

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский государственный технический  
университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

### ***Б.1.3.8.1 «Моделирование и оптимизация материалов и технологических процессов»***

*направлению подготовки*

*22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»*

*Профиль 1– «Материаловедение и технология новых материалов»*

*Квалификация – бакалавр*

форма обучения – очная

курс – 2

семестр – 4

зачетных единиц – 2

часов в неделю – 2

всего часов – 72

лекции – 14

коллоквиумы – 4

практические занятия – 18

лабораторные занятия – нет

самостоятельная работа – 36

зачет – 4 семестр

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Цель преподавания дисциплины:

освоение теоретических знаний и практических навыков по применению современных методов моделирования и оптимизации материалов и технологических процессов.

Задача изучения дисциплины:

изучить основы моделирования и оптимизации материалов и технологических процессов, в т.ч. нанотехнологий

## **2. Место дисциплины в структуре ООП ВО**

В значительной мере усвоение данного курса базируется на знаниях, полученных из курсов Б.1.1.6 «Физика», Б.1.1.16 «Общее материаловедение и технологии материалов».

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций: ПК-1, ПК-3.

ПК-1 - способностью использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов

Уметь: использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов

Знать: современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы, использовать их в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов

Владеть: способностью использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов

ПК-3 - готовностью использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов

Уметь: использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов

Знать: методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов

Владеть: готовностью использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов

#### 4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ Модуля	№ Недели	№ Темы	Наименование темы	Часы/ Из них в интерактивной форме					
				Всего	Лекции	Коллоквиумы	Лабораторные	Практические	СРС
1	2	3	4	5	6	7		8	9
4 семестр									
1	1	1	Современная классификация структур материалов	5	0,5	-	-	3	2
1	2, 3, 4	1	Связь структуры со свойствами материала	5	0,5	-	-	3	2
2	5	2	Генезис и морфология структуры материалов	5	0,5	-	-	3	2
2	6	2	Методы исследования дефектов структуры материалов	5	0,5	-	-	2	3
2	7, 8	3	Структурные модели пластической деформации и разрушения материалов	5	0,5	2	-	2	3
2	9	3	Структурные исследования покрытий	5	0,5	2	-	2	3
2	10	4	Компьютерное моделирование наноматериалов	8	0,5	-	-	2	3
3	11	4	Технология нанесения покрытий	8	0,5	-	-	2	3
3	12	5	Моделирование наплавочных процессов	8	0,5	-	-	2	3
3	13,	5	Моделирование	8	0,5	-	-	3	3

	14		напыленных покрытий						
3	15	6	Моделирование нанесения покрытий испарением и конденсацией в вакууме	8	1	-	-	2	3
3	16	7	Моделирование электрофизических методов нанесения покрытий	9	0,5	-	-	2	3
3	17	7	Моделирование механических свойств покрытий	9	0,5	-	-	2	3
Всего				72	14	4	-	18	36

### 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, обрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	0,5	1	Современная классификация структур материалов	1,2, 10
1	0,5	1	Связь структуры со свойствами материала	1,2,3
2	0,5	2	Генезис и морфология структуры материалов	1-4
2	0,5	2	Методы исследования дефектов структуры материалов	1,2,7
3	0,5	3	Структурные модели пластической деформации и разрушения материалов	3,4
3	0,5	3	Структурные исследования покрытий	4
4	0,5	4	Компьютерное моделирование наноматериалов	5
4	0,5	4	Технология нанесения покрытий	6,7
5	0,5	5	Моделирование наплавочных процессов	7,8
5	0,5	5	Моделирование напыленных покрытий	4,6
6	0,5	6	Моделирование нанесения покрытий испарением и конденсацией в вакууме	1.3
7	0,5	7	Моделирование электрофизических методов нанесения покрытий	3.4
7	0,5	7	Моделирование механических свойств покрытий	1-7

### 6. Содержание коллоквиумов

№ темы	Всего часов	№ коллоквиума	Тема коллоквиума. Вопросы, обрабатываемые на коллоквиуме	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Структурные модели пластической деформации и разрушения материалов	1-3
2	2	2	Структурные исследования покрытий	1,2,5

## 7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Задания, вопросы, обрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1.2	3	1	Понятие о математических моделях. Основные требования к моделям	5-10
3,4	3	2	Порядок планирования экспериментов. Выбор вида математической модели. Определение числа повторных опытов	6,7, 8-10
5	3	3	Планы проведения экспериментов. Виды планов. Выбор плана эксперимента	6,7
6	3	4	Порядок обработки результатов экспериментов	1,2
7	3	5	Порядок оптимизации математической модели	1,2
8	3	6	Оценка сходимости результатов эксперимента и результатов вычислений по математической модели	1-3
9	3	7	математическое моделирование режимов плазменного напыления покрытий	4
10	3	8	оптимизация режимов плазменного напыления покрытий	4
11	3	9	содержание и оформление отчета о работе вопросы для самопроверки	1,2

## 8. Перечень лабораторных работ

Не предусмотрены учебным планом

## 9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	5	Методы моделирования качества порошковых наноматериалов	1 ,2,8
2	5	Электронно-микроскопические методы контроля	1, 2, 4
3	5	Приборы и методы измерения величины магнитных полей	1 ,2, 6
4	6	Спектральный анализ контроля	1 ,2, 10
5	5	Ртутная порометрия. Теоретические и практические основы	8-10
6	5	Методы и приборы моделирования фазового состава	2,3
7	5	Рентгеноспектральный анализ веществ	2
8	5	Массспектрометрический анализ веществ	2,5
9	5	Рентгенографический метод изучения строения твердых тел	2,3,5, 11, 12
10	5	Сканирующая зондовая микроскопия	1 - 2

## **10. Расчетно-графическая работа**

Не предусмотрена учебным планом

## **11. Курсовая работа**

Не предусмотрена учебным планом

## **12. Курсовой проект**

Не предусмотрен учебным планом

## **13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

При изучении дисциплины Б.3.3.1.1 «Моделирование и оптимизация материалов и технологических процессов» должны сформироваться компетенции ПК-1, ПК-3.

ПК-1 - способностью использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов

Уметь: способностью использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов

Знать: современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы, использовать их в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов

Владеть: способностью использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов

ПК-3 - готовностью использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов

Уметь: использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов

Знать: методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов

Владеть: готовностью использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов

Код компетенции	Этап формирования	Показатели оценивания	Критерии оценивания		
			Промежуточная аттестация	Типовые задания	Шкала оценивания
ПК-1, ПК-3	Лекции 1-7 Практические занятия 1-9 СРС 10	1. Основные задачи и методы моделирования плазменных процессов. Метод молекулярной динамики. 2. Математическое моделирование параметров точечных источников энергии. 3. Математическая модель прохождения электронного луча. Оптико-механическая аналогия. Применение функции Лагранжа. Электростатические линзы. Магнитные линзы. Отклоняющие и фокусирующие системы. Магнитные масс-сепараторы и анализаторы.	Промежуточная аттестация	Типовые задания	Шкала оценивания
			зачет	подготовка рефератов, презентаций и докладов, вопросы к экзамену и тестовые задания	5-ти балльная шкала

**Уровни освоения компонент компетенции ПК-1  
в рамках дисциплины Б.3.3.1.1 «Моделирование и оптимизация материалов и технологических процессов»**

Ступени уровней освоения компетенции	Отличительные признаки
Пороговый (удовлетворительный)	Знает: основы материаловедения. Умеет: применять базовые знания теоретических и прикладных наук в профессиональной деятельности при анализе и моделировании. Владеет: теоретическими и экспериментальными знаниями при исследовании материалов и процессов.
Продвинутый (хорошо)	Знает: теорию анализа при и моделировании. Умеет: анализировать экспериментальные данные. Владеет: математической моделью прохождения электронного луча.
Превосходный (отлично)	Знает: метод молекулярной динамики. Умеет: графически представлять результаты Владеет: статистическая обработка результатов моделирования.

**Уровни освоения компонент компетенции ПК-3  
в рамках дисциплины Б.3.3.1.1 «Моделирование и оптимизация материалов и технологических процессов»**

Ступени уровней освоения компетенции	Отличительные признаки
Пороговый (удовлетворительный)	Знает: новые методы исследования. Умеет: применять методы исследования

	Владеет: научным профилем своей профессиональной деятельности
Продвинутый (хорошо)	Знает: методы статистики. Умеет: применять статистику. Владеет: научным, научно-педагогическим профилем своей профессиональной деятельности
Превосходный (отлично)	Знает: методы моделирования. Умеет: применять методы статистики и моделирования. Владеет: готовностью использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов

Фонд оценочных средств позволяет оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций.

Фонд оценочных средств включает:

- вопросы для зачета;
- тестовый комплекс;
- варианты домашних заданий.

Оценка качества освоения программы включает текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию (по модулям), итоговую аттестацию.

Студентам предоставлена возможность оценивания содержания, организации и качества учебного процесса.

#### **14. Вопросы для зачета**

- 1 Основные задачи и методы моделирования плазменных процессов. Метод молекулярной динамики.
- 2 Метод Монте-Карло. Использование численного моделирования для анализа плазменных процессов.
- 3 Моделирование плазменного потока. Плазменная частота. Элементарные процессы в плазме. Дебаевский радиус.
- 4 Возбуждение, ионизация, диссоциация, диффузия, вязкость, электропроводность плазмы. Процессы переноса в плазме.
- 5 Математическая модель поведения плазмы в магнитном поле. Движение в постоянном и однородном магнитном поле.
- 6 Проводимость плазмы в магнитном поле. Дрейфовые токи. Движение частицы в постоянном магнитном поле под действием силы.
- 7 Математическое моделирование параметров точечных источников энергии, обеспечивающих равномерное стационарное температурное поле в плоской прямоугольной области металлического узла.
- 8 Решение задачи оптимизации. Метод поординатного спуска. Метод наискорейшего спуска. Метод деформируемого многогранника.
- 9 Математическое описание плазменных процессов на основе магнитогидродинамического подхода. Колебания и волны в плазме.
- 10 Неустойчивость плазмы. Дисперсные уравнения для продольных и поперечных волн.

- 11 Применение метода Монте-Карло (Метод статистических испытаний) для математического моделирования плазменных процессов.
- 12 Алгоритм расчета методом М-К при прохождении частиц через плазму и вещество.
- 13 Численное решение кинетического уравнения моделирующее плазменную среду.
- 14 Искровой разряд. СВЧ- разряды. Коронный разряд. Положительный столб дугового разряда. Оптический пробой
- 15 Математическое моделирование процессов диффузии и теплопроводности в металлических материалах
- 16 Построение эмпирических регрессионных моделей. Регрессионные модели с одной входной переменной. Планирование и проведение эксперимента. Основные понятия и определения
- 17 Полный факторный эксперимент. Адекватность, точность, регрессионной модели.
- 18 Регрессионные модели с несколькими переменными. Многофакторная линейная регрессия. Оценка адекватности и точности многофакторной линейной модели.
- 19 Шаговые методы построения регрессионных модели. Интерпретация модели.
- 20 Статистическая обработка результатов моделирования. Законы распределения и числовые характеристики.

**Вопросы для экзамена**  
Планом не предусмотрены

**Тестовые задания по дисциплине**  
Расположены в среде АСТ СГТУ

### **15. Образовательные технологии**

Основными формами обучения студентов в академическом вузе являются лекции и практические занятия. При этом особое значение имеют следующие параметры:

1. содержательный выбор преподавателя (отбор фактического, теоретического материала, его структурирование);
2. методологические основания и теоретические послышки курса (понятийный аппарат, ключевые понятия);
3. методическая позиция преподавателя (акцентировка и способы подачи материала, активизация познавательной деятельности студентов на принципах интерактивной деятельности преподавателя и студента).

Для наиболее эффективного усвоения студентами лекционного материала следует четко обозначить основную учебную проблему темы, продумать постановку проблемных вопросов и возможности создания проблемных ситуаций, отразить спорные и дискуссионные стороны темы. Выделяя выводы, содержащиеся в новейших исследованиях, необходимо

обосновать наиболее убедительную точку зрения. Не следует перегружать фактологическое содержание того или иного процесса или явления материаловедения, биоинженерного материаловедения, технологии конструкционных материалов. В лекции должна использоваться современная научная терминология системных знаний материаловедения, технологии конструкционных материалов. Обязательно в завершении лекции должны прозвучать четкие теоретические выводы. Следует сориентировать студентов на обращение и продумывание лекционного материала при подготовке к практическому занятию.

Основная задача практических занятий – выработка у студентов навыков самостоятельной практической работы, то есть освоение ими принципов анализа, методов извлечения и использования имеющейся информации при работе с научной литературой.

Важным средством освоения студентами исследовательских навыков является самостоятельная работа. Она может содержать различные задания: заполнение таблиц, анализ литературных источников, формулировка определенного теоретического вывода на основе рекомендуемых источников, заслушивание и обсуждение сообщений – докладов в форме презентаций по заранее распределенным актуальным темам (руководитель СРС проводит выбор тем для обсуждения и назначение докладчиков, преподаватель требует от каждого студента активного участия в коллективной работе: выступление в качестве докладчика, вопросы к докладу, изложение собственного мнения и оценки выступления).

Основными формами текущего контроля является работа студентов на лекциях и практических занятиях, проверка выполнения студентами заданий по самостоятельной работе.

Эффективным средством проверки усвоения лекционного материала являются краткие письменные опросы по основным аспектам лекции. На практических занятиях текущий контроль осуществляется при помощи таких методов, как собеседование, письменные работы, тестирование с дальнейшим выставлением оценки.

Основной формой промежуточного контроля являются зачет и экзамен по дисциплине «Новые конструкционные материалы». Предусмотрены различные виды его проведения: устные ответы студентов, письменные работы, тестирование.

Уровень освоения материала студентами базируется на следующих критериях:

*Отметка «5»* выставляется в том случае, когда в ответе студента содержание курса раскрыто всесторонне, в том числе, верно отражен практический и теоретический материал, дана убедительная аргументация основных выводов, продемонстрировано знание литературных источников и умение их самостоятельно анализировать.

*Отметка «4»* выставляется в том случае, когда студент в целом правильно, в логической последовательности раскрыл основные проблемы экзаменационного вопроса, соблюдал логику изложения, но недостаточно

полно осветил отдельные понятия.

*Отметка «3»* выставляется в том случае, когда студент изложил только отдельные несистематизированные теоретические положения по данному вопросу без их необходимой аргументации или без конкретизации фактами, привел лишь незначительную часть верных сведений о материалах и закономерностях.

*Отметка «2»* выставляется при несоблюдении вышеперечисленных уровней освоения материала.

При проведении текущего или промежуточного контроля в форме тестирования критерии оценивания следующие:

Отметка «5» выставляется при наличии от 100% до 90% правильных ответов.

Отметка «4» выставляется при наличии от 60% до 89% правильных ответов.

Отметка «3» выставляется при наличии от 30% до 59% правильных ответов.

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Тема занятия	Вид занятия	Интерактивная форма
Математическая модель поведения плазмы в магнитном поле. Движение в постоянном и однородном магнитном поле. Проводимость плазмы в магнитном поле. Дрейфовые токи. Движение частицы в постоянном магнитном поле под действием силы.	лекция	Междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте конкретной решаемой задачи
Применение метода Монте-Карло (Метод статистических испытаний) для математического моделирования плазменных процессов. Алгоритм расчета методом М-К при прохождении частиц через плазму и вещество.	практическое занятие	Проблемное обучение – стимулирование студентов к самостоятельному поиску информации, необходимых для решения конкретной задачи
Математическая модель эмиссии электронов в технологических пушках. Материалы, применяемые для катодов. Плотность термоэмиссионного тока. Автоэлектронная (полевая) эмиссия. Влияние поверхностной неоднородности материала на термоэмиссию.	практическое занятие	Междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте конкретной решаемой задачи

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентного подхода должна предусматривать широкое

использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий, выделяя при этом три типа учебной деятельности:

1) академический (традиционный, т.е. для усвоения материала используются наглядные пособия: схемы, таблицы, презентации)

2) квазипрофессиональный подход (ролевых игр, моделирования ситуаций и др.)

3) учебно-профессиональный подход, подразумевающий выполнение конкретных проектов, связанных с реальной практикой обучения, например, проведения студентами практических занятий в качестве преподавателей и участников; в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

В рамках учебного курса предусмотрены учебно-практические занятия с участием специалистов филиала кафедры при ОАО «Саратовский радиоприборный завод».

## **15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Материаловедение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ С.И. Богодухов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 198 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30061>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

2. Адашкин А.М., Зуев В.М. Материаловедение и технология материалов : учеб. пособие / А. М. Адашкин, В. М. Зуев. - 2-е изд. - М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2014. - 336 с. Всего экземпляров:5

3. Бочкарев В.В. Оптимизация химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бочкарев В.В.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2014.— 264 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34690>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

4. Буслаева Е.М. Материаловедение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Буслаева Е.М.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2012.— 148 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/735>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

5. Мизгирев, Д.С. Материаловедение и технология конструкционных материалов. [Электронный ресурс] : Учебные пособия / Д.С. Мизгирев, А.С. Курников. — Электрон. дан. — Нижний Новгород : ВГУВТ, 2012. — 216 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/44877> — Загл. с экрана.

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

6. Бондаренко, Г.Г. Основы материаловедения. [Электронный ресурс] : Учебники / Г.Г. Бондаренко, Т.А. Кабанова, В.В. Рыбалко. — Электрон. дан. — М. : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 763 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/66294> — Загл. с экрана.

7. Солнцев Ю.П. Материаловедение [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: ХИМИЗДАТ, 2014.— 784 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22533>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

8. Моделирование статики и динамики оболочечных конструкций из композиционных материалов [Электронный ресурс]/ В.О. Каледин [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014.— 196 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33387>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

9. Капустин С.А. Моделирование процессов деформирования и разрушения материалов с периодически повторяющейся структурой [Электронный ресурс]: монография/ Капустин С.А., Лихачева С.Ю.— Электрон. текстовые данные.— Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 96 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20792>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

10. Материаловедение специальных отраслей машиностроения [Электронный ресурс] / Солнцев Ю.П., Пирайнен В.Ю., Вологжанина С.А.— Электрон. текстовые данные.— СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. – 784с.— Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082939.html>

#### ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

11. Материаловедение [Текст] : науч.-техн. журн. - М. : ООО "Наука и технологии". (2009-2012) - ISSN 1684-579X.

12. Механика композиционных материалов и конструкций : рАН. - М. : ИПРИМ. (2010-2015). ISSN 1029-6670.

13. Перспективные материалы : рАН. - М. : ООО "Интерконтакт Наука". (2010-2015). ISSN 1028-978X.

#### **16. Материально-техническое обеспечение**

а) Наглядные пособия (плакаты):

- Электронно-микроскопические снимки плазмонапыленных покрытий.
- Рентгенограммы покрытий.
- Электронно-микроскопические снимки покрытий.
- Оптическая схема спектрофотометра ИКС – 14.
- Схема установки по определению удельной поверхности твердых тел.
- Атомно-силовой микроскоп.

б) Оборудование, приборы, инструменты лабораторий и цехов предприятия ФГУП ГНПП «Алмаз», филиала кафедры ФМБИ.