

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
А.С. Савинов  
«11» сентября 2017 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

Направление подготовки  
22.03.02 Metallurgy

Профиль программы  
Metallurgy of black metals

Уровень высшего образования – бакалавриат  
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт  
Кафедра  
Курс

Metallurgy, mechanical engineering and materials processing  
Technologies of metallurgy and casting processes  
5

Магнитогорск  
2017г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия, утвержденного приказом МОиН РФ от 04.12.2015г. №1427

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры технологии металлургии и литейных процессов «31» августа 2017 (протокол № 1)

Зав. кафедрой



/ К. Н. Вдовин /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института металлургии, машиностроения и материаловобработки «11» сентября 2017 (протокол № 1)

Председатель



/ А.С.Савинов /

Рабочая программа составлена:

доц. каф. ТМиЛП, канд. техн. наук



/ И.В.Макарова /






Рецензент:

ст. преп. каф. МиГОДиМ, канд. техн. наук,



/ Е.Ю. Звягина /

**Лист регистрации изменений и дополнений**

№ п/п	Раздел РПД (модуля)	Краткое содержание изменения/ дополнения	Дата, № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой
1	8	Корректировка списка лицензионного обеспечения	№1 от 04.09.2018	
2	8	Корректировка списка литературы	№1 от 04.09.2018	
3	8	Корректировка списка лицензионного обеспечения	№5 от 31.10.2018	
4	3,4,6,7	Корректировка рабочей программы	№1 от 04.09.2019	
5	8	Актуализация учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	№1 от 31.08.2020	

## 1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Численные методы» является обучение студентов необходимости использования численных методов теории и практике ведения доменной плавки, сталеплавильных процессов, как основы высокой производительности доменных печей, хорошего качества чугуна и низкого удельного расхода кокса на его выплавку при невысокой его себестоимости современных методов нахождения наилучших вариантов работы комплекса металлургических агрегатов и выбора шихтовых материалов.

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина «Численные методы» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Успешное усвоение материала предполагает знание студентами основных положений следующих дисциплин:

- Математика;
- История металлургии;
- Информатика и информационные технологии;
- Основы металлургического производства;
- Анализ числовой информации / Математическая статистика в металлургии;
- Выплавка стали в конвертерах/Выплавка стали в электропечах.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы при прохождении итоговой государственной аттестации и при подготовке и защите выпускной квалификационной работы.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины «Численные методы» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
<b>ПК-3 - готовностью использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности</b>	
Знать	<ul style="list-style-type: none"><li>– основы информационных технологий;</li><li>– технические и программные средства реализации информационных процессов;</li><li>– средства обработки числовой информации</li></ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"><li>– работать с современными программными средствами расчета;</li><li>– выполнять применительно простые технические расчеты по отношению к технологическим процессам.</li></ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"><li>– навыками работы с современными программными средствами расчета и совершенствования технологических процессов;</li><li>– методами анализа физических явлений в технических устройствах и системах</li></ul>
<b>ПК-11 - готовностью выявлять объекты для улучшения в технике и технологии</b>	

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основные методы исследования, используемые в технологии;</li> <li>– основные правила исследования процессов.</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– формулировать ограничения и пределов управляемости отдельных технических компонентов;</li> <li>– распознавать эффективное решение от неэффективного;</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками и методиками обобщения результатов решения, экспериментальной деятельности;</li> <li>– способами оценивания значимости и практической пригодности полученных результатов;</li> <li>– основным инструментарием решения технических задач в системе электронных таблиц с использованием вкладки «Поиск решения».</li> </ul>

#### 4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 12,9 акад. часов:
  - аудиторная – 10 акад. часов;
  - внеаудиторная – 2,9 акад. часов
- самостоятельная работа – 91,1 акад. часов;
- подготовка к зачету – 4 акад. часа

Раздел / тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1 Роль численных методов в научно-техническом прогрессе								
1.1 Основные понятия и термины	5	-	-	-	5	Поиск информации по теме «Основные понятия и термины численных методов»	Отчет	ПК-3 – зув; ПК-11 – зув;
1.2 Интерполяция	5	-	-	-	5	Поиск информации по теме «Интерполяция»	Отчет	ПК-3 – зув; ПК-11 – зув;
1.3 Применение аппарата интерполяции	5	-	-	-	5	Поиск информации по теме «Применение аппарата интерполяции»	Отчет	ПК-3 – зув; ПК-11 – зув;
<b>Итого по разделу</b>		-	-	-	<b>15</b>			
2 Численное интегрирование								
2.1 Классические задачи численного интегрирования	5	-	-	-	15	Поиск информации по теме: «Классические задачи численного интегрирования»	Устный опрос	ПК-3 – зув; ПК-11 – зув;

2.2 Постановка задачи численного интегрирования	5	0,5	-	1	5	Поиск информации по теме «Постановка задачи численного интегрирования»	Устный опрос	ПК-3 – зув; ПК-11 – зув;
2.3 Схемы численного интегрирования	5	-	-	-	5	Поиск информации по теме «Схемы численного интегрирования»	Устный опрос	ПК-3 – зув; ПК-11 – зув;
<b>Итого по разделу</b>		<b>0,5</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>25</b>			
3 Решение задач численными методами								
3.1 Метод наименьших квадратов	5	0,5	-	1	16	Проработка материала по теме лекционного занятия	Выполнение контрольной работы №1	ПК-3 – зув; ПК-11 – зув;
3.2 Метод простой итерации	5	1,5	-	2	16	Проработка материала по теме лекционного занятия	Выполнение контрольной работы №2	ПК-3 – зув; ПК-11 – зув;
3.3 Метод Монте-Карло решения систем линейных уравнений	5	1,5		2	19,1	Проработка материала по теме лекционного занятия	Выполнение контрольной работы №3	
<b>Итого по разделу</b>		<b>3,5</b>	<b>-</b>	<b>5</b>	<b>51,1</b>			
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>4</b>	<b>-</b>	<b>6</b>	<b>91,1</b>		<b>Зачет</b>	

## 5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Численные методы» используются как традиционная и модульно-компетентностная технологии, так и технология проблемного и интерактивного обучения.

С целью реализации компетентностного подхода, а также формирования и развития профессиональных навыков обучающихся реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- формирование и развитие профессиональных навыков обучающихся на практических занятиях.

К интерактивным методам, используемым при изучении дисциплины «Численные методы», относятся: использование проблемных методов изложения материала с применением эвристических приемов (создание проблемных ситуаций и др.); а также создание электронных продуктов (презентаций).

На занятиях целесообразно использовать технологию коллективного взаимообучения, совмещая ее с технологией проблемного обучения. При этом необходимо повышать познавательную активность студентов, организуя самостоятельную работу как исследовательскую творческую деятельность.

Лекции проходят как форме информационных лекций, так и в форме лекций-консультаций, где теоретический материал заранее выдается обучающимся для самостоятельного изучения, для подготовки вопросов лектору, таким образом, лекция проходит по типу вопросы-ответы-дискуссия. Иногда лекции проходят в виде проблемной лекции с освещением различных научных подходов к поставленной проблеме.

В изложении лекционного материала и при проведении практических занятий предполагается переход от репродуктивных методов обучения к частично-поисковым и исследовательским методам, развивающим логическое, теоретическое мышление, умение аргументировать и отстаивать собственное понимание вопроса. С этой целью возможно использование методов эвристических вопросов и брэйнсторминга (мозговой атаки).

В ходе занятий предполагается использование комплекса инновационных методов активного обучения студентов, включающего в себя:

- создание проблемных ситуаций с показательным решением проблемы преподавателем;
- самостоятельную поисковую деятельность в решении учебных проблем, направляемую преподавателем;
- самостоятельное решение проблем студентами под контролем преподавателя.

Реализация инновационных методов обучения возможна с использованием следующих приемов:

- инструктаж студентов по составлению таблиц, схем, графиков с проведением последующего их анализа;
- применение рекомендаций по составлению тезисов и конспектов по прочитанному материалу;
- раскрытие преподавателем причин и характера неудач, встречающихся при решении проблем;
- демонстрация альтернативных подходов к решению конкретной проблемы;
- анализ полученных результатов и отыскание границ их применимости;
- использование заданий для самостоятельной работы с избыточными данными.



При проведении практических занятий необходимо целенаправленно переходить от репродуктивных методов обучения к частично-поисковым и исследовательским методам, развивая логическое мышление, умение аргументировать и отстаивать собственное понимание вопроса. С этой целью возможно использование как традиционной, так проблемной и интерактивной образовательных технологий.

При проведении заключительного контроля необходимо выявить степень правильности, объема, глубины знаний, умений, навыков, полученных при изучении курса наряду с выявлением степени самостоятельности в применении полученных знаний.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Вопросы для самопроверки представлены в виде практико-ориентированных заданий для выполнения расчетов по применению численных методов для оценки использования производственных и технологических данных. Также вопросы для самопроверки представлены теоретическими вопросами, требующие развернутого устного ответа, позволяющие проверить уровень усвоения знаний и освоения общих и профессиональных компетенций по дисциплине.

По дисциплине «Численные методы» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение задач на практических занятиях.

Вопросы для самопроверки представлены в виде практико-ориентированных заданий для выполнения расчетов по применению методов оптимизации для оценки использования производственных и технологических данных. Также вопросы для самопроверки представлены теоретическими вопросами, требующие развернутого устного ответа, позволяющие проверить уровень усвоения знаний и освоения общих и профессиональных компетенций по дисциплине.

По дисциплине «Численные методы» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных задач на практических занятиях.

### **Примерные вопросы для устного опроса по изучаемым темам**

- 1 Погрешность результата численного решения. Источники возникновения.
- 2 Постановка задачи интерполяции функции.
- 3 Численное дифференцирование.
- 4 В чем заключается повышение точности интегрирования за счет разбиения отрезка на равные части.
- 5 Приближение функций в нормированном линейном пространстве.
- 6 Способы вычисления элементарных функций.
- 7 Многомерные задачи. Метод наименьших квадратов.
- 8 Выбор метода решения многомерной задачи.
- 9 Численные методы алгебры: метод простой итерации.
- 10 Решение систем нелинейных уравнений: метод простой итерации.
- 11 Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
- 12 Оценка погрешности конечно-разностных методов.
- 13 Интегрирование систем уравнений. Общие вопросы.
- 14 Формулы численного интегрирования уравнений второго порядка.

### **Примерные контрольные работы**

### Контрольная работа №1 «Метод наименьших квадратов»

1. Прибыль предприятия за истекший период деятельности по годам приведена ниже:  
Год: 1,2,3,4,5.

Прибыль: 3, 94, 93, 41, 41, 9

Составить линейную зависимость прибыли по годам деятельности предприятия, определить ожидаемую прибыль для 6-го года деятельности. Сделать чертеж

2. Считая, что зависимость между переменными имеет вид  $ax^2+bx+c$ . Найти оценки параметров  $a$ ,  $b$  и  $c$  методом наименьших квадратов по выборке:

$x$ : 7, 31, 61, 99, 129, 178, 209

$y$ : 13, 10, 9, 10, 12, 20, 26

3. Экспериментальные данные о значениях  $x$  и  $y$  приведены в таблице:

1, 2, 4, 6, 8

3, 2, 1, 0,5, 5

В результате их выравнивания получена функция. Используя метод наименьших квадратов аппроксимировать эти данные линейной зависимостью (найти параметры  $a$  и  $b$ ). Выяснить, какая из двух линий лучше (в смысле метода наименьших квадратов) выравнивает экспериментальные данные. Выполнить чертеж.

### Контрольная работа №2 «Метод простой итерации»

1. Построить алгоритм для уточнения корня уравнения:  $x^3+5x-1=0$  на отрезке  $[0,1]$  методом простой итерации с точностью  $\epsilon=0,1$ .

2. Найти корень функции:  $x^3-0,1x^2+0,4^x-1,5=0$  используя метод простых итераций.

3. Составить блок-схему решения уравнения методом итерации:  $x^3-0,1x^2+0,4^x-1,5=0$

### Контрольная работа №3 «Метод Монте-Карло»

1. Необходимо арендовать оборудование со стоимостью годовой аренды 400000\$. Перед подписанием договора необходимо исследовать возможность выхода оборудования из строя раньше указанного в договоре срока. Имеются данные по интервалам значений ожидаемой экономии и годового объема производства:

Экономия на материально-техническом обслуживании	от 10 до 20\$ на единицу продукции
Экономия на трудозатратах	от «-2» до 8\$ на единицу продукции
Экономия на сырье и материалах	от 3 до 9\$ на единицу продукции
Объем производства	от 15000 до 35000 единиц продукции в год
Стоимость годовой аренды (точка безубыточности)	400000\$

2. Оценить выгоду проекта по трем возможным сценариям:

Сценарий	млн. руб.	Вероятность, %
Пессимистичный	-85	20
Реалистичный	12250	70
Оптимистичный	35680	10

1.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-3 - готовностью использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основы информационных технологий;</li> <li>– технические и программные средства реализации информационных процессов;</li> <li>– средства обработки числовой информации</li> </ul>	<p><b>Перечень теоретических вопросов</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Погрешность результата численного решения. Источники возникновения.</li> <li>2. Численное дифференцирование.</li> <li>3. Способы вычисления элементарных функций.</li> <li>4. Оценка погрешности конечно-разностных методов.</li> <li>5. Интегрирование систем уравнений. Общие вопросы.</li> <li>6. Методы сведения многомерных задач к задачам меньшей размерности.</li> <li>7.</li> </ol>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– работать с современными программными средствами расчета;</li> <li>– выполнять применительно простые технические расчеты по отношению к технологическим процессам.</li> </ul>	<p><b>Примерные практические задания</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Прибыль предприятия за истекший период деятельности по годам приведена ниже: Год: 1,2,3,4,5. Прибыль: 3, 94, 93, 41, 41, 9 Составить линейную зависимость прибыли по годам деятельности предприятия, определить ожидаемую прибыль для 6-го года деятельности предприятия. Сделать чертеж.</li> <li>2. Построить алгоритм для уточнения корня уравнения: <math>x^3+5x-1=0</math> на отрезке <math>[0,1]</math> методом простой итерации с точностью <math>\epsilon=0,1</math>.</li> </ol>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками работы с современными программными средствами расчета и совершенствования технологических процессов;</li> <li>– методами анализа физических явлений в технических</li> </ul>	<p><b>Задания на решение задач из профессиональной области</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Необходимо арендовать оборудование со стоимостью годовой аренды 400000\$. Перед подписанием договора необходимо исследовать возможность выхода оборудования из строя раньше указанного в договоре срока. Имеются данные по интервалам значений ожидаемой экономии и годового объема производства</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																															
	устройствах и системах																																																																
ПК-11 - готовностью выявлять объекты для улучшения в технике и технологии																																																																	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основные методы исследования, используемые в технологии;</li> <li>– основные правила исследования процессов.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><i>Перечень теоретических вопросов</i></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Многомерные задачи. Метод наименьших квадратов</li> <li>2. Решение систем нелинейных уравнений: метод простой итерации, метод Ньютона.</li> <li>3. В чем заключается повышение точности интегрирования за счет разбиения отрезка на равные части.</li> <li>4. Типы ограничений</li> <li>5. Принципы оценки эффективности решения</li> </ol>																																																															
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– формулировать ограничения и пределы управляемости отдельных технических компонентов;</li> <li>– распознавать эффективное решение от неэффективного;</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><i>Примерные практические задания</i></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулировать ограничения , пределы управляемости и целевую функцию при постановки задачи легирования стали с использованием лигатур.</li> <li>2. Исследовать влияние изменения параметров доменного процесса на ТЭП доменной плавки. Объяснить эффективность принимаемых решений.</li> </ol> <table border="1" data-bbox="882 823 2085 1106" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 15%;">Вариант</td> <td colspan="2">27.1</td> <td colspan="2">27.2</td> <td colspan="2">27.3</td> <td colspan="2">27.4</td> <td colspan="2">27.5</td> </tr> <tr> <td>Расход кокса в базовом периоде, кг/т</td> <td colspan="2">475</td> <td colspan="2">450</td> <td colspan="2">460</td> <td colspan="2">455</td> <td colspan="2">470</td> </tr> <tr> <td>Производительность доменной печи, т/сут</td> <td colspan="2">5500</td> <td colspan="2">6000</td> <td colspan="2">7500</td> <td colspan="2">10000</td> <td colspan="2">3000</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Изменяемые параметры</td> <td>база</td> <td>ПГ, м<sup>3</sup>/т</td> <td>50</td> <td rowspan="2">t<sub>д</sub>, °С</td> <td>950</td> <td rowspan="2">Fe в ЖРС, %</td> <td>58,2</td> <td rowspan="2">[Mn], %</td> <td>0,6</td> <td rowspan="2">M25, %</td> <td>82,3</td> </tr> <tr> <td>проект</td> <td></td> <td>70</td> <td>1000</td> <td>56,9</td> <td>0,9</td> <td>83,2</td> </tr> </table>												Вариант	27.1		27.2		27.3		27.4		27.5		Расход кокса в базовом периоде, кг/т	475		450		460		455		470		Производительность доменной печи, т/сут	5500		6000		7500		10000		3000		Изменяемые параметры	база	ПГ, м <sup>3</sup> /т	50	t <sub>д</sub> , °С	950	Fe в ЖРС, %	58,2	[Mn], %	0,6	M25, %	82,3	проект		70	1000	56,9	0,9	83,2
Вариант	27.1		27.2		27.3		27.4		27.5																																																								
Расход кокса в базовом периоде, кг/т	475		450		460		455		470																																																								
Производительность доменной печи, т/сут	5500		6000		7500		10000		3000																																																								
Изменяемые параметры	база	ПГ, м <sup>3</sup> /т	50	t <sub>д</sub> , °С	950	Fe в ЖРС, %	58,2	[Mn], %	0,6	M25, %	82,3																																																						
	проект		70		1000		56,9		0,9		83,2																																																						
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками и методиками обобщения результатов решения, экспериментальной деятельности;</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><i>Задания на решение задач из профессиональной области</i></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подобрать лигатуру из предложенных ниже для легирования стали с целью обеспечения получения заданного содержания марганца и кремния в металле с минимизацией затрат на легирование</li> </ol>																																																															

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства				
	<p>– способами оценивания значимости и практической пригодности полученных результатов;</p> <p>– основным инструментарием решения технических задач в системе электронных таблиц с использованием вкладки «Поиск решения».</p>	Лигатура	Содержание в лигатуре, %		Стоимость лигатуры уе/т	
			Mn <sup>лиг</sup>	Si <sup>лиг</sup>		
		Л1	60	30	1200	
		Л2	40	50	1400	
		<p>2. В системе электронных таблиц с использованием вкладки «Поиск решения» составить программу плана поставки стали от трех кислородных конвертеров пяти МНЛЗ с минимизацией общей стоимости перевозок для следующих условий: конвертеры выплавляют в сутки соответственно, 24, 18 и 21 ковшей со сталью. Для МНЛЗ требуется, соответственно, 15, 17, 9, 12 и 10 ковшей стали в сутки. Стоимость перевозки одного ковша со сталью от конвертеров к МНЛЗ представлены в таблице.</p>				
Поставщики	Потребители					
	1	2	3	4	5	
1	2	6	5	3	1	
2	1	4	3	0	2	
3	1	2	2	3	1	

## **б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Численные методы» проводится в форме зачета и заключается в оценке полноты выполненных практических и контрольных заданий в течение семестра.

### **Показатели и критерии оценивания зачета:**

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

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) Основная литература:**

1. Арутюнов, В.А. Применение численных методов для решения задач теплообмена : учебное пособие / В.А. Арутюнов, С.А. Крупенников, И.А. Левицкий. — Москва : МИСИС, 2001. — 75 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117072>
2. Краснопевцев, Е.А. Математические методы физики. Ортонормированные базисы функций : учебное пособие / Е.А. Краснопевцев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 376 с. — ISBN 978-5-8114-2493-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/104948>

### **б) Дополнительная литература:**

1. Лузгин В.П., Семин А.Е., Комолова О.А. Теория и технология металлургии стали: Учебное пособие.: Издательство "МИСИС", 2010, 72 с. - Режим доступа: [https://e.lanbook.com/book/2062#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/2062#book_name)
2. Ивлев, С.А. Металлургические технологии. Металлургия чёрных металлов : учебное пособие / С.А. Ивлев, М.П. Ключев. — Москва : МИСИС, 2017. — 45 с. — ISBN 978-5-906846-57-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108106>
3. Герасимова, А.А. Математические методы в инжиниринге металлургического оборудования и технологий : учебное пособие / А.А. Герасимова. — Москва : МИСИС, 2017. — 82 с. — ISBN 978-5-906846-89-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108082>

### **в) Методические указания:**

1 «Задачи оптимизации в металлургии». Методические указания к практическим работам по дисциплине «Методы оптимизации» для обучающихся по направлению 22.03.02 «Металлургия» дневной и заочной форм обучения: Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2017. 26 с.

### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018	11.10.2021
	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно

#### Интернет-ресурсы

- Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). – URL: [https://elibrary.ru/project\\_risc.asp](https://elibrary.ru/project_risc.asp).
- Поисковая система Академия Google (Google Scholar) – URL: <https://scholar.google.ru/>.
- Информационная система – Единое окно доступа к информационным системам – URL: <http://window.edu.ru/>.
- Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности». – Режим доступа: <https://www1.fips.ru/>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийные средства хранения, передачи и представления учебной информации. Специализированная мебель
Учебная аудитория для проведения практических занятий	Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийные средства хранения, передачи и представления учебной информации. Специализированная мебель
Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Специализированная мебель
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Специализированная мебель
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Специализированная мебель. Инструмент для профилактики лабораторных установок