



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММиМ
А.С. Савинов

05.02.2026 г.



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
2026 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 29.01.2026, протокол № 4

Зав. кафедрой _____ А.Г. Корчунов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ 05.02.2026 г. протокол № 5

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 2027 - 2028 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 2028 - 2029 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 академических часов, в том числе:

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

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических 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. - Сведения доступны также на CD-ROM.

б) Дополнительная литература:

1. Демидов, А. В. Прототипирование деталей машин : учебное пособие / А. В. Демидов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. - 100 с. – ISBN 978-5-9729-2196-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2225984> (дата обращения: 15.03.2026). – Режим доступа: по подписке.
2. Гайсина, С.В. Робототехника, 3D-моделирование, прототипирование: реализация современных направлений в дополнительном образовании : метод. рекомендации для педагогов / С.В. Гайсина, И.В. Князева, Е.Ю. Огановская. - Санкт-Петербург : КАРО, 2017. - 208 с. - (Педагогический взгляд). - ISBN 978-5-9925-1251-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1044087> (дата обращения: 15.03.2026). – Режим доступа: по подписке.

Моделирование и виртуальное прототипирование: Учебное пособие / Косенко И.И., Кузнецова Л.В., Николаев А.В. - Москва :Альфа-М, ИНФРА-М Издательский Дом, 2016. - 176 с. (Технологический сервис) ISBN 978-5-98281-280-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/555214> (дата обращения: 15.03.2026). – Режим доступа: по подписке.

в) Методические указания:

Савельева, И. А. Инженерная и компьютерная графика. Основы оформления машиностроительных чертежей на примере эскизирования с 3D модели детали : учебное пособие [для вузов] / И. А. Савельева, Е. С. Решетникова, Е. А. Свистунова ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2020. - 1 CD-ROM. - ISBN 978-5-9967-2033-0. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.meganrolib.net/MP0109/Download/MObject/2908> (дата обращения: 13.07.2023). -

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	К-526-11 от 22.11.2011	бессрочно
Autodesk Simulation Multiphysics 2011 Master Suite	К-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
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/M/P0109/Web
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
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

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.

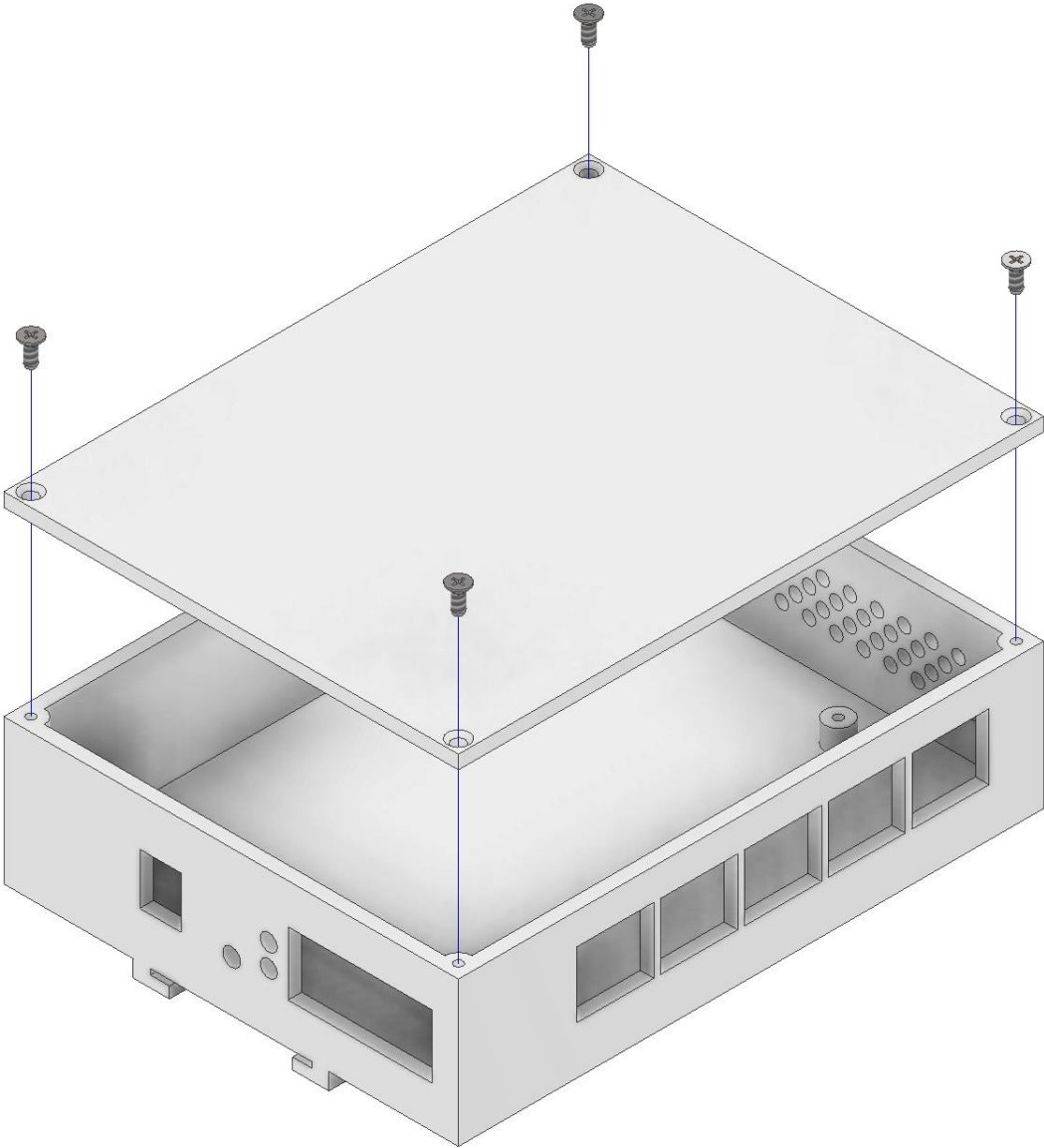
Пример задания для практической работы.

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
ОПК-6 Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий;		
ОПК-6.1	Решает стандартные задачи профессиональной деятельности на	<p><u>Тест на тему аддитивные технологии</u></p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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;</p> <p>10. Перечислите категории аддитивных технологий согласно классификации</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>ASTM:</p> <ul style="list-style-type: none"> 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. <p>11. Какие из нижеперечисленных технологий относятся к группе AM?</p> <ul style="list-style-type: none"> 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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Metal Laser Sintering;</p> <p>l) SLM, Selective Laser Melting – разновидность SLS-технологии, послойное лазерное плавление металлопорошковых композиций;</p> <p>m) DLP, Digital Light Procession – засветка слоя фотополимера с помощью цифрового прожектора;</p> <p>n) Poly-Jet – нанесение слоя фотополимера через многосопловую головку и его отверждение посредством засветки ультрафиолетовой лампой;</p> <p>o) FDM, Fused Deposition Modeling – послойное наложение расплавляемых нитевидных полимеров;</p> <p>p) Ink-Jet – отверждение слоя порошкового материала путем нанесения связующего состава через многосопловую головку (по типу струйного 3D-принтера).</p> <p>12. Литейные модели могут быть получены («выращены») из следующих материалов:</p> <p>с) порошковых полимеров для последующего литья по выжигаемым моделям;</p> <p>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.</p> <p><i>Практическое занятие на тему: «Разработать прототип опоры барабанного окомкователя»</i></p> <p><i>Практическое занятие на тему «Разработать технологию изготовления прототипа элемента металлургической машины».</i></p> <p><i>Вопросы для подготовки к экзамену</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 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»?

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p><i>Практическое занятие на тему «Разработать технологию изготовления прототипа элемента металлургической машины».</i></p> <p><i>Практическое задание</i></p> <p>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.</p> <p>MikroTik RB450</p>  <p>Пример выполнения практического задания</p> 

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.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным

билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – 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 **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.