



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



20.02.2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

НАНОТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Направление подготовки (специальность)
15.04.05 КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Направленность (профиль/специализация) программы
Технология размерной формообразующей обработки

Уровень высшего образования - магистратура
Программа подготовки - академический магистратура

Форма обучения
очная

| | |
|---------------------|--|
| Институт/ факультет | Институт металлургии, машиностроения и материалобработки |
| Кафедра | Машины и технологии обработки давлением и машиностроения |
| Курс | 2 |
| Семестр | 3 |

Магнитогорск
2020 год

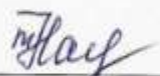
Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки
15.04.05 КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ (уровень магистратуры) (приказ
Минобрнауки России от 21.11.2014 г. № 1485)


Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Машины и
технологии обработки давлением и машиностроения
18.02.2020, протокол № 6

Зав. кафедрой  С.И. Платов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ
20.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры МиТОДиМ, канд. техн. наук  М.В. Налимова

Рецензент:
профессор кафедры Механики, д-р техн. наук  О.С. Железков

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.И. Платов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.И. Платов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.И. Платов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.И. Платов

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Нанотехнологии в машиностроении» являются: формирование знаний о реализации и развитии нанотехнологий в машиностроении, о сущности процессов, реализуемых в нанотехнологиях, о связях нанотехнологий с традиционными технологиями изготовления машиностроительных изделий.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Нанотехнологии в машиностроении входит в базовую часть учебного плана образовательной программы.

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

Философские проблемы науки и техники

Математическое моделирование в машиностроении

Современные проблемы науки в области технологии машиностроения

История и методология науки и производства

Инновационные технологии в машиностроении

Современные методы проектирования процессов механической обработки

Средства измерений и методы обработки результатов исследований процессов механической обработки

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

Инновационные процессы в научных исследованиях

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

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

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения |
|---------------------------------|---|
| | ПК-1 способностью формулировать цели проекта (программы), задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, строить структуру их взаимосвязей, разрабатывать технические задания на создание новых эффективных технологий изготовления машиностроительных изделий, производств различного служебного назначения, средства и системы их инструментального, метрологического, диагностического и управленческого обеспечения, на модернизацию и автоматизацию действующих в машиностроении производственных и технологических процессов и производств, средства и системы, необходимые для реализации модернизации и автоматизации, определять приоритеты решений задач |
| Знать | - основные понятия и определения нанотехнологий; - свойства наноматериалов и методы их получения; - физические процессы, протекающие при наномеханической обработке поверхностей; - методы контроля в нанотехнологиях. |

| | |
|--|--|
| Уметь | -назначать режимы обработки при использовании нанорезания в технологических процессах изготовления машиностроительных изделий; - применять нанотехнологии при формообразовании изделий и формировании требуемой микротопографии обработанной поверхности. |
| Владеть | информацией о типовых процессах производства промышленных зеркал и ракетно-космической техники, а также наносборки. |
| ОПК-2 способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы | |
| Знать | современные методы исследования процессов в нанотехнологиях. |
| Уметь | применять основные положения общетехнических наук к анализу основополагающих процессов нанотехнологий |
| Владеть | навыками анализа процессов в нанотехнологиях. |

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 18,1 акад. часов;
- аудиторная – 18 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,1 акад. часов
- самостоятельная работа – 53,9 акад. часов;

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. Тема 1. Основы нанотехнологий | | | | | | | | |
| 1.1 Основные определения и задачи нанотехнологий. Законы, действующие на молекулярном уровне. Инструменты. Наноструктуры. | 3 | | | 2 | 4 | Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации | Конспект, доклад, презентация | ПК-1, ОПК-2 |
| Итого по разделу | | | | 2 | 4 | | | |
| 2. Тема 2. Наноматериалы. | | | | | | | | |
| 2.1 Свойства наноматериалов и методы их получения. Наноструктурные покрытия. | 3 | | | 2/ИИ | 5 | Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации | Конспект, доклад, презентация | ПК-1, ОПК-2 |
| Итого по разделу | | | | 2/ИИ | 5 | | | |
| 3. Тема 3. Технология nanoобработки деталей машин. | | | | | | | | |
| 3.1 Формирование поверхностного слоя деталей машин наномеханической обработкой. | 3 | | | 2 | 4 | Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации | Конспект, доклад, презентация | ПК-1, ОПК-2 |
| 3.2 Технологическая наследственность в нанотехнологии деталей машин. Об-работка давлением с использованием сферодинамического формообразования деталей. | | | | 2/ИИ | 8 | Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации | Конспект, доклад, презентация | ПК-1, ОПК-2 |

| | | | | | | | |
|---|---|--|------|-------|---|-------------------------------|-------------|
| 3.3 Алмазное наноточение. | | | 2/1И | 4 | Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации | Конспект, доклад, презентация | ПК-1, ОПК-2 |
| 3.4 Наноабразивное шлифование и полирование. | | | 2 | 4 | Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации | Конспект, доклад, презентация | ПК-1, ОПК-2 |
| 3.5 Контроль в нанотехнологии. | | | 2/1И | 8 | Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации | Конспект, доклад, презентация | ПК-1, ОПК-2 |
| 3.6 Типовые процессы нанотехнологии | | | 2/1И | 8 | Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации | Конспект, доклад, презентация | ПК-1, ОПК-2 |
| Итого по разделу | | | | 12/4И | 36 | | |
| 4. Тема 4. Технология наносборки. Перспективы развития нанотехнологий | | | | | | | |
| 4.1 Технология наносборки. Перспективы развития нанотехнологий | 3 | | 2/1И | 8,9 | Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации | Конспект, доклад, презентация | ПК-1, ОПК-2 |
| Итого по разделу | | | | 2/1И | 8,9 | | |
| Итого за семестр | | | | 18/6И | 53,9 | зачёт | |
| Итого по дисциплине | | | | 18/6И | 53,9 | зачет | |

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании данной дисциплины используются:

1. Традиционные образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Семинар – беседа преподавателя и студентов, обсуждение заранее подготовленных сообщений по каждому вопросу плана занятия с единым для всех перечнем рекомендуемой обязательной и дополнительной литературы.

2. Интерактивные технологии – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе лично значимого для них образовательного результата. Наряду со специализированными технологиями такого рода принцип интерактивности прослеживается в большинстве современных образовательных технологий. Интерактивность подразумевает субъект-субъектные отношения в ходе образовательного процесса и, как следствие, формирование саморазвивающейся информационно-ресурсной среды.

Формы учебных занятий с использованием специализированных интерактивных технологий:

Практическое занятие в форме практикума – организация учебной работы, направленной на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

Семинар-дискуссия – коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе (межгрупповой диалог, дискуссия как спор-диалог).

3. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий:

Практическое занятие в форме презентации – представление результатов проектной или исследовательской деятельности с использованием специализированных программных сред.

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 (модуля)

а) Основная литература:

1. Волков, Г. М. Нанотехнология в машиностроении [Электронный ресурс]: учебник / Г.М. Волков. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 307 с. — (Высшее образование: Магистратура). — DOI 10.12737/textbook_5cee6a340faa65.16403052. - ISBN 978-5-16-106920-2. <https://new.znaniyum.com/catalog/document?id=357581> . – Загл. с экрана

2. Научные основы нанотехнологий и новые приборы [Электронный ресурс]:

учебник-монография / Под ред. Келсалл Р. - Долгопрудный:Интеллект, 2011. - 528 с.ISBN 978-5-91559-048-8. - <https://new.znanium.com/catalog/document?id=55731> . – Загл. с экрана.

б) Дополнительная литература:

1. Основы нанотехнологии [Электронный ресурс]: учебник / Кузнецов Н.Т., Новоторцев В.М., Жабрев В.А., - 2-е изд., (эл.) - Москва :БИНОМ. Лаб. знаний, 2017. - 400 с.: ISBN 978-5-00101-476-8. - <https://new.znanium.com/catalog/document?id=147686> . – Загл. с экрана

2. Афонский, А. А. Электронные измерения в нанотехнологиях и микроэлектронике [Электронный ресурс] / А. А. Афонский; В. П. Дьяконов; под ред. проф. В. П. Дьяконова. - Москва: ДМК Пресс, 2011. - 688 с. - ISBN 978-5-94074-626-3. - <https://new.znanium.com/catalog/document?id=36228> . – Загл. с экрана.

3. Наноматериалы и нанотехнологии : учебник для вузов / Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова, О. Ю. Ганзуленко ; под редакцией Е. И. Пряхина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-5373-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149303>

4. Ковшов, А. Н. Основы нанотехнологии в технике : учебное пособие / А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров, И. М. Ибрагимов. - 2-е изд., стер. - Москва : Академия, 2011. - 238 с. : ил., табл. - (Высшее проф. образование : Машиностроение). - Текст : непосредственный.- Кол-во экз. – 20.

5. Нанотехнологии в машиностроении : учебное пособие для вузов / [Ю. Н. Полянчиков, А. Г. Схиртладзе, А. Н. Воронцова и др.]. - Старый Оскол : ТНТ, 2017. - 91 с. : ил., схемы, табл., граф., диагр. - Доп. УМО вузов. - ISBN 978-5-94178-318-2. - Текст : непосредственный. Кол-во экз. – 10.

в) Методические указания:

Налимова М.В. Методические указания к практическим работам по дисциплине «Нанотехнологии в машиностроении» для обучающихся по направлению 151900.68 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» - Магнитогорск, ФГБОУ «МГТУ», 2015. – 14 с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

| Наименование ПО | № договора | Срок действия лицензии |
|--|------------------------------|------------------------|
| MS Windows 7 Professional(для классов) | Д-1227-18 от 08.10.2018 | 11.10.2021 |
| MS Office 2007 Professional | № 135 от 17.09.2007 | бессрочно |
| Far Manager | свободно распространяемое ПО | бессрочно |
| 7Zip | свободно распространяемое ПО | бессрочно |

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса | Ссылка |
|--|--|
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) | URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp |
| Поисковая система Академия Google (Google Scholar) | URL: https://scholar.google.ru/ |

| | |
|---|--|
| Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам | URL: http://window.edu.ru/ |
|---|--|

| | |
|--|--|
| Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности» | URL: http://www1.fips.ru/ |
|--|--|

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: Доска, мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Методические материалы.

Комплекс тестовых заданий для проведения промежуточного и рубежного контроля.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся:

Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения учебно-методической документации:

Шкафы для хранения учебно-методической документации.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

| Раздел/ тема дисциплины | Вид самостоятельной работы | Кол-во часов | Формы контроля |
|---|---|--------------|--------------------------------|
| Тема 1. Основы нанотехнологий Основные определения и задачи нанотехнологий. Законы, действующие на молекулярном уровне. Инструменты. Наноструктуры. | Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации | 4 | Конспект, доклад, презентация |
| Тема 2. Наноматериалы. Свойства наноматериалов и методы их получения. Наноструктурные покрытия. | Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации | 5 | Конспект, доклад, презентация. |
| Тема 3. Технология nanoобработки деталей машин. 3.1 Формирование поверхностного слоя деталей машин наномеханической обработкой. | Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации | 4 | Конспект, доклад, презентация |
| 3.2 Технологическая наследственность в нанотехнологии деталей машин. Обработка давлением с использованием сферодинамического формообразования деталей. | Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации | 8 | Конспект, доклад, презентация |
| 3.3 Алмазное наноточение. | Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации | 4 | Конспект, доклад, презентация |
| 3.4 Наноабразивное шлифование и полирование. | Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации | 4 | Конспект, доклад, презентация |
| 3.5 Контроль в нанотехнологии. | Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации | 8 | Конспект, доклад, презентация |
| 3.6 Типовые процессы нанотехнологии. | Изучение литературы, подготовка конспекта, доклада, презентации | 8 | Конспект, доклад, презентация |
| Тема 4. Технология наносборки. Перспективы развития нанотехнологий | Изучение литературы, подготовка | 8,9 | Конспект, доклад, презентация |

| Раздел/ тема дисциплины | Вид самостоятельной работы | Кол-во часов | Формы контроля |
|----------------------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------------|
| | конспекта, доклада, презентации | | |
| Итого по дисциплине | | 53,9 | Промежуточный контроль (зачет) |

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 |
|--|---|---|
| Код и содержание компетенции ОПК-2- обладать способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы | | |
| Знать | - современные методы исследования процессов в нанотехнологиях. | <p>Перечень теоретических вопросов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Задачи, решаемые в нанотехнологиях. 2. Законы, действующие на молекулярном уровне. 3. Методы получения наноматериалов. 4. Формирование поверхностного слоя деталей машин наномеханической обработкой (наноконтактирование, первичное формообразование, особенности управления параметрами поверхностного слоя при наноразмерной обработке). 5. Технологическая наследственность в нанотехнологии деталей машин. 6. Алмазное наноточение (сущность процесса, оборудование и оснастка). 7. Наноабразивное шлифование и полирование (сущность процессов, оборудование и оснастка). 8. Контроль в нанотехнологии. 9. Типовые процессы нанотехнологии. 10. Технология наносборки. 11. Перспективы развития нанотехнологий. |
| Уметь | - применять основные положения общетехнических наук к анализу основополагающих процессов нанотехнологий | <p>Подготовить рефераты по следующим темам:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Законы, действующие в нанотехнологиях. 2. Виды и свойства наноструктурных материалов. 3. Методы получения наноматериалов. 4. Формирование поверхностного слоя деталей машин при наномеханической обработке. 5. Наноструктурные износостойкие покрытия и методы их получения. |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства |
|---|---|--|
| | | |
| Владеть | -навыками анализа процессов в нанотехнологиях. | Задание. Провести анализ следующих процессов (операции, оборудование, инструменты, згаготовки): 1. Наноточение. 2. Наношлифование. |
| Код и содержание компетенции: ПК-1 способность формулировать цели проекта (программы), задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, строить структуру их взаимосвязей, разрабатывать технические задания на создание новых эффективных технологий изготовления машиностроительных изделий, производств различного служебного назначения, средства и системы их инструментального, метрологического, диагностического и управленческого обеспечения, на модернизацию и автоматизацию действующих в машиностроении производственных и технологических процессов и производств, средства и системы, необходимые для реализации модернизации и автоматизации, определять приоритеты решений задач | | |
| Знать: | <ul style="list-style-type: none"> - основные понятия и определения нанотехнологий; - свойства наноматериалов и методы их получения; - физические процессы, протекающие при наномеханической обработке поверхностей; - методы контроля в нанотехнологиях. | <p>Перечень теоретических вопросов для подготовки к зачету:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные понятия и определения в нанотехнологиях. 2. Задачи, решаемые в нанотехнологиях. 3. Законы, действующие на молекулярном уровне. 4. Туннельный эффект. 5. Нанотрубки. 6. Свойства наноматериалов. 7. Методы получения наноматериалов. 8. Наноструктурные износостойкие антифрикционные покрытия. 9. Формирование поверхностного слоя деталей машин наномеханической обработкой (наноконтактирование, первичное формообразование, особенности управления параметрами поверхностного слоя при наноразмерной обработке). 10. Технологическая наследственность в нанотехнологии деталей машин. 11. Обработка давлением с использованием эффекта сферодинамического формообразования деталей. 12. Алмазное наноточение (сущность процесса, оборудование и оснастка). 13. Наноабразивное шлифование и полирование ((сущность процессов, оборудование и оснастка). 14. Контроль в нанотехнологии. 15. Типовые процессы нанотехнологии. |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства |
|---------------------------------|---|---|
| | | 16. Технология наносборки. 17. Перспективы развития нанотехнологий. |
| Уметь | <p>-назначать режимы обработки при использовании нанорезания в технологических процессах изготовления машиностроительных изделий;</p> <p>- применять нанотехнологии при формообразовании изделий и формировании требуемой микротопографии обработанной поверхности.</p> | <p>Примеры заданий:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Назначить режимы обработки при наноточении указанной детали. 2. Назначить режимы обработки при nanoшлифовании указанной детали. 3. Выбрать вид nanoобработки при формообразовании указанной детали и требуемой шероховатости обработанной поверхности. |
| Владеть: | <p>информацией о типовых процессах производства промышленных зеркал и ракетно-космической техники, а также наносборки.</p> | <p>Примерные темы докладов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Область применения, материалы и технические требования к промышленным зеркалам. 2. Создание топографических карт и технологических программ обработки поверхностей промышленных зеркал. 3. Характеристика станков для производства промышленных зеркал. 4. Виды обработки промышленных зеркал. 5. Требования, предъявляемые к современной ракетно-космической технике. 6. Применение нанотехнологий при производстве систем и приборов ракетно-космической техники. 7. Особенность наносборки по сравнению с традиционными методами. 8. Функции технологической машины класса атомно-молекулярных сборщиков. 9. Применение молекулярных роботов в наносборке. |

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Нанотехнологии в машиностроении» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, умений и владений, и проводится в форме опроса с учетом выполнения заданий по практическим работам.

Перечень теоретических вопросов для подготовки к зачету:

1. Основные понятия и определения в нанотехнологиях.
2. Задачи, решаемые в нанотехнологиях.
3. Законы, действующие на молекулярном уровне.
4. Туннельный эффект.
5. Нанотрубки.
6. Свойства наноматериалов.
7. Методы получения наноматериалов.
8. Наноструктурные износостойкие антифрикционные покрытия.
9. Формирование поверхностного слоя деталей машин наномеханической обработкой (наноконтактирование, первичное формообразование, особенности управления параметрами поверхностного слоя при наноразмерной обработке).
10. Технологическая наследственность в нанотехнологии деталей машин.
11. Обработка давлением с использованием эффекта сферодинамического формообразования деталей.
12. Алмазное наноточение (сущность процесса, оборудование и оснастка).
13. Наноабразивное шлифование и полирование ((сущность процессов, оборудование и оснастка).
14. Контроль в нанотехнологии.
15. Типовые процессы нанотехнологии.
16. Технология наносборки.
17. Перспективы развития нанотехнологий.

Показатели и критерии оценивания:

– на оценку «зачтено» – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно отвечает по теме реферата.

– на оценку «не зачтено» – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать знание учебного материала и отвечать по теме реферата.