

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе  
УО ГГТУ им. П.О.Сухого

\_\_\_\_\_ А.А.Бойко

(подпись)

\_\_\_\_\_ 04.07. 2019 г.

(дата утверждения)

Регистрационный № УД-<sub>маг</sub> 154 /уч.

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ**

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности  
1-36 80 02 «Инновационные технологии в машиностроении»

2019

Учебная программа составлена на основе:

Образовательного стандарта ОСВО 1-36 80 02 – 2019 специальности 1-36 80 02 «Инновационные технологии в машиностроении», учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-36 80 02 «Инновационные технологии в машиностроении» № I 36-2-02/уч. 03.04.2019 и № I 36-2-10/уч. 03.04.2019.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Г.В. Петришин, декан машиностроительного факультета, доцент кафедры «Технология машиностроения» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент.

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

В.А. Пирковский, начальник технологического управления ОАО «Гомсельмаш».

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Технология машиностроения» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 2 от 24.09.2019 );

Научно-методическим советом машиностроительного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 2 от 07.10.2019 );

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 2 от 03.12.2019 ).

Регистрационный номер МСФ: № УД-ТМ-358/ уч.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа нового поколения по курсу «Современные методы исследования материалов» предназначена для преподавателей в качестве руководства в работе с магистрантами специальности 1-36 80 02 «Инновационные технологии в машиностроении».

Программа составлена в соответствии с «Порядком разработки и утверждения учебных программ и программ практики для реализации содержания образовательных программ высшего образования», образовательным стандартом и учебными планами специальности.

### **1. Цели и задачи учебной дисциплины**

Объектом изучения дисциплины «Современные методы исследования материалов» являются современные технологии и оборудование для исследования структуры и свойств материалов.

**Целью дисциплины** является освоение магистрантами современных представлений о физических методах исследования структуры и свойств материалов, развитие практических навыков работы на экспериментальном оборудовании, анализа полученных результатов на основе современных информационных технологий.

**Задачами дисциплины** является формирование у студентов знаний и навыков:

- самостоятельной научно-исследовательской в области исследования свойств новых материалов.
- работы на исследовательском оборудовании;
- анализа полученных результатов на основе современных информационных технологий.

### **Место учебной дисциплины**

Дисциплина «Современные методы исследования материалов» является важнейшей в цикле предметов, направленных на изучение физических методов исследования структуры и свойств материалов.

### **2. Требования к компетенциям магистра**

Магистр, освоивший содержание образовательной программы дисциплины «Современные методы исследования материалов» магистратуры по специальности 1-36 80 02 «Инновационные технологии в машиностроении», должен обладать универсальными, углубленными профессиональными и специализированными компетенциями.

В результате изучения материалов программы магистр должен *знать*:

- устройство и принцип работы сканирующего электронного микроскопа;
- особенности функционирования различных узлов электронного микроскопа;
- устройство и принцип работы рентгеноспектрального анализатора;

- особенности функционирования различных узлов рентгеноспектрального анализатора;

*уметь:*

- получать и анализировать экспериментальные данные с помощью сканирующего электронного микроскопа;

- получать и анализировать экспериментальные данные с помощью рентгеноспектрального анализатора;

- выполнять металлографические исследования на оптическом микроскопе;

- выполнять теоретические и экспериментальные исследования, связанные с анализом структуры и механических свойств материалов.

*владеть:*

- основными методами исследования структуры материалов;

- основными методами исследования физико-механических свойств материалов;

- навыками обработки результатов проведенных исследований.

### **2.1 Требования к специализированным компетенциям**

Магистр должен обладать следующими специализированными компетенциями:

СК-3. Знать основные методы и оборудование для исследования материалов

### **2.2 Требования к профессиональным компетенциям магистра**

Магистр должен обладать следующими универсальными компетенциями:

Быть способным применять методы научного познания (анализ, сопоставление, систематизация, абстрагирование, моделирование, проверка достоверности данных, принятие решений и др.) в самостоятельной исследовательской деятельности, генерировать и реализовывать инновационные идеи.

Владеть углубленными фундаментальными и прикладными знаниями и умениями в области инновационных технологий машиностроения.

Быть способным анализировать, верифицировать, оценивать полноту информации в ходе профессиональной деятельности, при необходимости восполнять и синтезировать недостающую информацию, работать в условиях неопределенности.

Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Современные методы исследования материалов в машиностроении» магистратуры для специальности 1-36 80 02 «Инновационные технологии в машиностроении» составляет для всех форм получения образования – 90 часов.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

<b>Вид занятий, курс, семестр</b>	<b>Дневная форма</b>	<b>Заочная форма</b>
Курс	1	1,2
Семестр	2	2,3
Лекции (часов)	32	8
Лабораторные занятия (часов)	16	6
Всего аудиторных (часов)	48	14
<b>Форма текущей аттестации по учебной дисциплине</b>		
Экзамен (семестр)	2	3

Форма получения высшего образования: дневная и заочная.

Трудоемкость учебной дисциплины, выраженная в зачетных единицах, составляет 3 зачетных единицы.

**Тема 1. Взаимодействие электронного пучка с веществом.**

1.1. Взаимодействие электронов высокой энергии с веществом. Рассеяние электронов. Область воздействия электронов в зависимости от химического состава вещества, от энергии и угла наклона пучка электронов. Длина пробега электронов. Упругое рассеяние электронов в зависимости от химического состава вещества, от энергии и угла наклона пучка электронов. Угловое распределение, распределение по энергиям, пространственное распределение, глубина выхода упруго рассеянных электронов. Неупругое рассеяние электронов.

1.2. Типы вторичных электронов. Особенности вторичных электронов, обусловленные параметрами падающего пучка и состоянием образца. Рентгеновское излучение. Непрерывное рентгеновское излучение. Характеристическое рентгеновское излучение. Оже-электроны. Католюминесценция.

**Тема 2. Устройство сканирующего электронного микроскопа.**

Колонна электронного микроскопа. Вакуумная система. Типы электронных пушек. Термоэлектронная эмиссия. Автоэлектронная эмиссия. Электромагнитные конденсорная и объективная линзы. Хроматические аберрации. Сферические аберрации. Астигматизм. Стигматоры. Апертуры. Генераторы развертки. Детекторы излучений. Приставки для сканирующего электронного микроскопа.

**Тема 3. Формирование изображения в сканирующем электронном микроскопе.**

3.1. Сканирование электронным лучом. Сканирование вдоль линии. Механизмы и природа формирования контраста. Глубина фокуса.

3.2. Искажения изображений. Влияние ускоряющего напряжения. Влияние размера апертуры. Влияние рабочего расстояния. Влияние наклона образца. Детекторы сигналов, их характеристики и влияние на формирование контрастов. Угол детектора по отношению к поверхности объекта. Телесный угол детектора. Эффективность преобразования детектора.

3.3. Наблюдение и сохранение изображений. Интерпретация изображений.

**Тема 4. Разновидности сканирующей электронной микроскопии.**

4.1. Традиционная сканирующая электронная микроскопия. Низковакуумная сканирующая электронная микроскопия. Режим естественной среды. Католюминесценция. Режим наведённого тока. Оже-электронная спектроскопия.

4.2. Сканирующая просвечивающая электронная микроскопия.

**Тема 5. Рентгеновский микроанализ.**

Генерация рентгеновского излучения. Спектрометрия с энергетической дисперсией. Устройство рентгеновского спектрометра с энергетической дисперсией. Спектрометрия с волновой дисперсией. Устройство рентгеновского спектрометра с волновой дисперсией.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(Дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1</b>	<b>Взаимодействие электронного пучка с веществом</b>	<b>4</b>						<b>3</b>
1.1	Взаимодействие электронов высокой энергии с веществом	2						3
1.2	Типы вторичных электронов	2						3
<b>2</b>	<b>Устройство сканирующего электронного микроскопа.</b>	<b>4</b>		<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>3, защита л.р.</b>
<b>3</b>	<b>Формирование изображения в сканирующем электронном микроскопе.</b>	<b>10</b>			<b>6</b>			<b>3, защита л.р.</b>
3.1	Сканирование электронным лучом	2			2			3, защита л.р.
3.2	Искажения изображений	6			2			3, защита л.р.
3.3	Наблюдение и сохранение изображений. Интерпретация изображений.	2			2			3, защита л.р.
<b>4</b>	<b>Разновидности сканирующей электронной микроскопии</b>	<b>10</b>			<b>4</b>			<b>3, защита л.р.</b>
4.1	Традиционная сканирующая электронная	6			4			3, защита л.р.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	микроскопия.							
4.2	Сканирующая просвечивающая электронная микроскопия	4						3
5	<b>Рентгеновский микроранализ</b>	6			4			<b>3, защита л.р.</b>
<b>Итого (часов) по дисциплине:</b>		<b>32</b>		-	<b>16</b>	-	-	<b>зачет</b>



**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(Заочная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1</b>	<b>Взаимодействие электронного пучка с веществом</b>	2						3
1.1	Взаимодействие электронов высокой энергии с веществом	1						3
1.2	Типы вторичных электронов	1						3
<b>2</b>	<b>Устройство сканирующего электронного микроскопа.</b>	2		-	2	-	-	<b>3, защита л.р.</b>
<b>3</b>	<b>Формирование изображения в сканирующем электронном микроскопе.</b>	2			2			<b>3, защита л.р.</b>
3.1	Сканирование электронным лучом	0,5			2			3, защита л.р.
3.2	Искажения изображений	1						3
3.3	Наблюдение и сохранение изображений. Интерпретация изображений.	0,5						3
<b>4</b>	<b>Разновидности сканирующей электронной микроскопии</b>	1		-		-	-	<b>3</b>
4.1	Традиционная сканирующая электронная	0,5						3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	микроскопия.							
4.2	Сканирующая просвечивающая электронная микроскопия	0,5						3
5	<b>Рентгеновский микроранализ.</b>	1			2			<b>3, защита л.р.</b>
<b>Итого (часов) по дисциплине:</b>		<b>8</b>			<b>6</b>			<b>зачет</b>

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## Основная литература

1. Физико-химические методы исследования материалов: учебно-методическое пособие : В.В. Виноградов, А.В. Виноградов, М.И. Морозов и др.; Университет ИТМО. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019. – 74 с. : ил., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=566779>. – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.
2. Григорьев, А.Я. Физика и микрогеометрия технических поверхностей / А.Я. Григорьев ; Национальная академия наук Беларуси, Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого. – Минск : Беларуская навука, 2016. – 249 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=443834>. – Библиогр.: с. 233-244. – ISBN 978-985-08-1999-4. – Текст : электронный.
3. Инженерия поверхностей конструкционных материалов с использованием плазменных и пучковых технологий / А.В. Белый, А.С. Калиниченко, О.Г. Девойно, В.А. Кукареко ; Национальная академия наук Беларуси, Физико-технический институт, Объединенный институт машиностроения, Белорусский национальный технический университет. – Минск : Беларуская навука, 2017. – 459 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483994>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-985-08-2140-9. – Текст : электронный.
4. Фомин, Д.В. Экспериментальные методы физики твердого тела : учебное пособие / Д.В. Фомин. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. – 186 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259074>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-2829-4. – DOI 10.23681/259074. – Текст : электронный.
5. А.А.Русаков. Рентгенография металлов. М. Атомиздат, 1977. 479с.
6. С.С.Горелик и др. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. М., МИСИС, 1994. 328с.
7. Практическая растровая электронная микроскопия. Под ред. Дж. Гоулдстейна и Х.Яковица.- М.: Мир, 1978.- 656 с.
8. Гоулдстейн Дж. и др. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ. М.: Мир, 1984, книги 1,2.
9. Микроанализ и растровая электронная микроскопия. Под ред. Ф.Морис, Л.Мени, Р.Тискье.- М.: Металлургия, 1985.- 392 с.
10. Криштал М.М., Ясников И.С. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ. - М.: Техносфера, 2009. - 208 с.
11. Л.М.Утевский. Дифракционная электронная микроскопия в металловедении. М.Металлургия. 1973. 584с.
12. П.Хирш и др. Электронная микроскопия тонких кристаллов. М.Мир. 1968.- 584с.

10. Н.Ф.Лосев. Количественный рентгеноспектральный флуоресцентный анализ. М.Наука. 1969. 244с.

#### Дополнительная учебная и научная литература

1. Л.М.Утевский. Дифракционная электронная микроскопия в металловедении. М.Металлургия. 1973. 584с.
2. П.Хирш и др. Электронная микроскопия тонких кристаллов. М.Мир. 1968ю 584с.
3. Н.Ф.Лосев. Количественный рентгеноспектральный флуоресцентный анализ. М.Наука. 1969. 244с.
4. С. Рид. Электронно-зондовый микроанализ. Мир. Москва. 1979 г. 423 с.

#### Учебно-методические комплексы и электронные курсы

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов : электронный учебно-методический комплекс дисциплины для студ. спец. 1-36 12 01 "Проектирование и производство сельскохозяйственной техники" / И. А. Панкратов [и др.]. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015.

#### Перечни используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

Устный опрос.

Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой.

Письменно-устный зачет.

Тестовые задания.

#### Перечень лабораторных работ (Дневная форма получения образования)

№п/п	Наименование тем и их содержание	Объем, час.
1.	Устройство сканирующего электронного микроскопа	4
2.	Формирование изображения в сканирующем электронном микроскопе	8
3	Оже-электронная спектроскопия	4
4	Рентгеновский микроанализ	2
	<b>ИТОГО:</b>	<b>18</b>

Перечень лабораторных работ  
(Заочная форма получения образования)

№п/п	Наименование тем и их содержание	Объем, час.
1.	Устройство сканирующего электронного микроскопа	2
2.	Формирование изображения в сканирующем электронном микроскопе	2
4	Рентгеновский микроанализ	2
<b>ИТОГО:</b>		<b>6</b>

Характеристика инновационных подходов  
к преподаванию учебной дисциплины:

Основными методами (технологиями) обучения в соответствии с целью, задачами дисциплины и направлениями развития современной системы образования являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы интерактивного обучения, реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, реализуемые на практических занятиях и при управляемой самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии, реализуемые на практических занятиях.

При преподавании дисциплины в современных условиях является необходимым применение мультимедийных, информационно-коммуникационных технологий и цифровых информационных ресурсов. Лекционные занятия рекомендуется проводить с использованием компьютерных презентаций, видеофильмов и других информационно-иллюстративно-демонстрационных средств компьютерных информационных технологий в интерактивном режиме.

Список контрольных вопросов

1. Взаимодействие электронов высокой энергии с веществом.
2. Рассеяние электронов.
3. Область воздействия электронов в зависимости от химического состава вещества, от энергии и угла наклона пучка электронов.
4. Упругое рассеяние электронов в зависимости от химического состава вещества, от энергии и угла наклона пучка электронов.
5. Угловое распределение, распределение по энергиям, пространственное распределение, глубина выхода упруго рассеянных электронов.
6. Неупругое рассеяние электронов.
7. Типы вторичных электронов.

8. Особенности вторичных электронов, обусловленные параметрами падающего пучка и состоянием образца.
9. Рентгеновское излучение. Непрерывное рентгеновское излучение.
10. Характеристическое рентгеновское излучение.
11. Оже-электроны. Католюминесценция.
12. Устройство сканирующего электронного микроскопа. Колонна электронного микроскопа. Вакуумная система.
13. Типы электронных пушек. Термоэлектронная эмиссия. Автоэлектронная эмиссия.
14. Электромагнитные конденсорная и объективная линзы. Хроматические aberrации.
15. Сферические aberrации. Астигматизм. Стигматоры. Апертуры. Генераторы развертки.
16. Детекторы излучений. Приставки для сканирующего электронного микроскопа.
17. Сканирование электронным лучом. Сканирование вдоль линии.
18. Сканирование электронным лучом. Механизмы и природа формирования контраста. Глубина фокуса.
19. Искажения изображений. Влияние ускоряющего напряжения.
20. Искажения изображений. Влияние размера апертуры. Влияние рабочего расстояния.
21. Искажения изображений. Влияние наклона образца.
22. Детекторы сигналов, их характеристики и влияние на формирование контрастов.
23. Угол детектора по отношению к поверхности объекта. Телесный угол детектора.
24. Эффективность преобразования детектора.
25. Наблюдение и сохранение изображений.
26. Интерпретация изображений.
27. Традиционная сканирующая электронная микроскопия. Низковакуумная сканирующая электронная микроскопия.
28. Режим естественной среды. Католюминесценция.
29. Режим наведённого тока. Оже-электронная спектроскопия.
30. Сканирующая просвечивающая электронная микроскопия.
31. Рентгеновский микроранализ. Генерация рентгеновского излучения.
32. Спектрометрия с энергетической дисперсией.
33. Устройство рентгеновского спектрометра с энергетической дисперсией.
34. Спектрометрия с волновой дисперсией.
35. Устройство рентгеновского спектрометра с волновой дисперсией.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине
Современные методы исследования материалов	Технология машиностроения	Нет Д.Л. Стасенко