



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
А.С.Савинов  
«02» октября 2018 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, machine engineering and materials processing  
Technology of metallurgy and casting processes  
5

Магнитогорск  
2018 г.

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

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры технологии металлургии и литейных процессов «04» сентября 2018, протокол № 1

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / К. Н. Вдовин /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института металлургии, машиностроения и материалаобработки «02» октября 2018 (протокол № 2)

Председатель \_\_\_\_\_ / А.С.Савинов /

Рабочая программа составлена:

доц. каф. ТМиЛП, канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ / И.В.Макарова /

Рецензент:

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

\_\_\_\_\_ / Е.Ю. Звягина /



## 1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Численные методы» является обучение студентов необходимости использования численных методов в 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 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 История техники;
- Информатика и информационные технологии;
- Основы металлургического производства;
- Анализ числовой информации / Математическая статистика в металлургии;
- Теория, технология и автоматизация доменного процесса / Технологии порошковой металлургии.

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	– основы информационных технологий; – технические и программные средства реализации информационных процессов; – средства обработки числовой информации
Уметь	– работать с современными программными средствами расчета; – выполнять применительно простые технические расчеты по отношению к технологическим процессам.
Владеть	– навыками работы с современными программными средствами расчета и совершенствования технологических процессов; – методами анализа физических явлений в технических устройствах и системах
<b>ПК-11 - готовностью выявлять объекты для улучшения в технике и технологии</b>	
Знать	– основные методы исследования, используемые в технологии;

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	– основные правила исследования процессов.
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>
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 – 6,4 акад. часов:
  - аудиторная – 6 акад. часов;
  - внеаудиторная – 0,4 акад. часов
- самостоятельная работа – 97,7 акад. часов;
- подготовка к зачету – 3,9 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»	Устный опрос	ПК-3 – зув; ПК-11 – зув;
1.2 Интерполяция	5	-	-	-	5	Поиск информации по теме «Интерполяция»	Устный опрос	ПК-3 – зув; ПК-11 – зув;
1.3 Применение аппарата интерполяции	5	-	-	-	5	Поиск информации по теме «Применение аппарата интерполяции»	Устный опрос	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	-	1/0,5	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>1/0,5</b>	<b>25</b>			
3 Решение задач численными методами								
3.1 Метод наименьших квадратов	5	0,5	-	1/0,5	15	Поиск дополнительной информации по теме лекции	Выполнение ИДЗ №1	ПК-3 – зув; ПК-11 – зув;
3.2 Метод простой итерации	5	0,5	-	1/0,5	15	Поиск дополнительной информации по теме лекции	Выполнение ИДЗ №2	ПК-3 – зув; ПК-11 – зув;
3.3 Метод Монте-Карло решения систем линейных уравнений		0,5		1/0,5	12,7	Поиск дополнительной информации по теме лекции	Защита ИДЗ №1,2	ПК-3 – зув; ПК-11 – зув;
<b>Итого по разделу</b>		<b>1,5</b>	<b>-</b>	<b>3/1,5</b>	<b>57,7</b>			
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>2</b>	<b>-</b>	<b>4/2</b>	<b>97,7</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 развёрнутого 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.

### **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 индивидуального домашнего задания:**

#### **ИДЗ №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

у: 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.

### ИДЗ №2 «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

## 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>Примерные теоретические вопросы:</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>Примерные практические задания:</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. 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 устройствах и системах</li> </ul>	<p>Задания на решение задач из профессиональной области</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																																																															
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>Примерные теоретические вопросы:</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>Примерные практические задания:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулировать ограничения, пределы управляемости и целевую функцию при постановке 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="882 727 2085 1007"> <tr> <td>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> <li>– способами оценивания значимости и практической пригодности полученных</li> </ul>	<p>Задания на решение задач из профессиональной области</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> <table border="1" data-bbox="882 1246 2085 1359"> <tr> <td rowspan="2">Лигатура</td> <td colspan="2">Содержание в лигатуре, %</td> <td rowspan="2">Стоимость лигатуры уе/т</td> </tr> <tr> <td>Mn<sup>лиг</sup></td> <td>Si<sup>лиг</sup></td> </tr> <tr> <td>Л1</td> <td>60</td> <td>30</td> <td>1200</td> </tr> </table>												Лигатура	Содержание в лигатуре, %		Стоимость лигатуры уе/т	Mn <sup>лиг</sup>	Si <sup>лиг</sup>	Л1	60	30	1200																																										
Лигатура	Содержание в лигатуре, %		Стоимость лигатуры уе/т																																																														
	Mn <sup>лиг</sup>	Si <sup>лиг</sup>																																																															
Л1	60	30	1200																																																														

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																	
	<p>результатов;</p> <p>– основным инструментарием решения технических задач в системе электронных таблиц с использованием вкладки «Поиск решения».</p>	Л2	40	50	1400																														
		<p>1. 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 конвертера к МНЛЗ представлены в таблице.</p>																																	
		<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="878 533 1079 577">Поставщики</th> <th colspan="5" data-bbox="1079 533 1951 577">Потребители</th> </tr> <tr> <th data-bbox="878 577 1079 612"></th> <th data-bbox="1079 577 1207 612">1</th> <th data-bbox="1207 577 1375 612">2</th> <th data-bbox="1375 577 1565 612">3</th> <th data-bbox="1565 577 1733 612">4</th> <th data-bbox="1733 577 1951 612">5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="878 612 1079 647">1</td> <td data-bbox="1079 612 1207 647">2</td> <td data-bbox="1207 612 1375 647">6</td> <td data-bbox="1375 612 1565 647">5</td> <td data-bbox="1565 612 1733 647">3</td> <td data-bbox="1733 612 1951 647">1</td> </tr> <tr> <td data-bbox="878 647 1079 683">2</td> <td data-bbox="1079 647 1207 683">1</td> <td data-bbox="1207 647 1375 683">4</td> <td data-bbox="1375 647 1565 683">3</td> <td data-bbox="1565 647 1733 683">0</td> <td data-bbox="1733 647 1951 683">2</td> </tr> <tr> <td data-bbox="878 683 1079 726">3</td> <td data-bbox="1079 683 1207 726">1</td> <td data-bbox="1207 683 1375 726">2</td> <td data-bbox="1375 683 1565 726">2</td> <td data-bbox="1565 683 1733 726">3</td> <td data-bbox="1733 683 1951 726">1</td> </tr> </tbody> </table>				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
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>

### **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
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