимеризация в ванне» или послойное отверждение фотополимерных смол; m) Powder Bed Fusion – «расплавление материала в заранее сформированном слое» или последовательное формование слоев порошковых строительных материалов и выборочное (селективное) спекание частиц строительного материала; n) Directed energy deposition – «прямой подвод энергии непосредственно в место построения» или послойное формование изделия методом внесения строительного материала непосредственно в место подвода энергии. 11. Какие из нижеперечисленных технологий относятся к группе AM? i) SLA, Stereolithography Apparatus – отверждение слоя фотополимера посредством лазерного луча; j) SLS, Selective Laser Sintering – послойное лазерное спекание порошковых материалов, в частности полимеров; k) DMF, Direct Metal Fabrication – разновидность SLS-технологии, послойное лазерное спекание металлопорошковых композиций; иногда также называют DMLS, Direct Metal Laser Sintering;

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		l) SLM, Selective Laser Melting – разновидность SLS-технологии, послойное лазерное плавление металлопорошковых композиций; m) DLP, Digital Light Proccession – засветка слоя фотополимера с помощью цифрового прожектора; n) Poly-Jet – нанесение слоя фотополимера через многосопловую головку и его отверждение посредством засветки ультрафиолетовой лампой; o) FDM, Fused Deposition Modeling – послойное наложение расплавляемых нитевидных полимеров; p) Ink-Jet – отверждение слоя порошкового материала путем нанесения связующего состава через многосопловую головку (по типу струйного 3D-принтера). 12. Литейные модели могут быть получены («выращены») из следующих материалов: с) порошковых полимеров для последующего литья по выжигаемым моделям; d) фотополимерных композиций, в частности, по технологии Quick-Cast для последующего литья по выжигаемым моделям или по технологии MJ (Multi Jet) для литья по выплавляемым моделям. <i>Практическое занятие на тему: «Разработать прототип опоры барабанного окомкователя»</i> <i>Практическое занятие на тему «Разработать технологию изготовления прототипа элемента металлургической машины».</i>
ПК-3.2	Применяет методы реверсивного инжиниринга для разработки конструкторской документации	<i>Вопросы для подготовки к зачету</i> 1. Дайте определение термину «Прототип». 2. Из каких материалов могут быть получены литейные модели? 3. Перечислите технологии группы АМ. 4. Что такое аддитивные технологии? 5. Что подразумевают «Вычитающие технологии»? <i>Практическое занятие на тему «Разработать</i>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<i>технология изготовления прототипа элемента металлургической машины».</i> <i>Практическое задание</i> Разработать 3d модель корпуса платы MikroTik RB450 для изготовления её прототипа методом 3D-печати. В конструкции корпуса учесть возможность крепления с использованием DIN-рейки. Подготовить предложение по выбору принтера и режимов печати. Оформить комплект конструкторской документации. MikroTik RB450  Пример выполнения практического задания 

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Технологии прототипирования в металлургическом машиностроении» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме.

Показатели и критерии оценивания зачета:

- на оценку **«зачтено»** - обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

- на оценку **«не зачтено»** - обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.